LA CÉLULA

procariotas y eucariotas

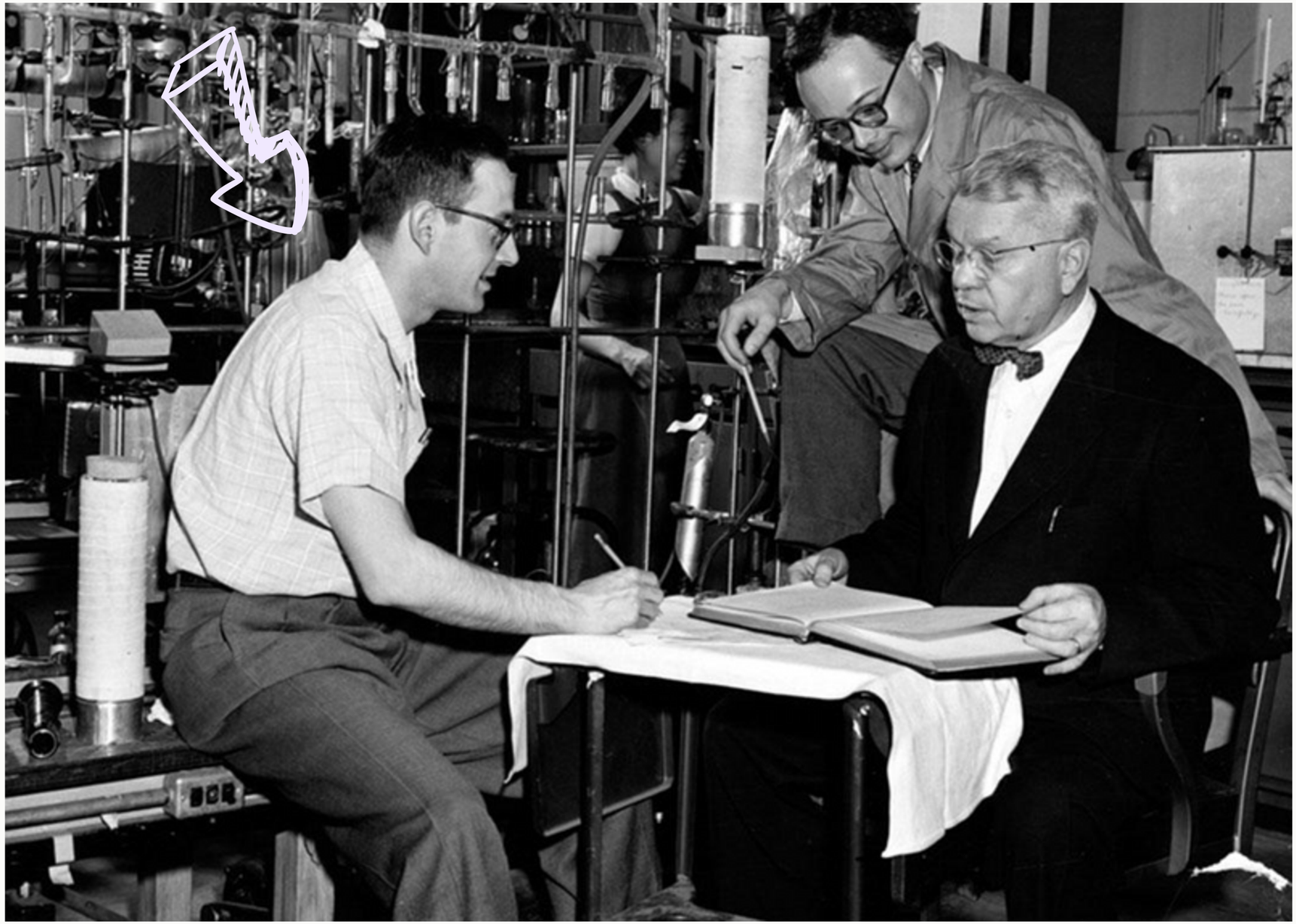


¿QUÉ ES LA VIDA?


logitech
Logitech



Stanley Miller

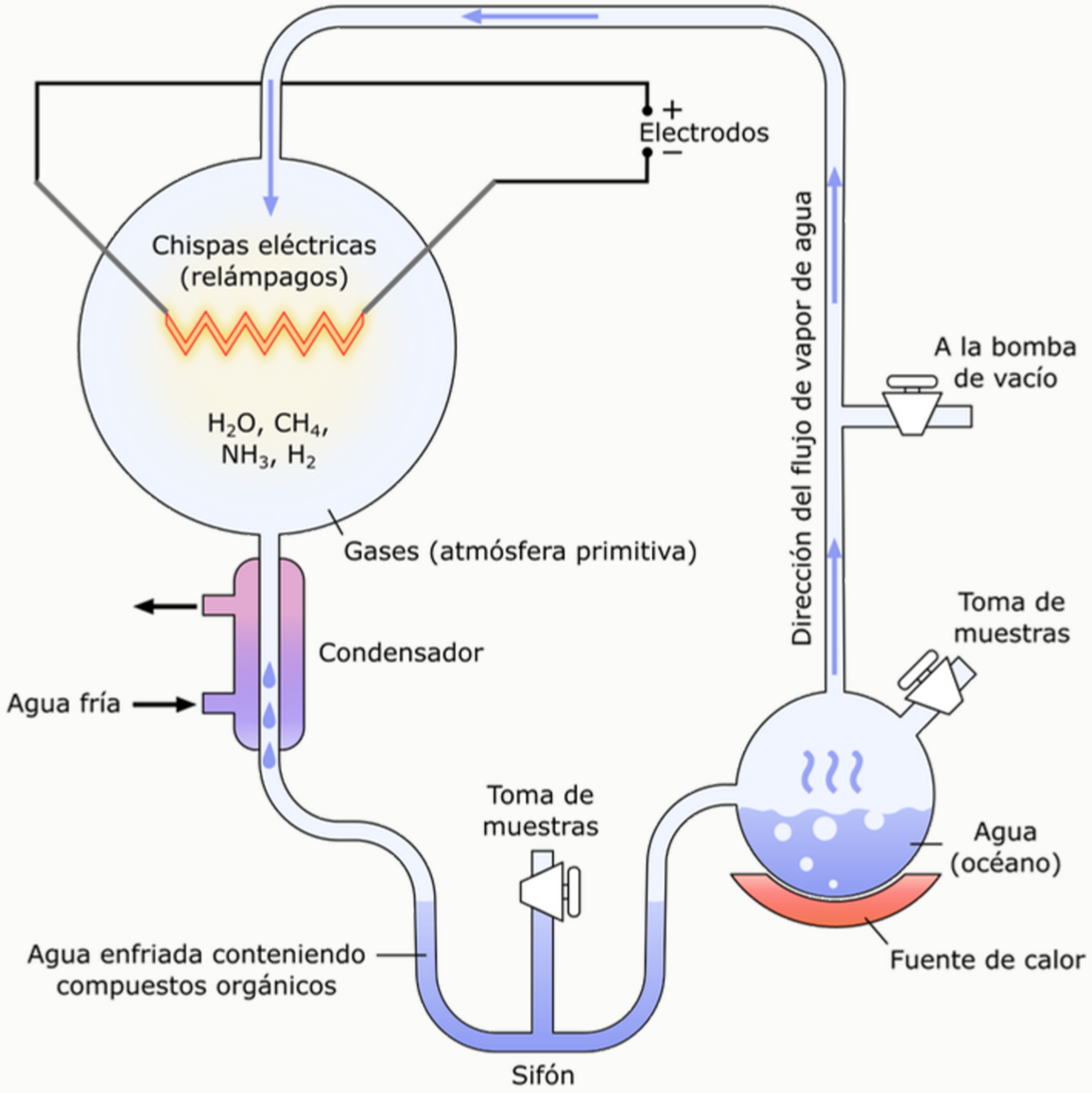


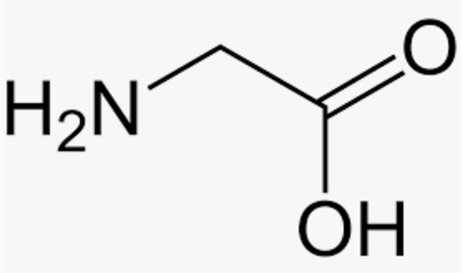
Dr. Urey

Condiciones

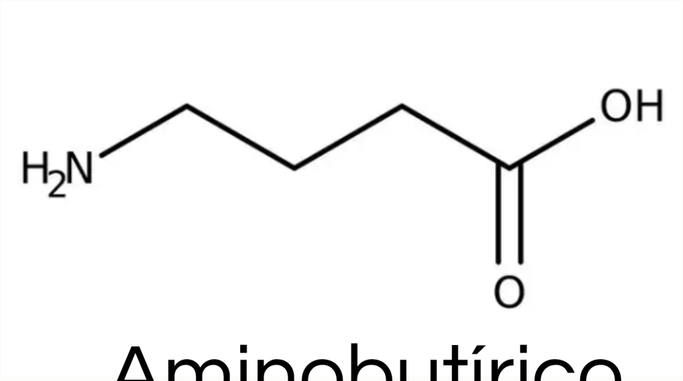
1. Agua líquida (4300 ma)
2. Materia prima biológica:
    a. Elementos: C, O, H, N, P, S, Fe, Mg, Ca...
    b. Compuestos: CO_2, NH_3, H_2S, CH_4...
    c. Minerales con Si, Fe, Ni...
3. Energía
4. Condiciones químicas: atmósfera, temperatura, catalizadores
5. Transferencia de energía al sistema biológico

La Tierra primitiva, según Miller y Urey

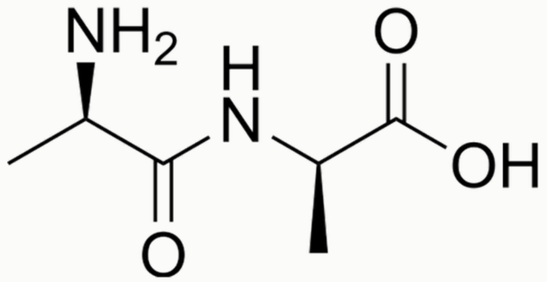




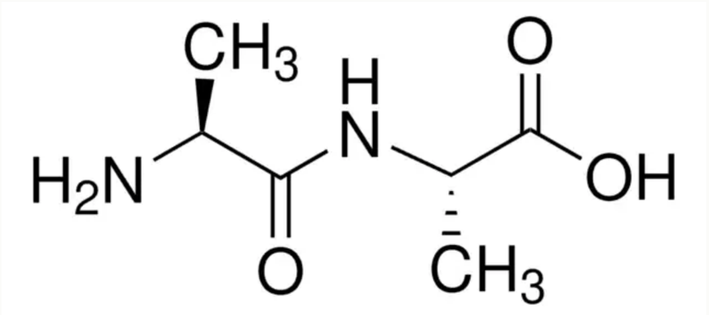
Gly



Aminobutírico



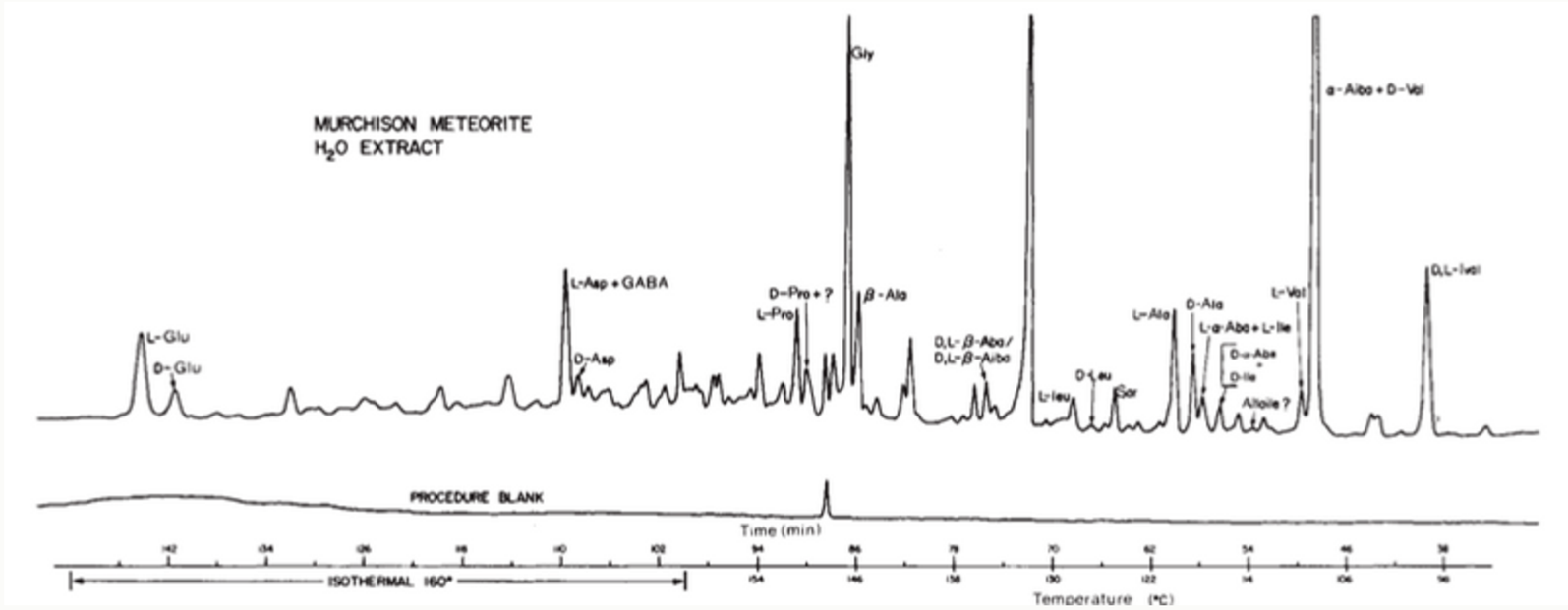
D-Ala



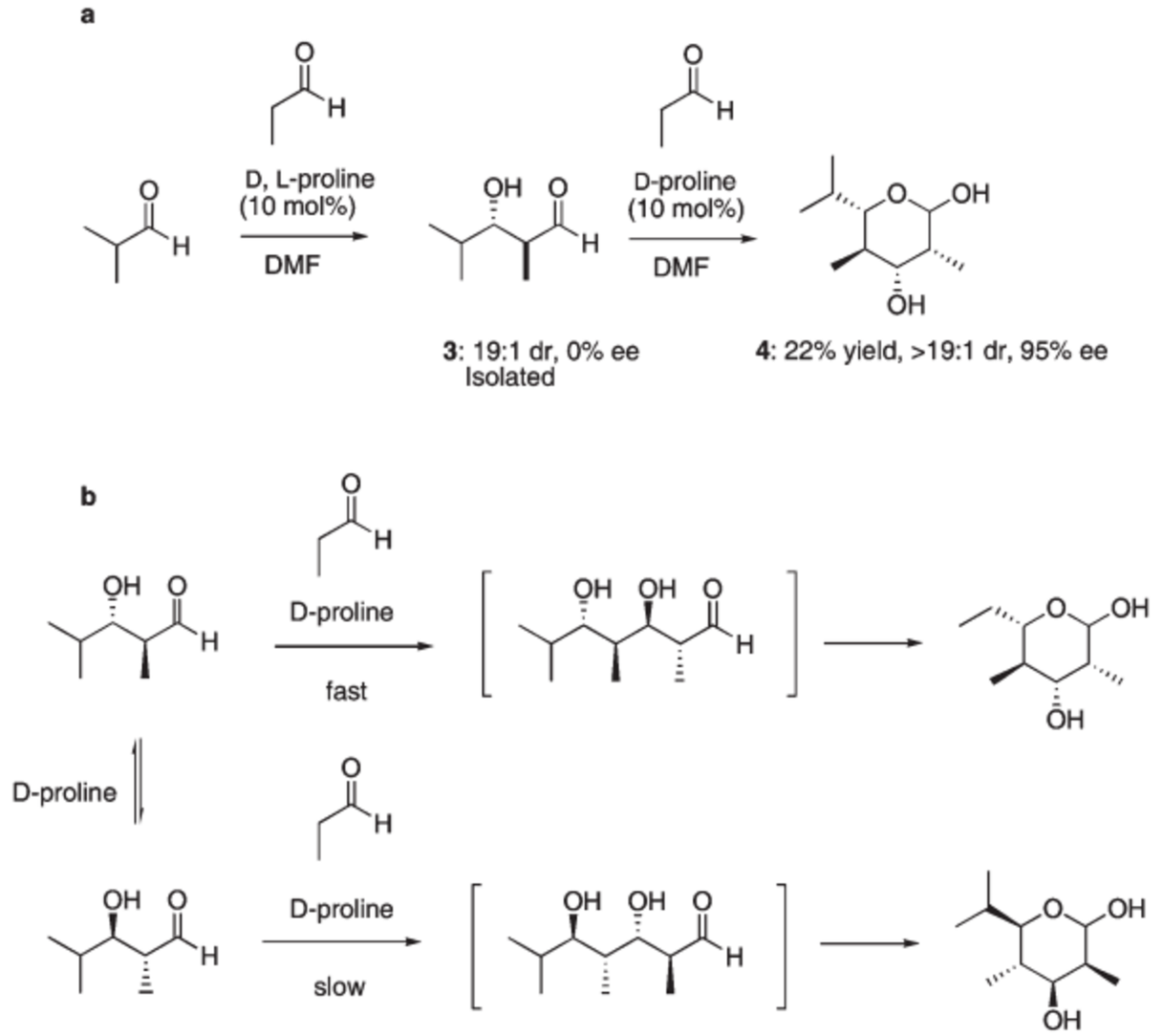
L-Ala







Nature Vol. 296 29 April 1982



Scheme 1 (a) A two-step synthesis of a polyketide hexose. The first step is performed with racemic proline and the next step with enantiomerically pure D-proline. (b) The potential mechanism of the D-proline catalyzed *anti*-selective aldol reaction step.

¿QUÉ ES LA VIDA?

Características



- ***Auto-replicación***

Hacer copias de sí mismo de forma independiente



- ***Mutación***

Errores en la copia para evolucionar



- ***Metabolismo***

intercambio de materia y energía para alimentar el sistema

Protocélula

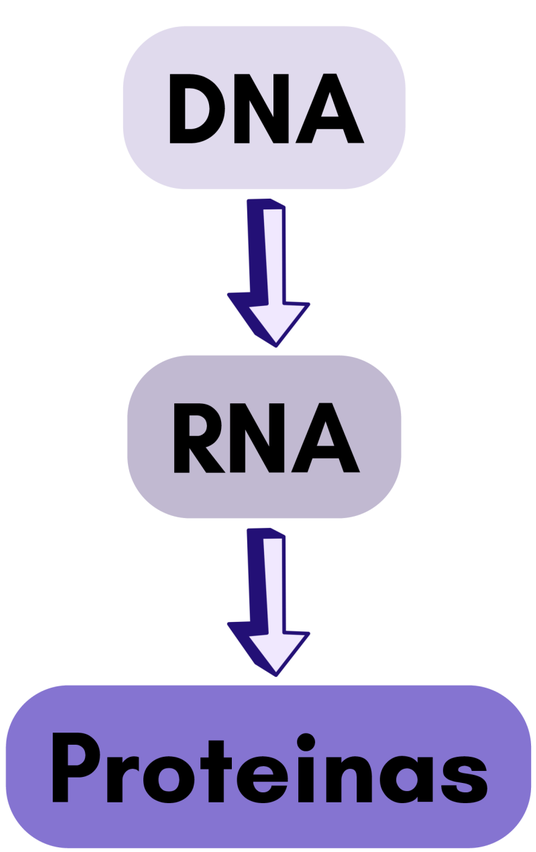
Nanoestructuras biomoleculares superordenadas

Control de la información

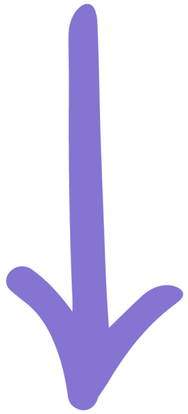
Estructura celular con lípidos, proteínas y RNA

Catálisis y selectividad de isómeros

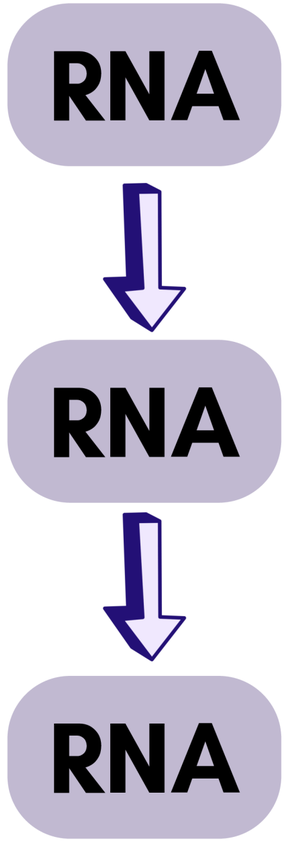

Mundo de RNA



Instrucciones



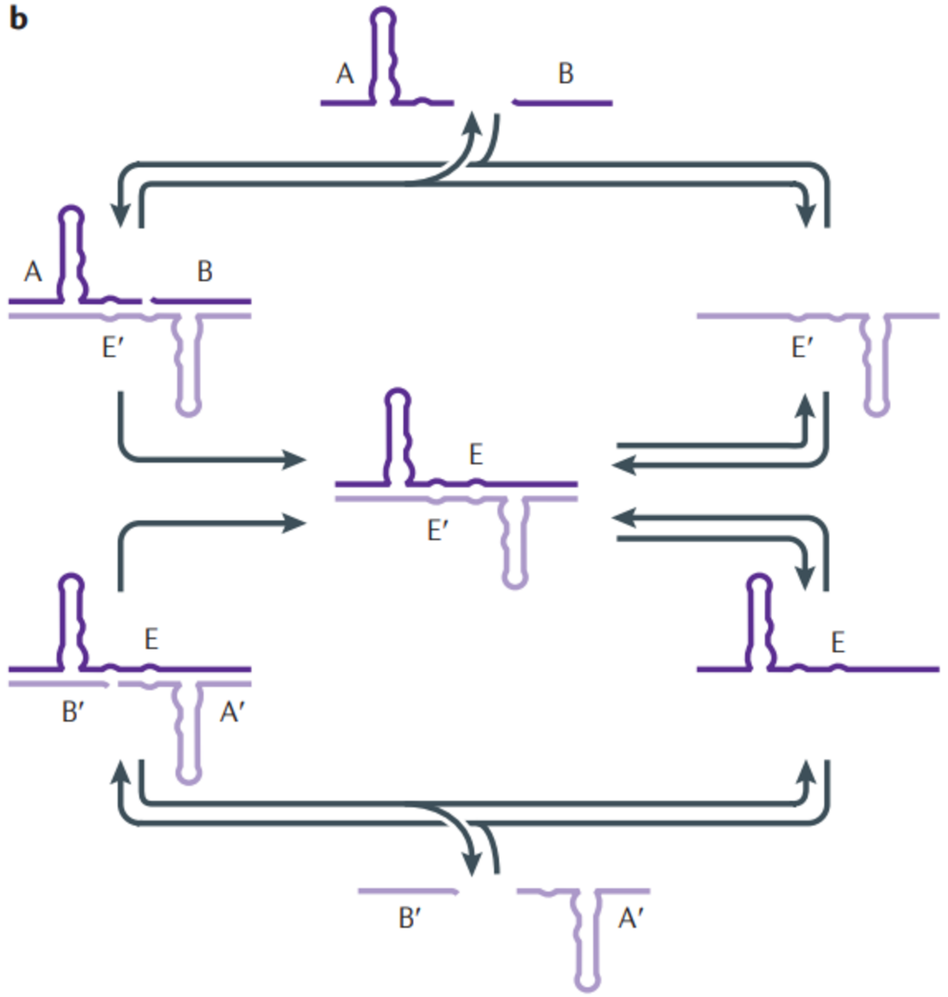
Ejecución



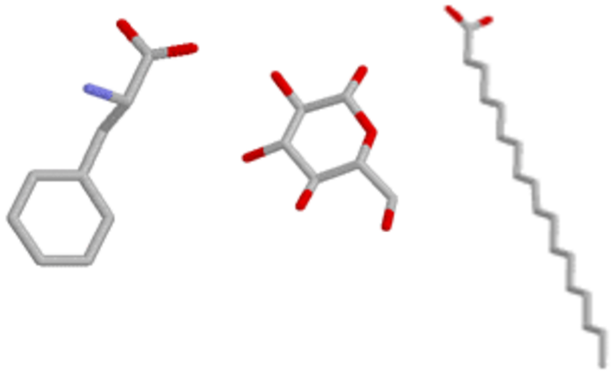
RNA

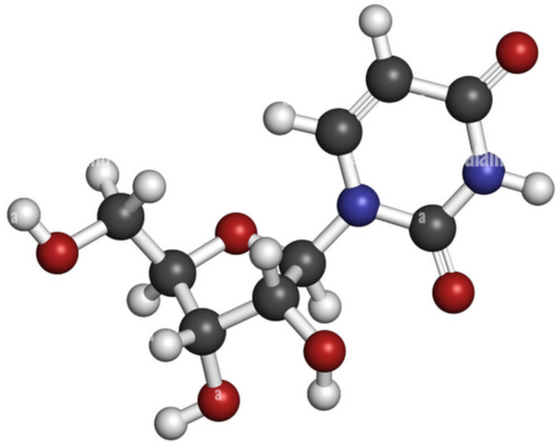
- Original para hacer más copias
- Posibilidad de mutación
- Capacidad catalítica:
    - ribozimas (que cortan y pegan RNA)
    - ribosomas (que sintetizan péptidos)
    - spliceosomas (ribozimas)

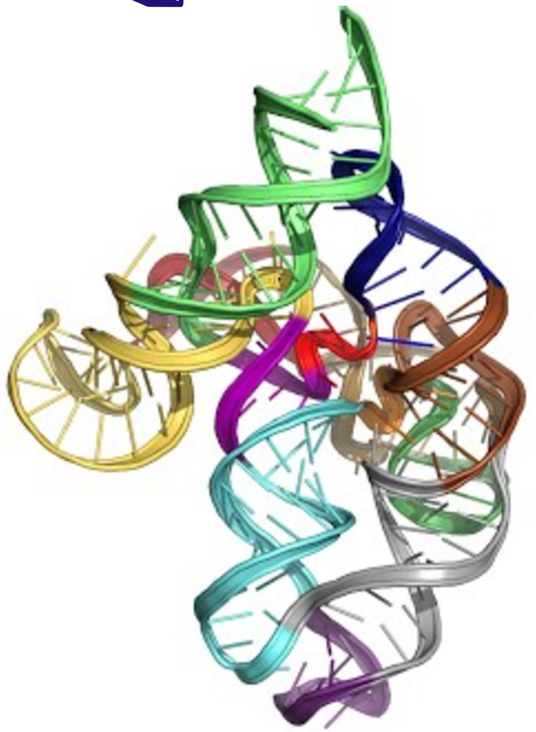
Varios RNA cooperan para su replicación

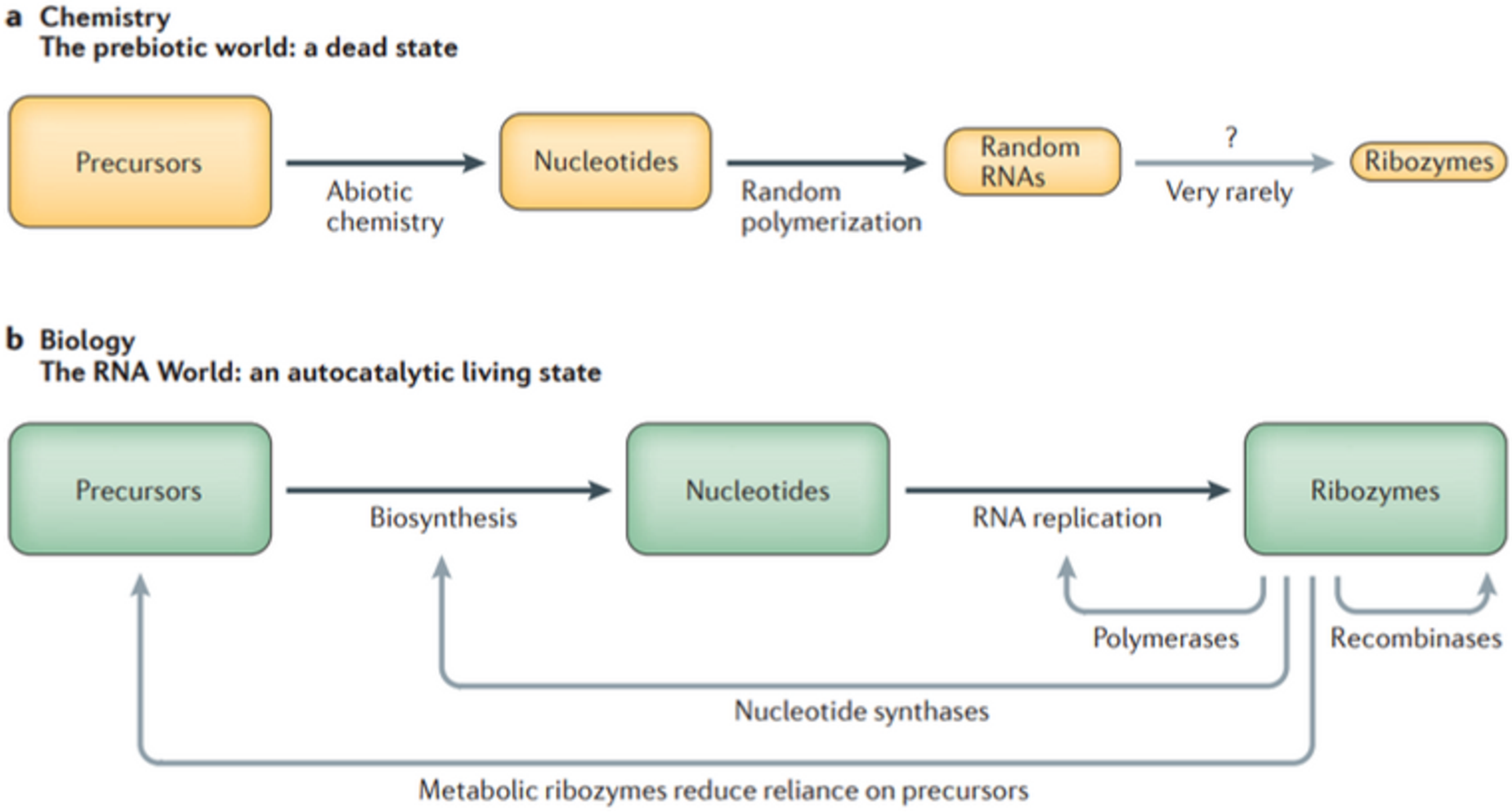


¿Cómo pasamos de esto a esto?

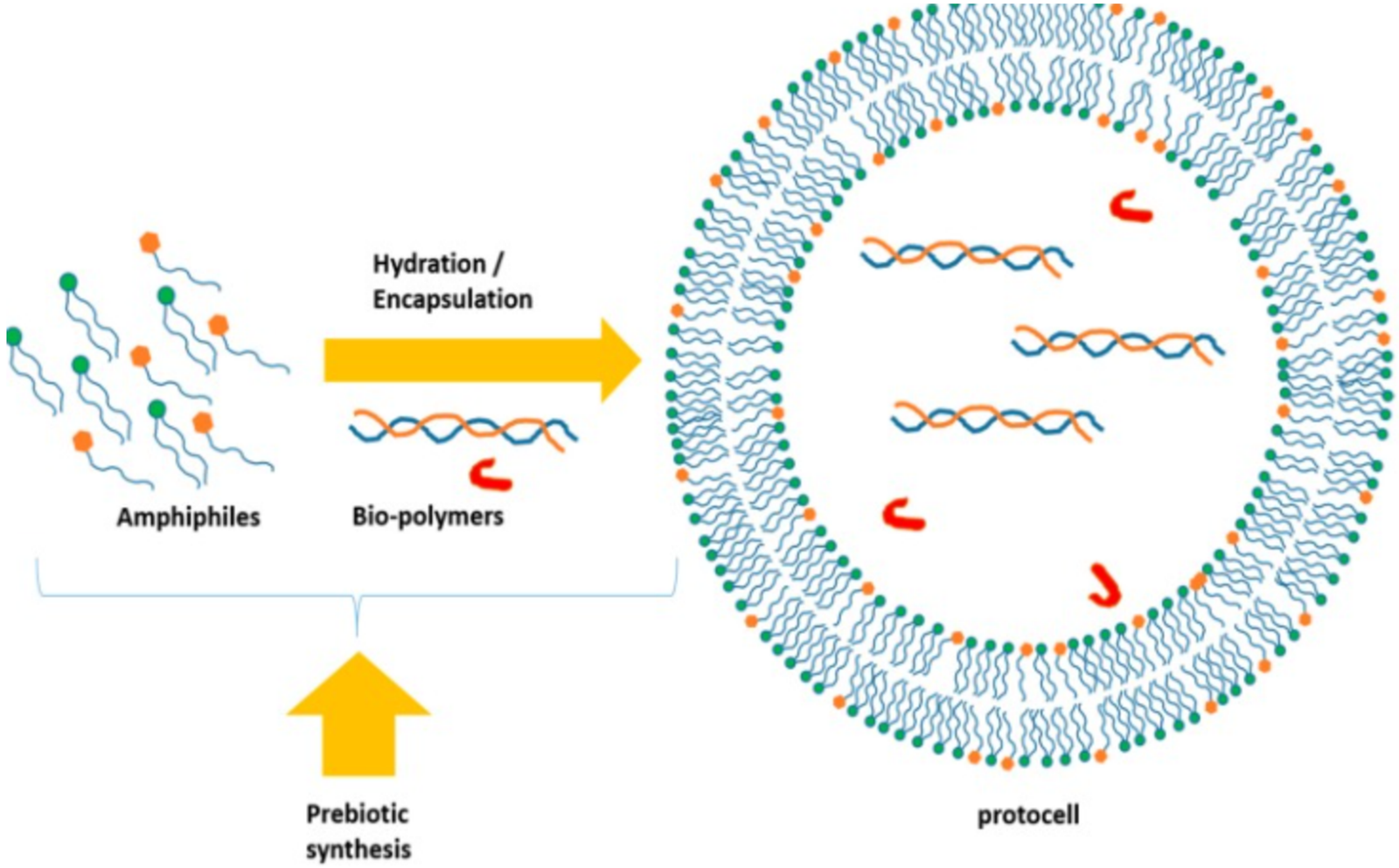




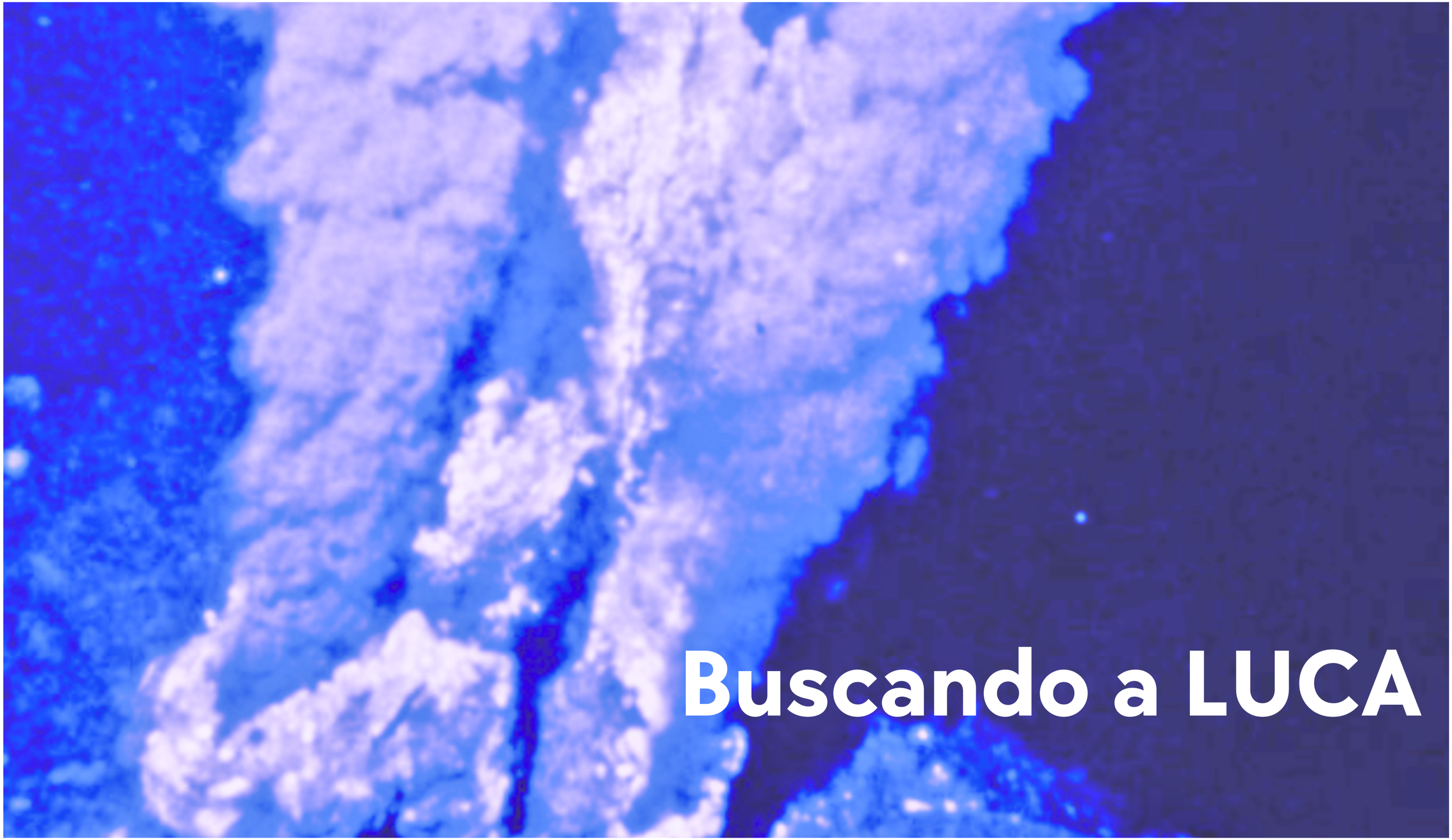



a Chemistry
The prebiotic world: a dead state
Precursors
Abiotic chemistry
Nucleotides
Random polymerization
Random RNAs
?
Very rarely
Ribozymes
b Biology
The RNA World: an autocatalytic living state
Precursors
Biosynthesis
Nucleotides
RNA replication
Ribozymes
Polymerases
Recombinases
Nucleotide synthases
Metabolic ribozymes reduce reliance on precursors

La aparición de protocélulas favoreció el mundo de RNA



Durante los siguientes millones de años, se pasa de un mundo de RNA a lo que conocemos hoy: DNA-RNA-Proteinas

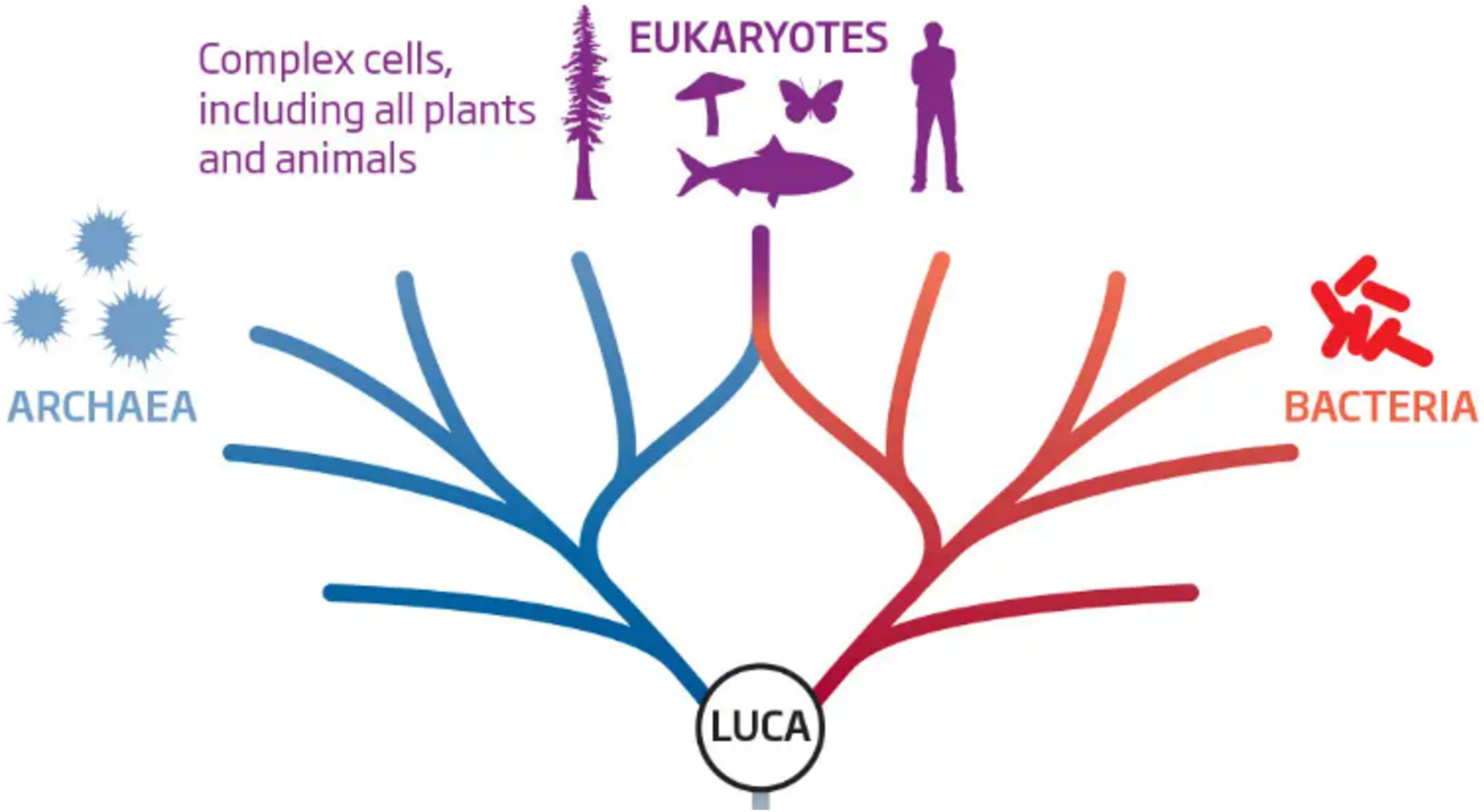

Buscando a LUCA

LUCA es el abuelo de todos los seres vivos

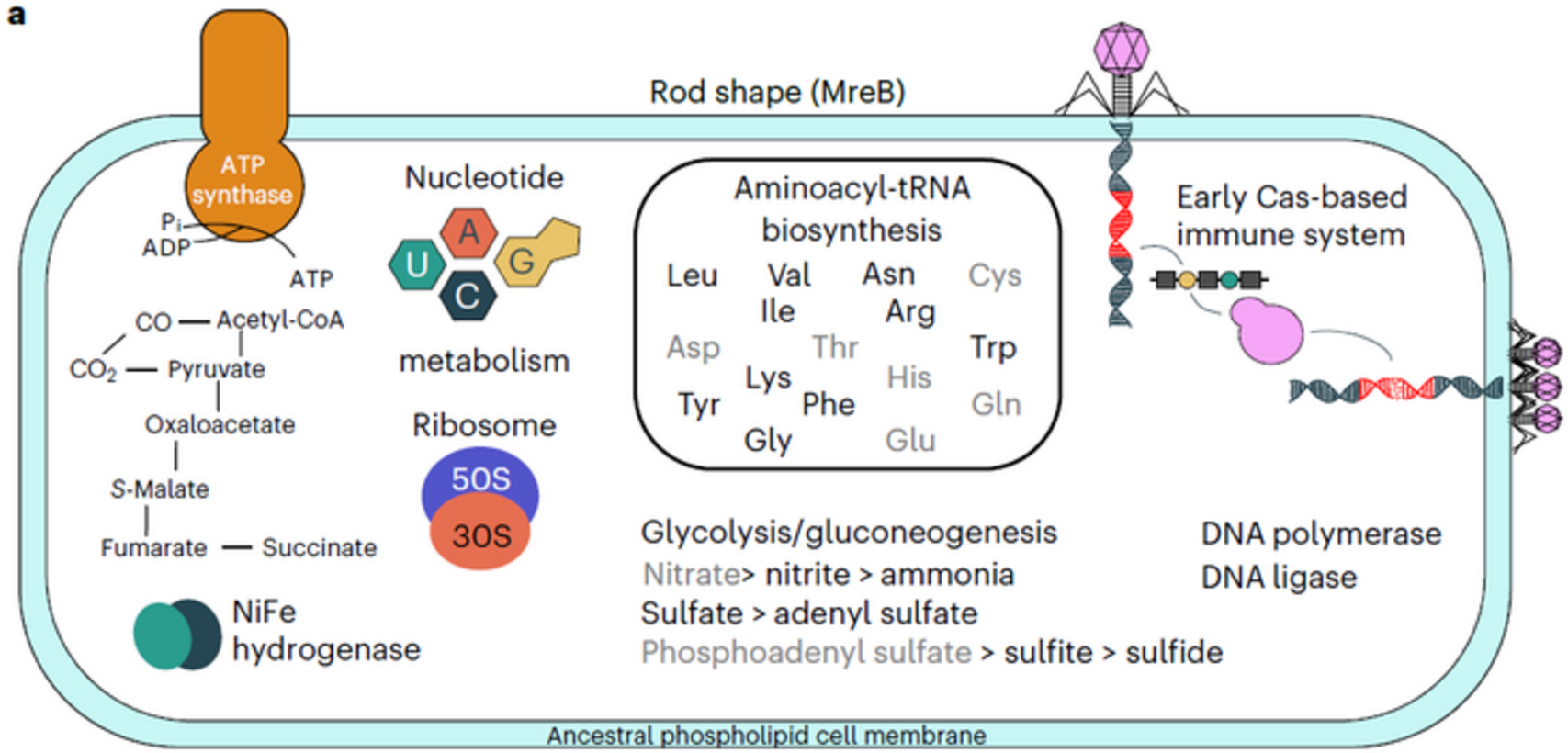


- 3900 millones de años
- 355 genes
- DNA-RNA-Proteínas
- ATP para energía
- L-aa y D-monosac.
- Anaerobio
- Fijación de C

LAST UNIVERSAL COMMON ANCESTOR



¿Qué podía hacer LUCA?



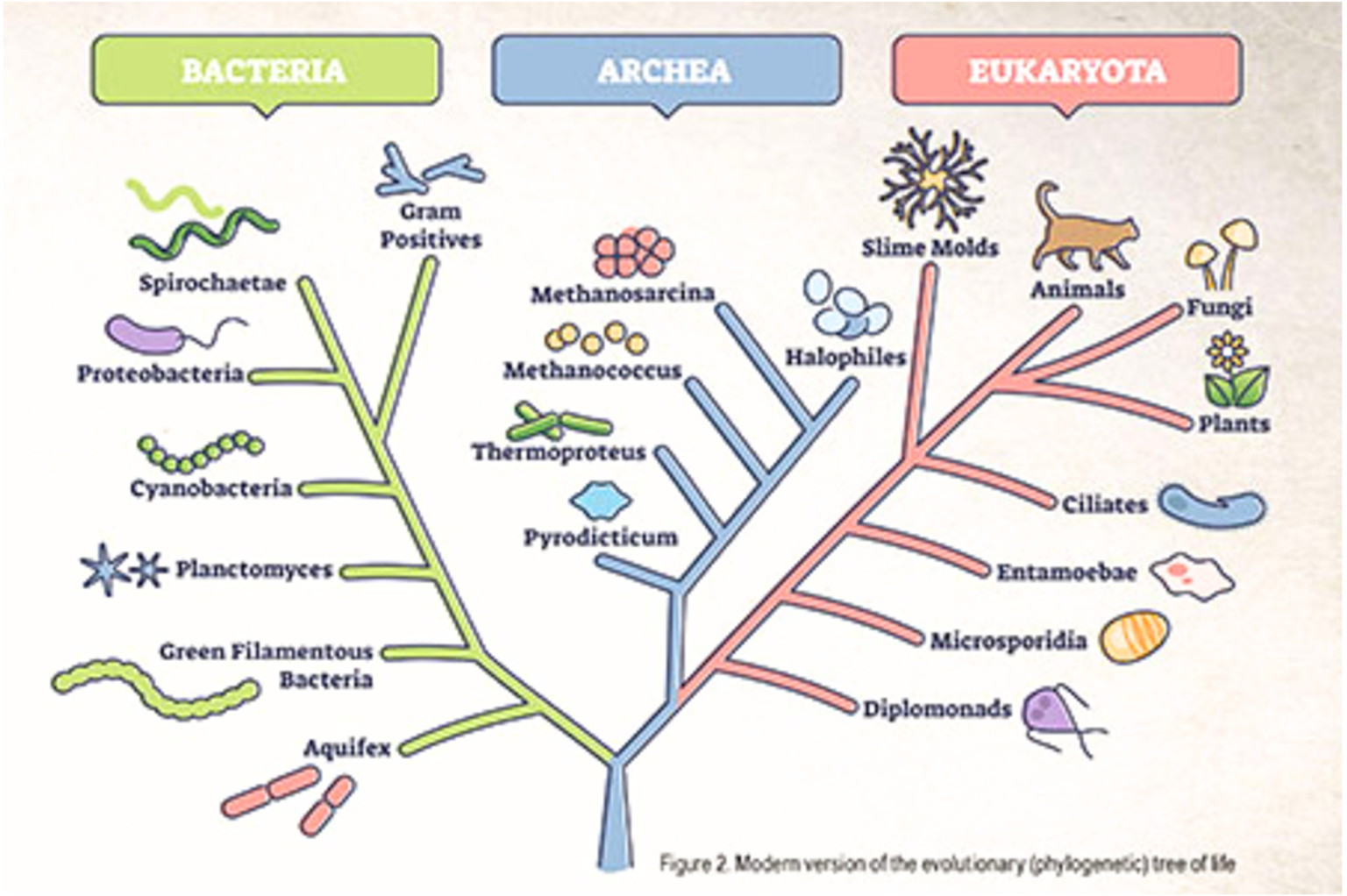
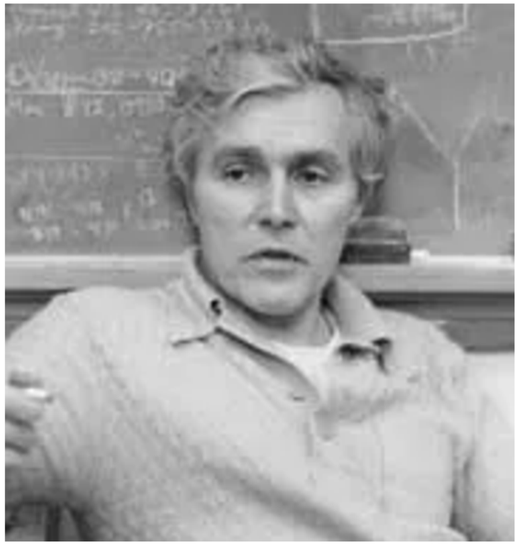
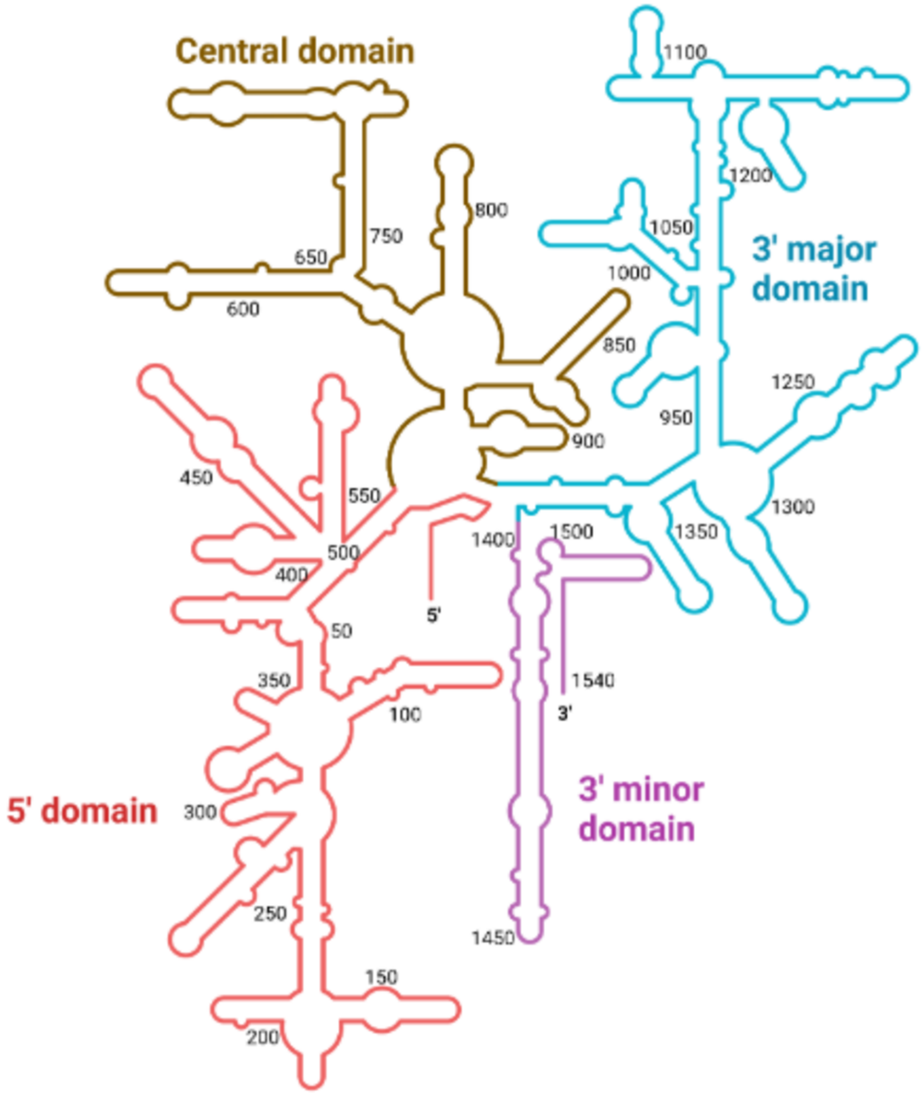


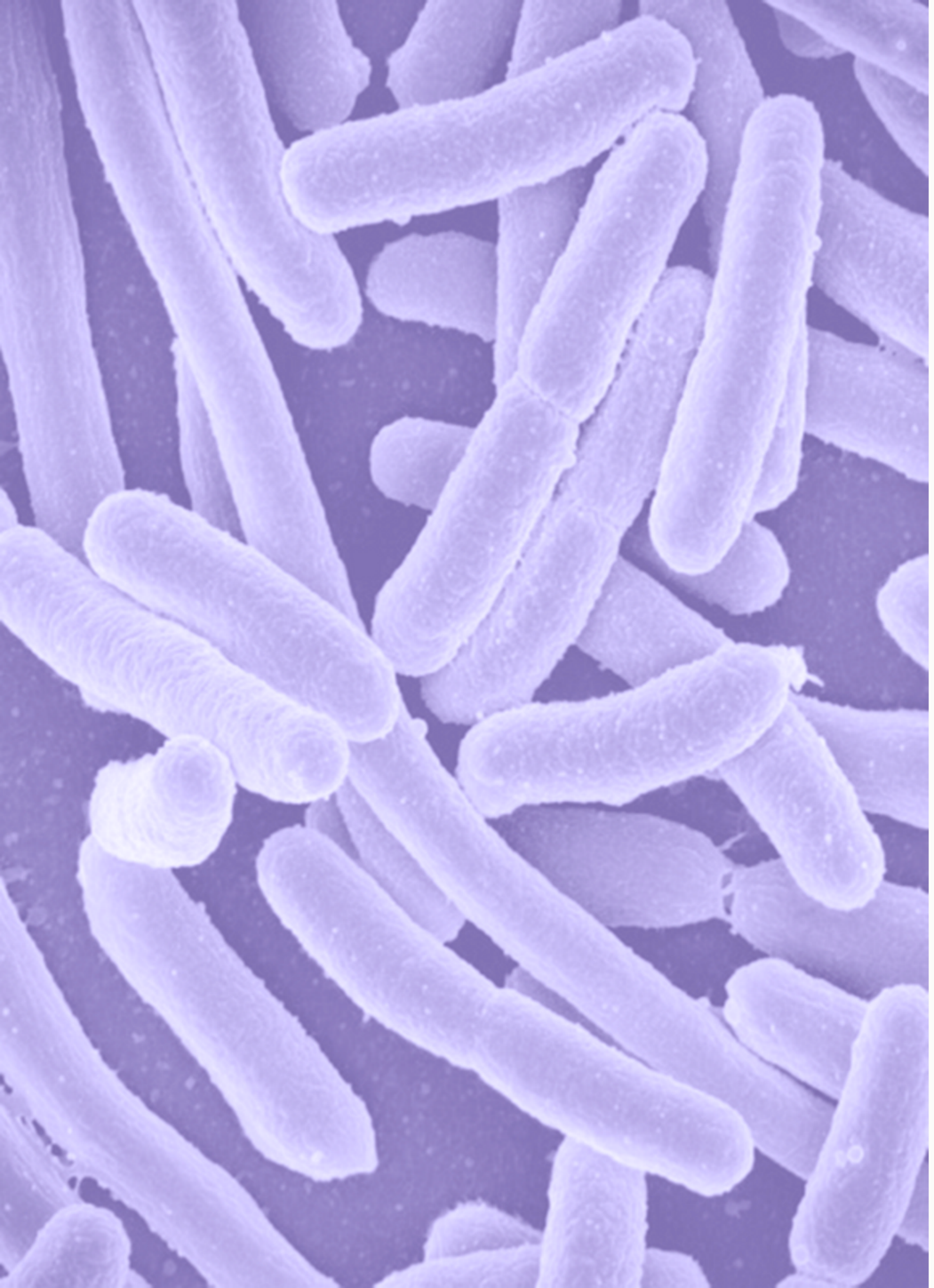
Figure 2. Modern version of the evolutionary (phylogenetic) tree of life



Carl Woese



Para hacer los árboles genealógicos nos fijamos en los rRNAs (18S/16S)



Bacteria

- **Procariotas**

Sin membrana nuclear ni orgánulos.

Unicelulares

- **Autótrofos y heterótrofos**

Capaces de fijar C o no.

- **Gram + y Gram-**

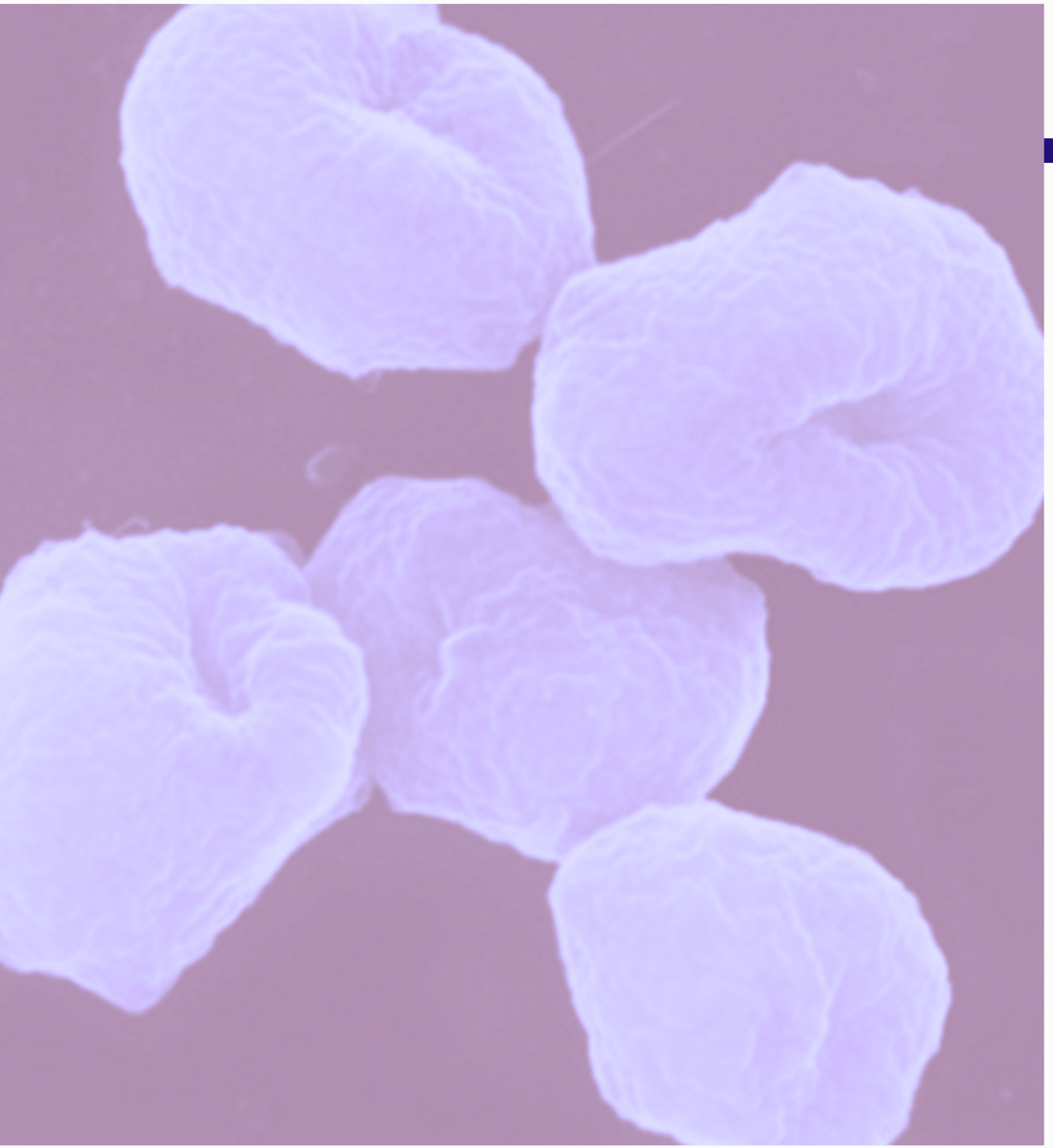
Su pared celular es diferente.

- **Enorme variabilidad**

Ecología, metabolismo (“comen de todo”)

- **Rápida evolución**

En condiciones favorables, sus ciclos de vida son cortos



Archea

- **Procariotas**

Sin membrana nuclear ni orgánulos.

Unicelulares

- **Muchas viven al límite**

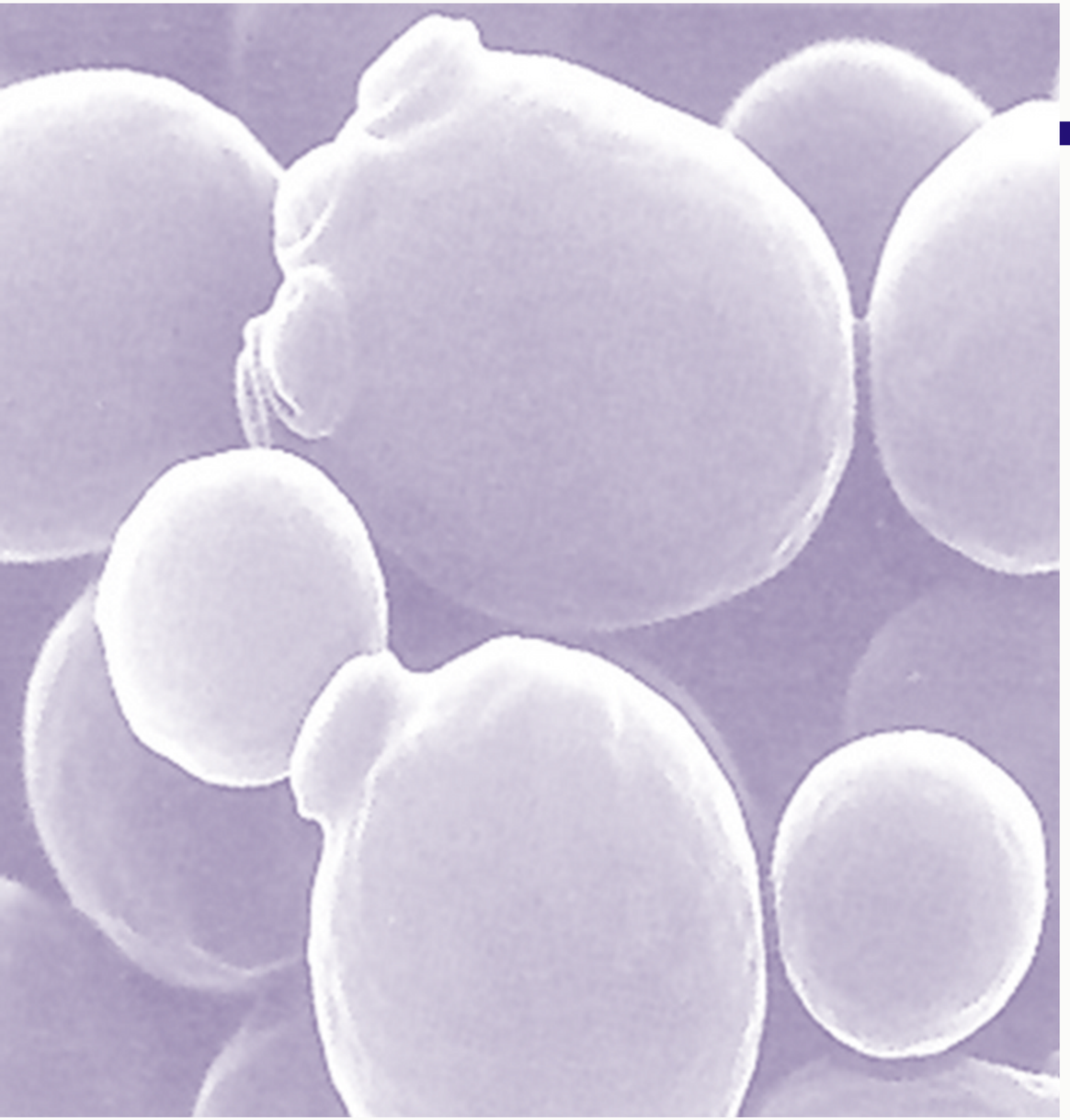
Viven en ambientes extremos, pero no sólo.

- **Moléculas exclusivas**

Lípidos inusuales en la membrana, químicas muy diversas

- **Importancia ecológica**

Reciclan nitrógeno y carbono



Eukarya

- **Eucariotas**

Con membrana nuclear y orgánulos

- **Nosotros, los animales**

Y las plantas, los hongos, los protozoos

- **Genomas grandes**

>20000

- **Mayor complejidad anatómica**

Organismos unicelulares y pluricelulares



Apunte biológico:
¿Cómo nombramos a los organismos?

Escherichia coli

Homo sapiens

Musa paradisiaca

BACTERIAS

1. Morfología
2. Membrana
3. Pared celular
4. Otras estructuras
5. Locomoción
6. Genética

Morfología bacteriana

adentro_del_lab

Grampositivos

Cocos



Cocos arreglados en racimos
Staphylococcus



Cocos encapsulados en pares
Streptococcus pneumoniae



Cocos arreglados en cadenas
Streptococcus pyogenes



Cocos arreglados en tetradas
Micrococcus tetragenus

Bacilos



Bacilos en cadenas
Bacillus anthracis



Bacilos con forma de garrote o de pesa (corineformes)
Corynebacterium diphtheriae



Bacilo corto
Listeria monocytogene

Gramnegativos

Bacilos



Bacilo único
Escherichia coli

Bacilos en pares
Klebsiella pneumoniae

Bacilos con flagelos
Proteus mirabilis

Cocos



Cocos en pares (diplococo)
Neisseria gonorrhoeae

Vibrio



Bacilo curvo con flagelo
Vibrio cholerae

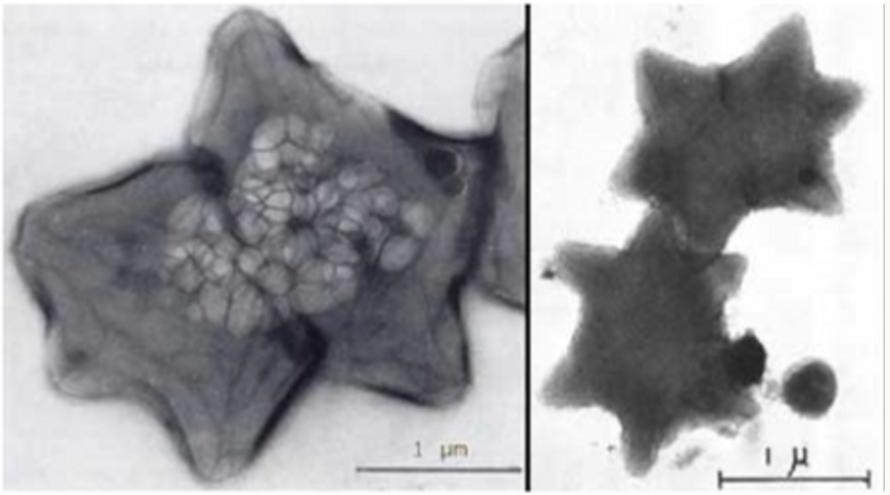
Espiroquetas



Espiral "apretada"
Leptospira

Espiral "suelta"
Borrelia

Espiral con fimbrias
Treponema pallidum



Star-shaped

TABLE 1 Size scale of prokaryotic cells, from the largest to the smallest

Organism	Characteristics	Size[a] (μm)	Biovolume (μm)
Thiomargarita namibiensis	Spherical sulfur bact.	750	200,000,000
Epulopiscium fishelsoni	Heterotrophic gut bact.	80 × 600	3,000,000
Beggiatoa spp.	Filamentous sulfur bact.	160 × 50[b]	1,000,000
Achromatium oxaliferum	Ellipsoid sulfur bact.	35 × 95	80,000
Thioploca araucae	Filamentous sulfur bact.	43 × 30[b]	40,000
Lyngbya majuscula	Filamentous cyanobact.	80 × 8[b]	40,000
Prochloron sp.	Phototrophic bact.	30	14,000
Macromonas mobilis	Rod-shaped sulfur bact.	14 × 30	3,500
Thiovulum majus	Spherical sulfur bact.	18	3,000
Staphylothermus marinus	Archaea	15	1800
Titanospirillum velox	Rod-shaped sulfur bact.	5 × 30	600
Magnetobacterium bavaricum	Magnetotactic bact.	2 × 10	30
Escherichia coli	Heterotrophic bact.	1 × 2	2
Mycoplasma pneumoniae	Pathogenic bact.	0.2	0.005
Thermodiscus sp.	Archaea	0.2 × 0.08	0.003

El tamaño importa

Annu. Rev. Microbiol. 2001. 55:105–37
Copyright © 2001 by Annual Reviews. All rights reserved

Las bacterias son unicelulares

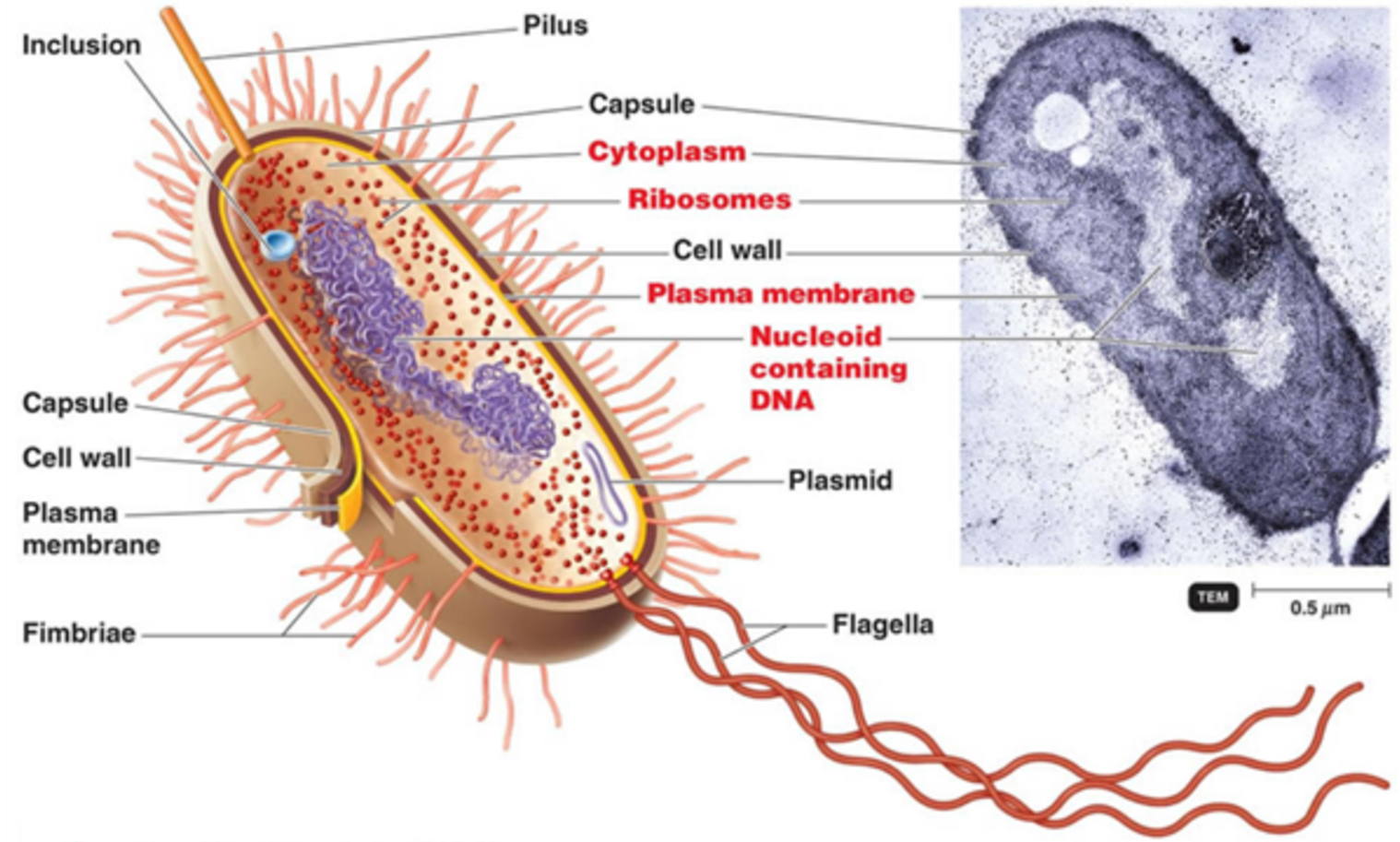
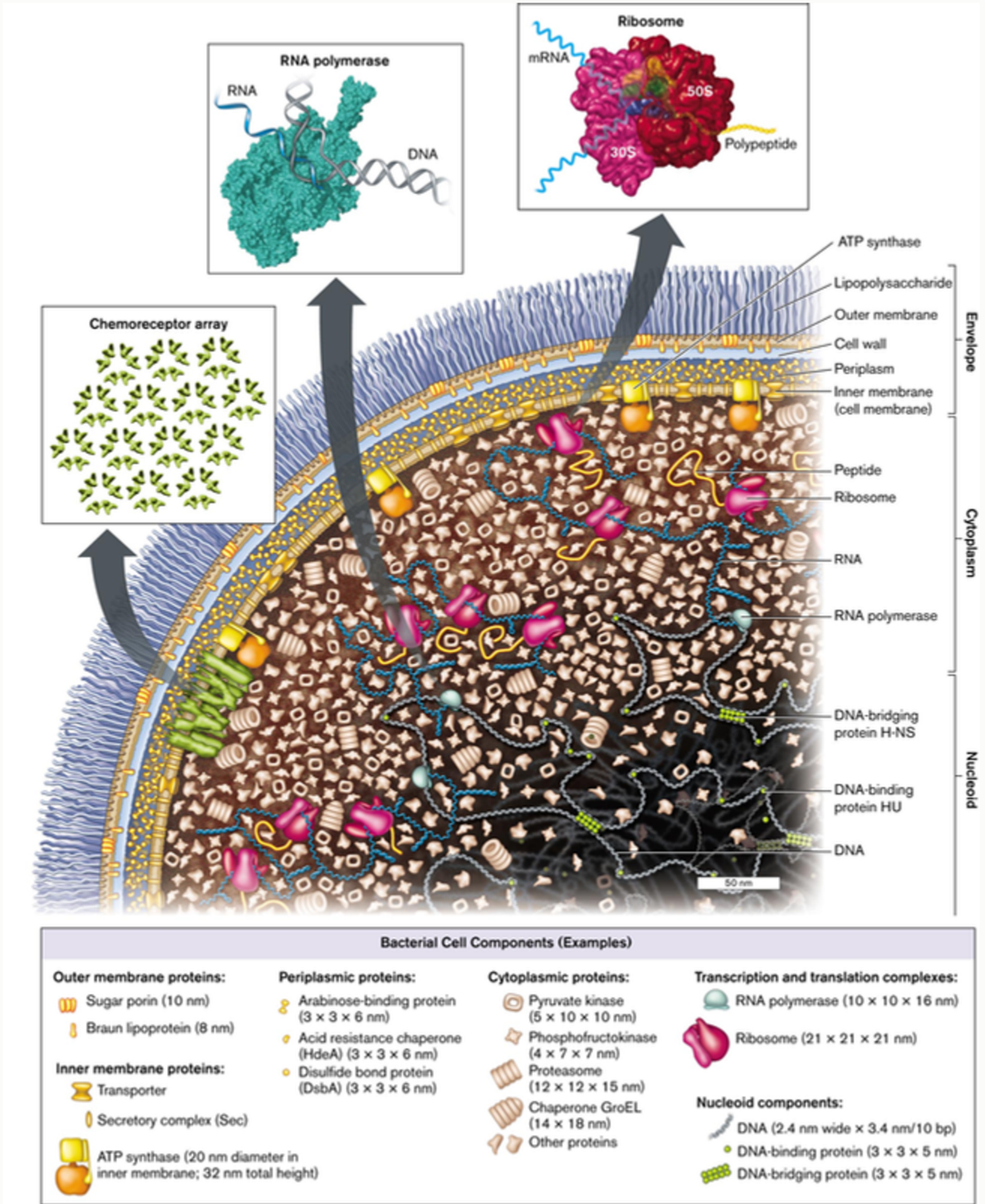
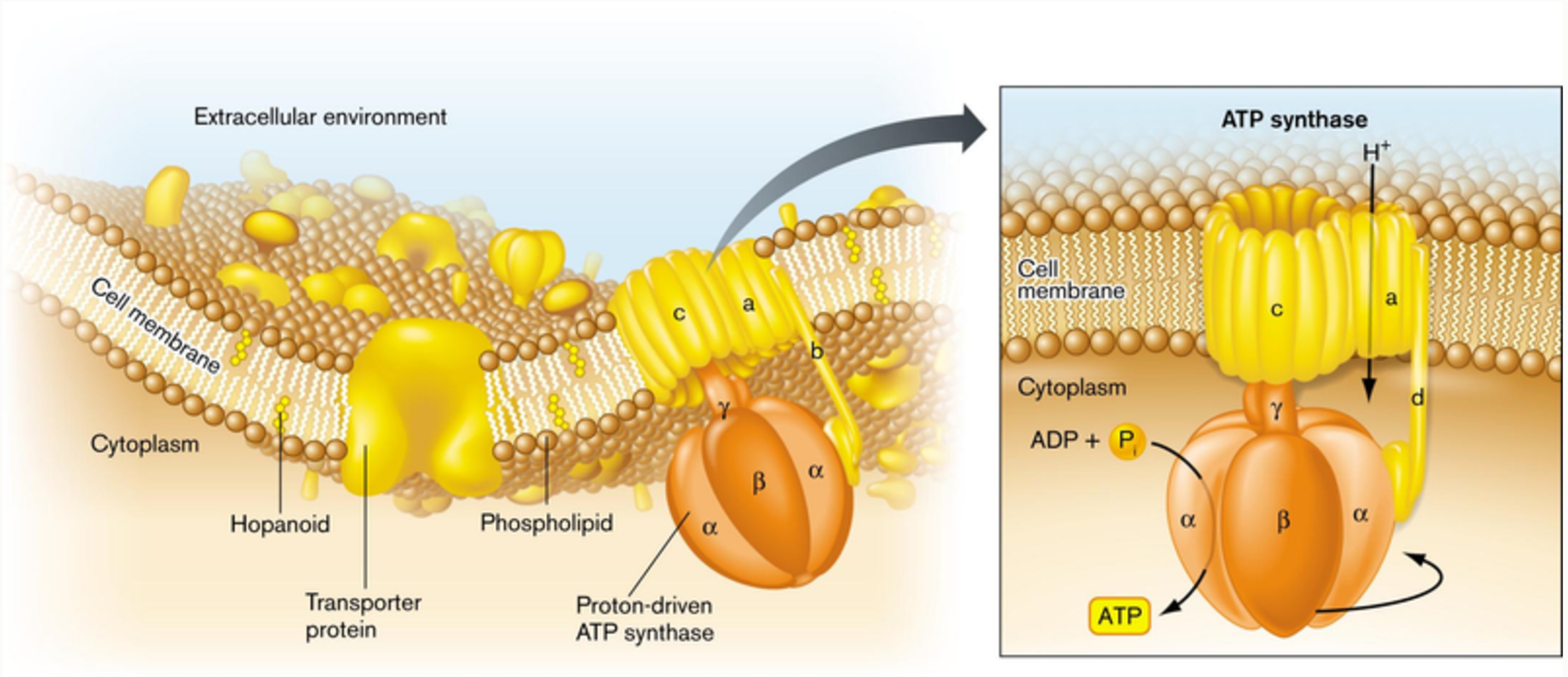


Figure 1: Schematic representation of the bacterial cell (taken from Tortora et al., 2012)

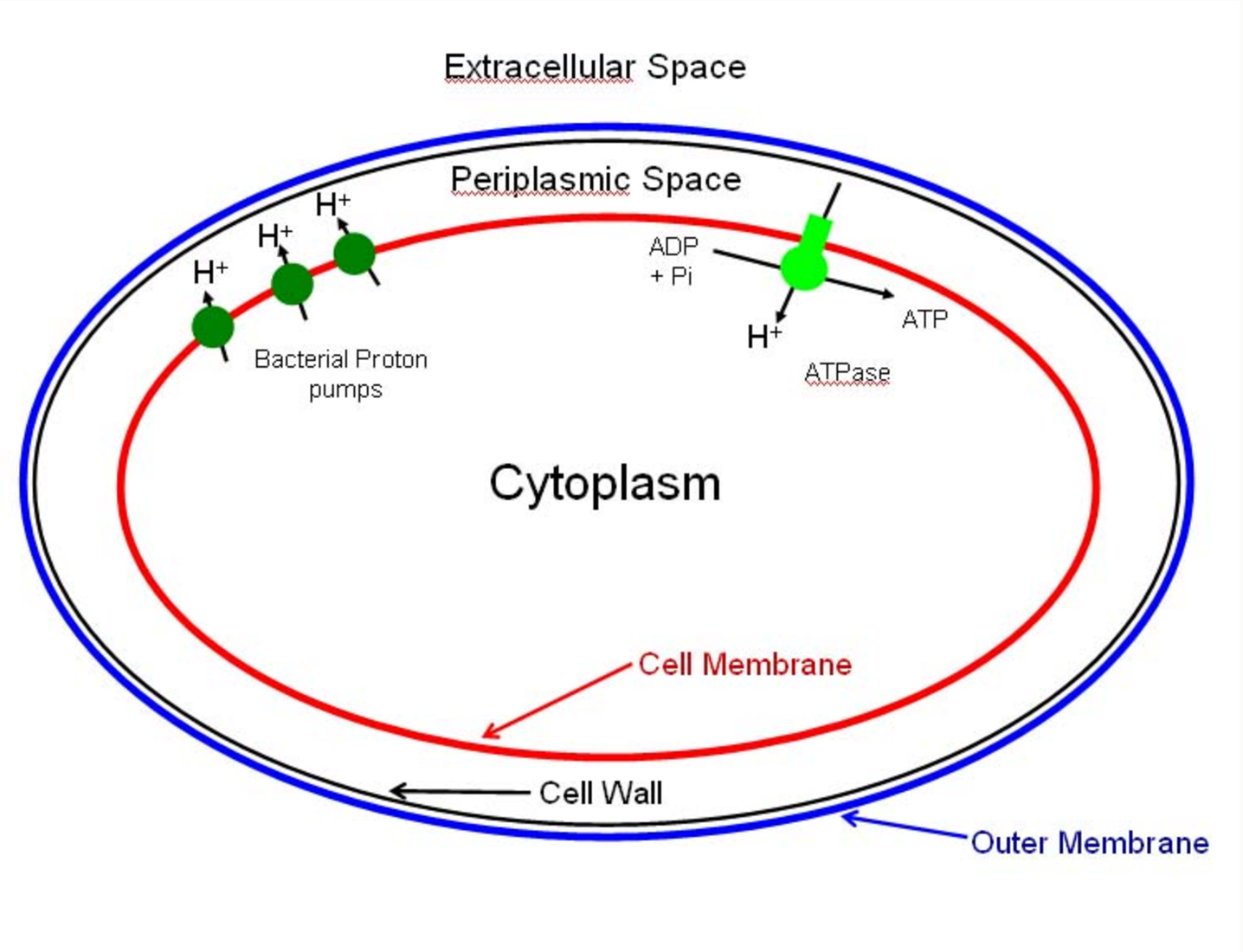
Escherichia coli



La membrana plasmática bacteriana está formada por fosfolípidos, proteínas y **hopanoides**.



En las bacterias, la síntesis de ATP se lleva a cabo en la MPlasm.



En la MPlasm están los transportadores que conectan el interior y el exterior de las bacterias

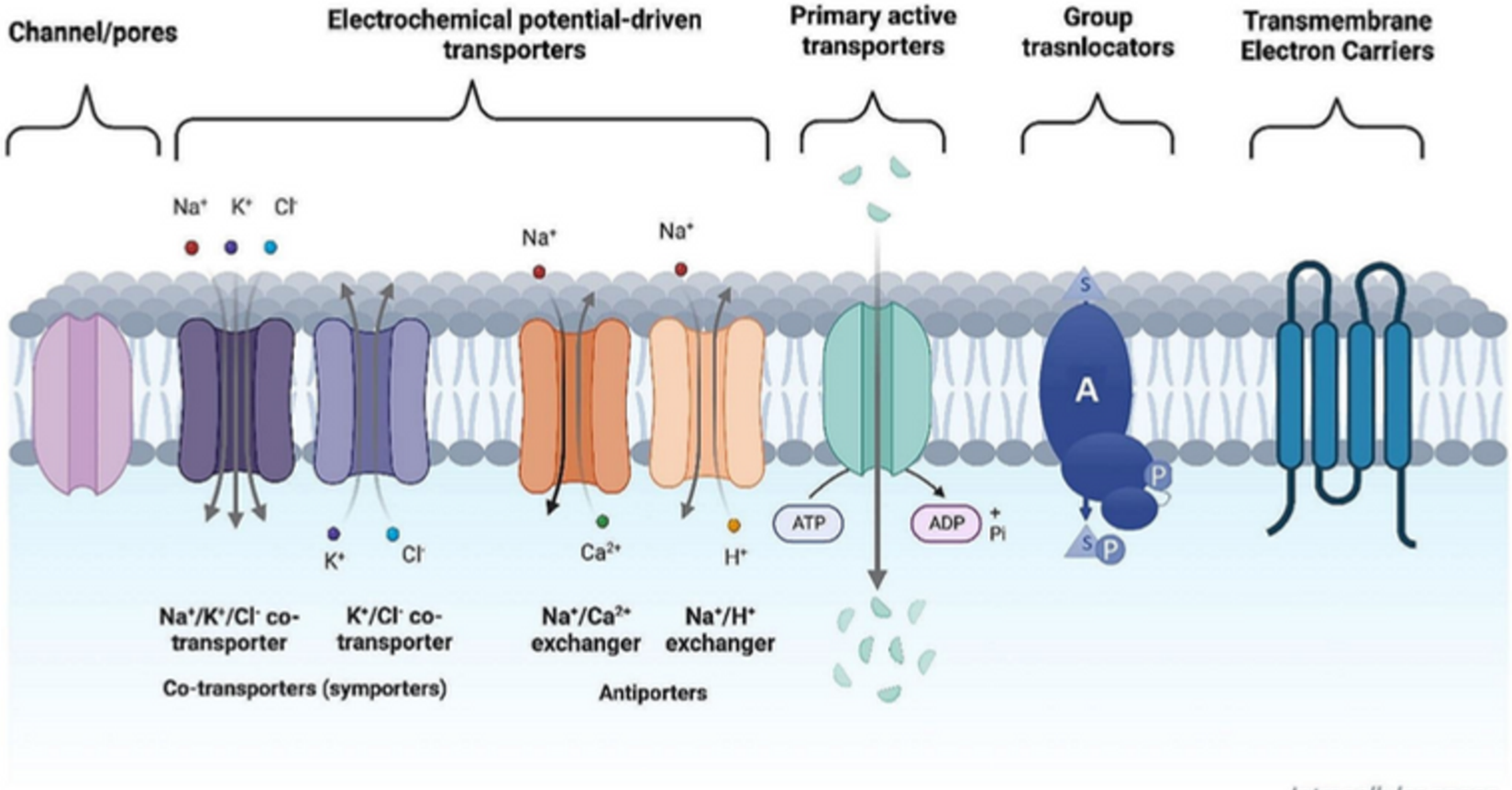
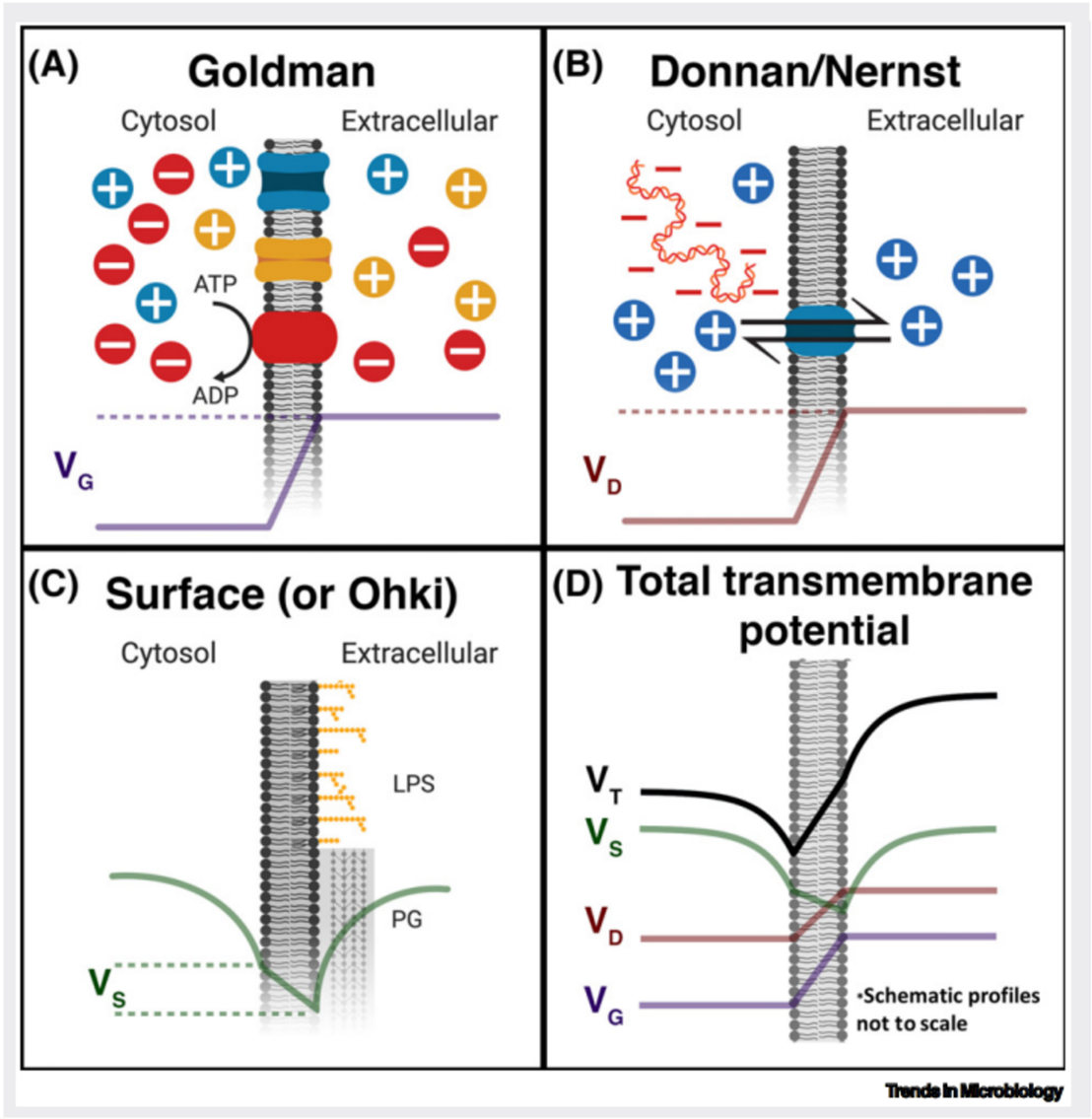


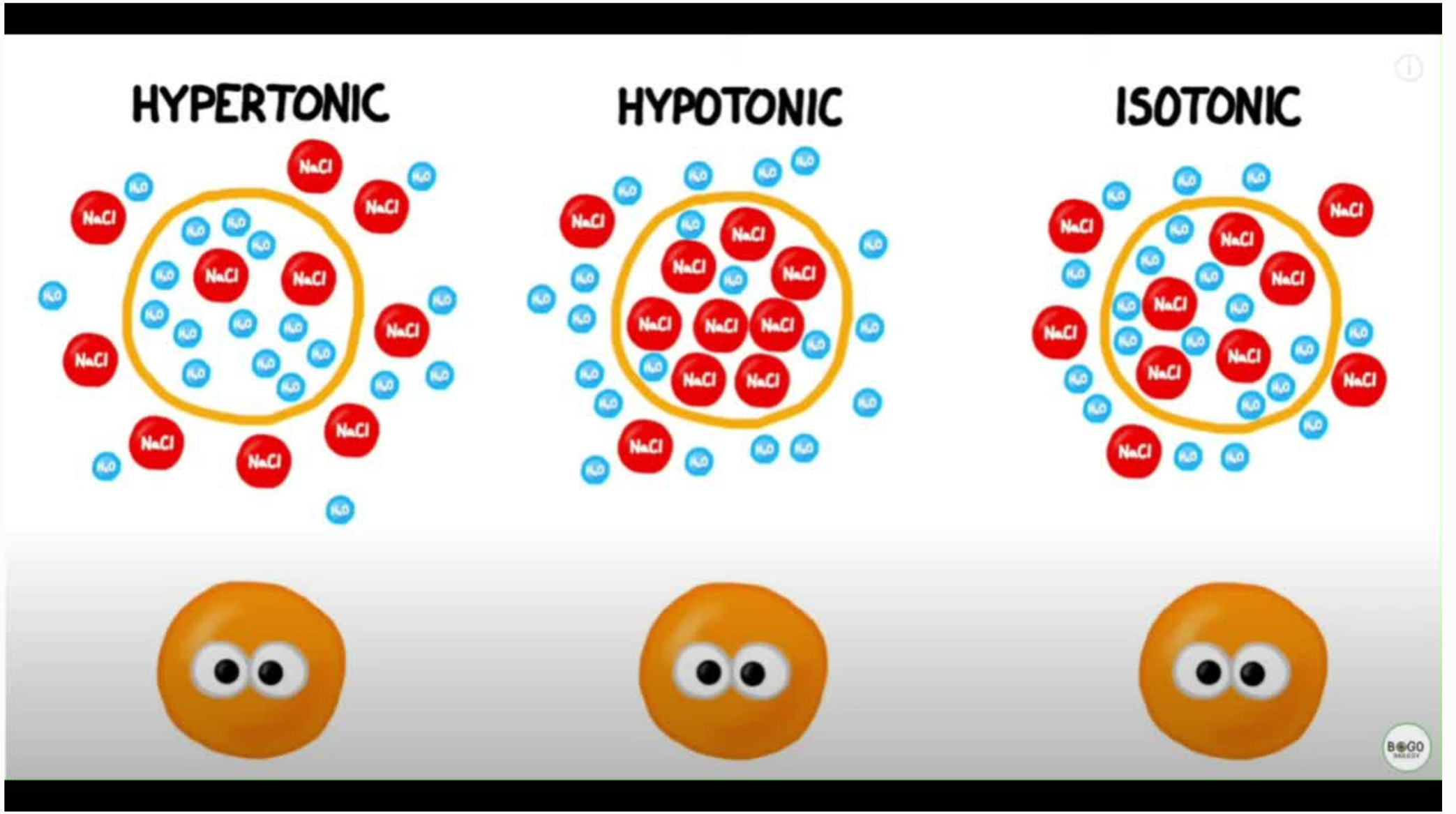
Fig. 1 Types of membrane transport proteins

Todas las células tienen un potencial de membrana, debido a la distinta distribución de cargas



- VG: iones que se transportan a través de la membrana
- VD: moléculas cargadas que permanecen en el citoplasma
- VS: naturaleza química de los PL de membrana

Trends in Microbiology, April 2020, Vol. 28, No. 4

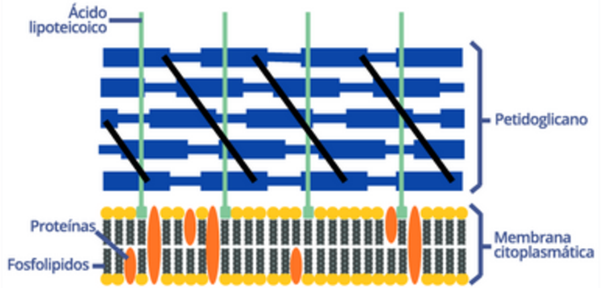

HYPERTONIC
HYPOTONIC
ISOTONIC
NaCl
H2O

Las bacterias se clasifican según su pared celular



Bacteria Gram +

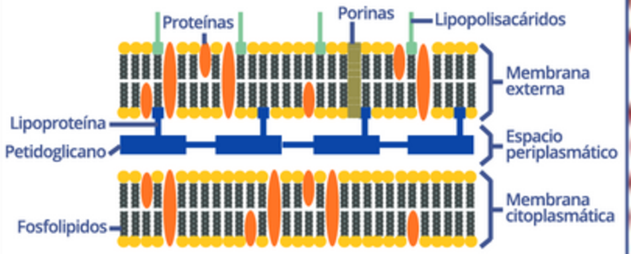
- Los ácidos teicoicos son su factor de virulencia.
- Contienen mayor cantidad de petidoglicano y constituye el 50 % del material de la pared.



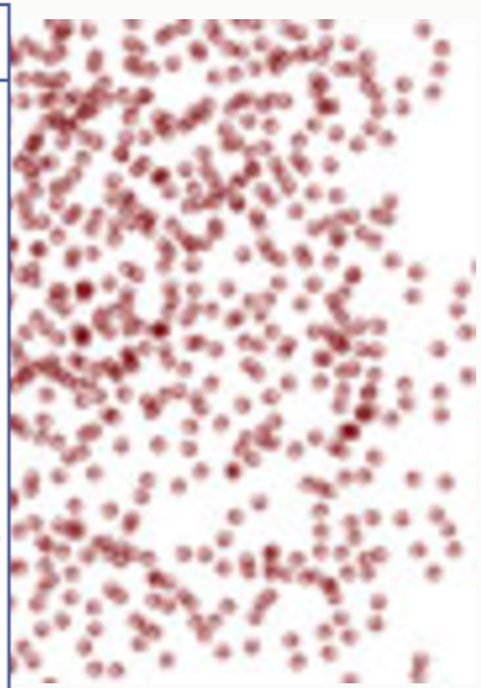
Estructura Gram +

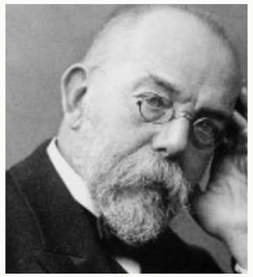
Bacteria Gram -

- No contiene ácidos teicoicos, ni lipoteicoicos.
- Cuentan con una membrana externa.
- Los LPS son un factor de virulencia.
- Contienen menor cantidad de petidoglicano: constituye del 5 al 10 % del material de la pared.



Estructura Gram -

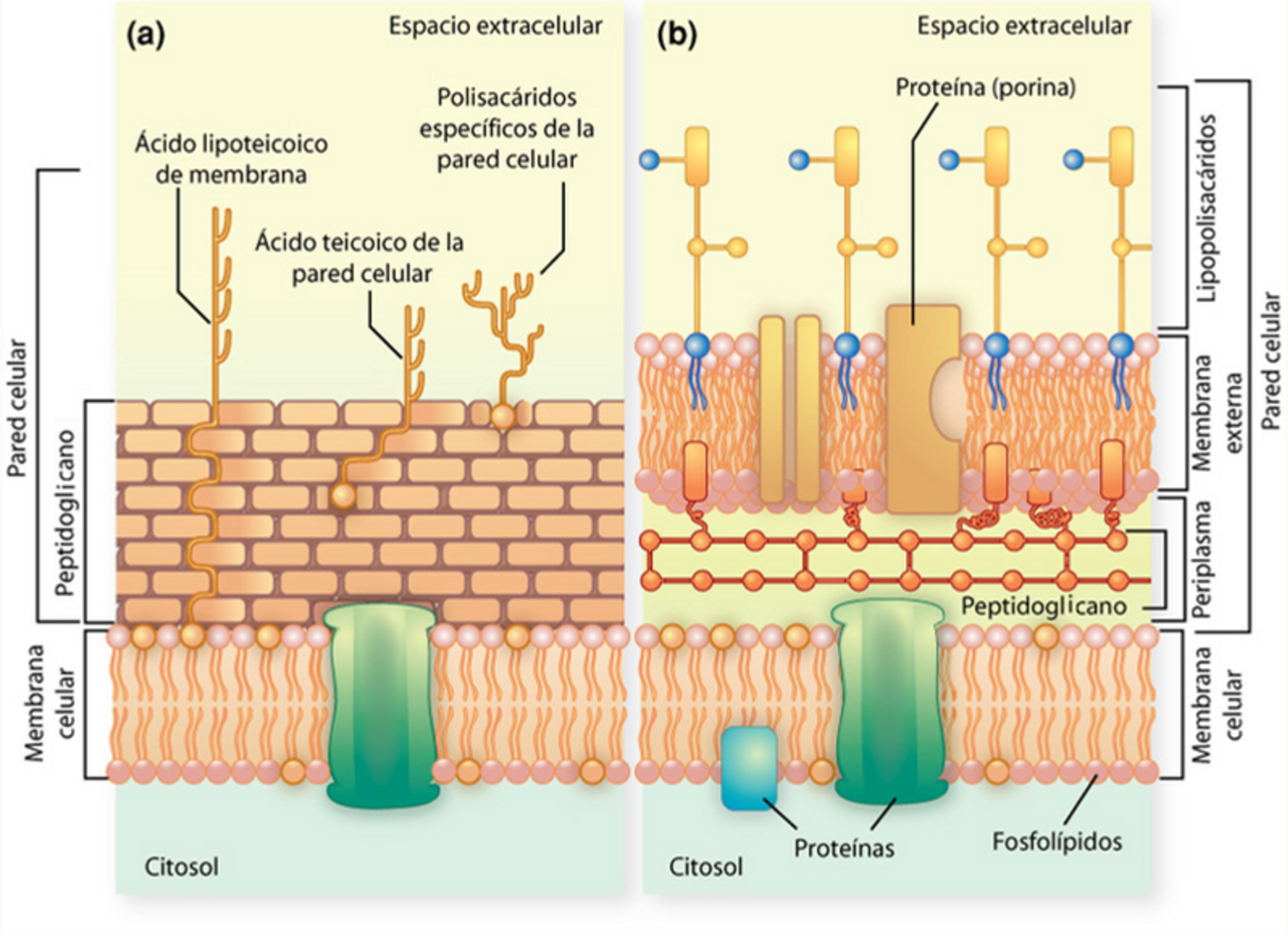




Hans Christian Gram

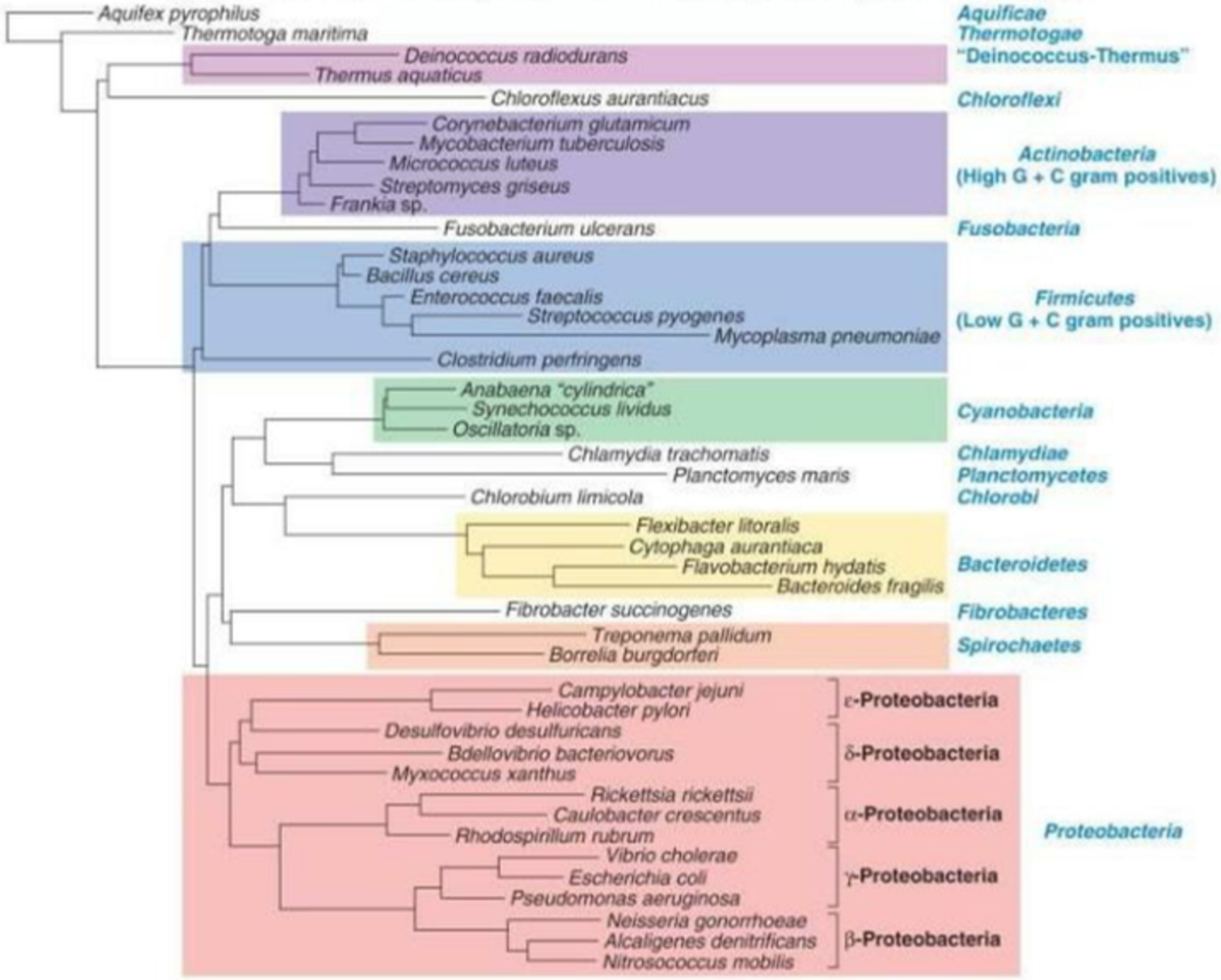
Gram +

Gram -

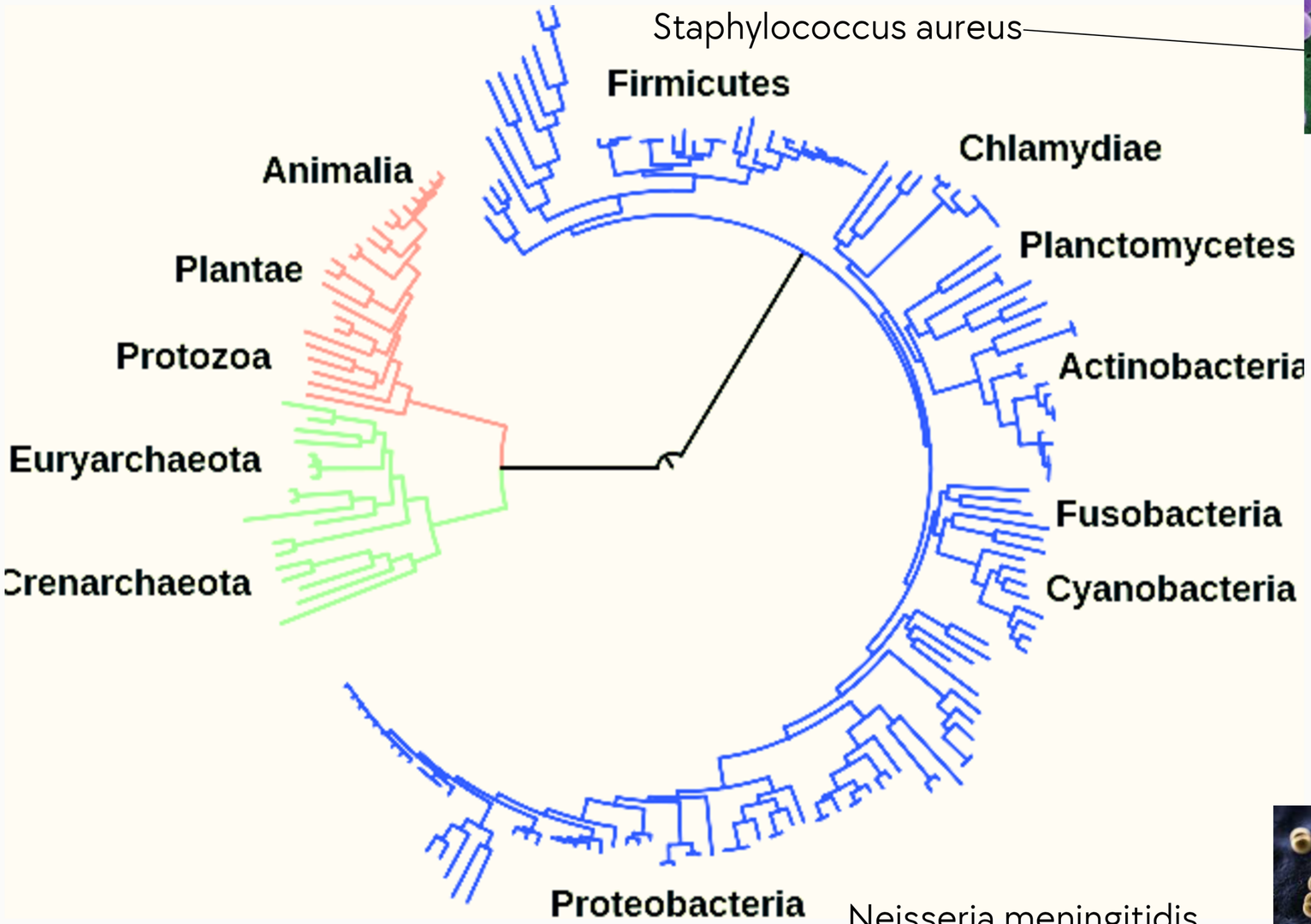

(a)
Espacio extracelular
Polisacáridos específicos de la pared celular
Ácido lipoteicoico de membrana
Ácido teicoico de la pared celular
Pared celular
Peptidoglicano
Membrana celular
Citosol
(b)
Espacio extracelular
Proteína (porina)
Lipopolisacáridos
Membrana externa
Pared celular
Periplasma
Peptidoglicano
Membrana celular
Proteínas
Fosfolípidos
Citosol

Phylogeny of bacteria

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.

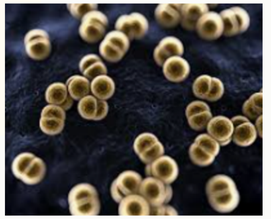


La variabilidad genética de las bacterias es mucho mayor que la que existe entre plantas y animales

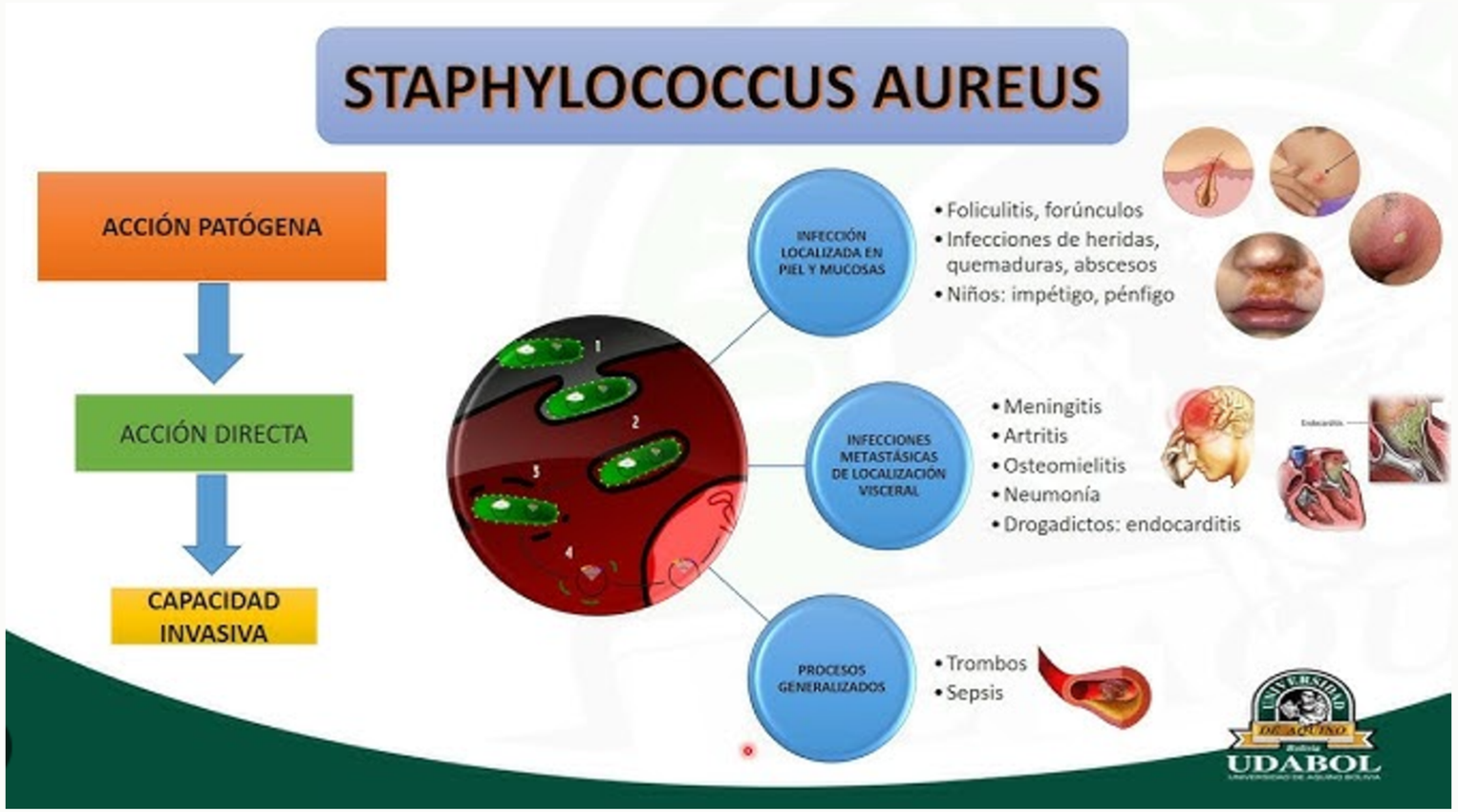




Neisseria meningitidis



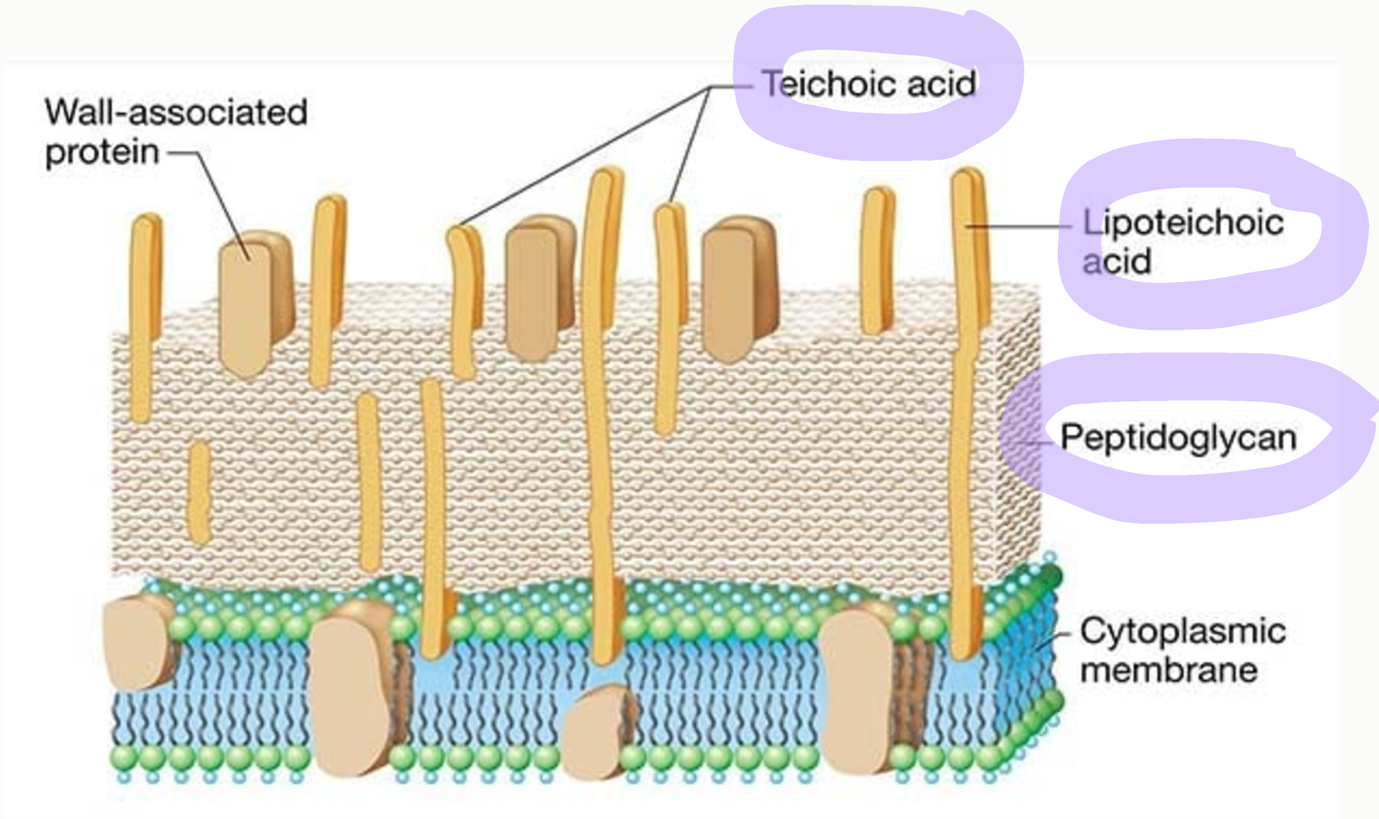
Gram +



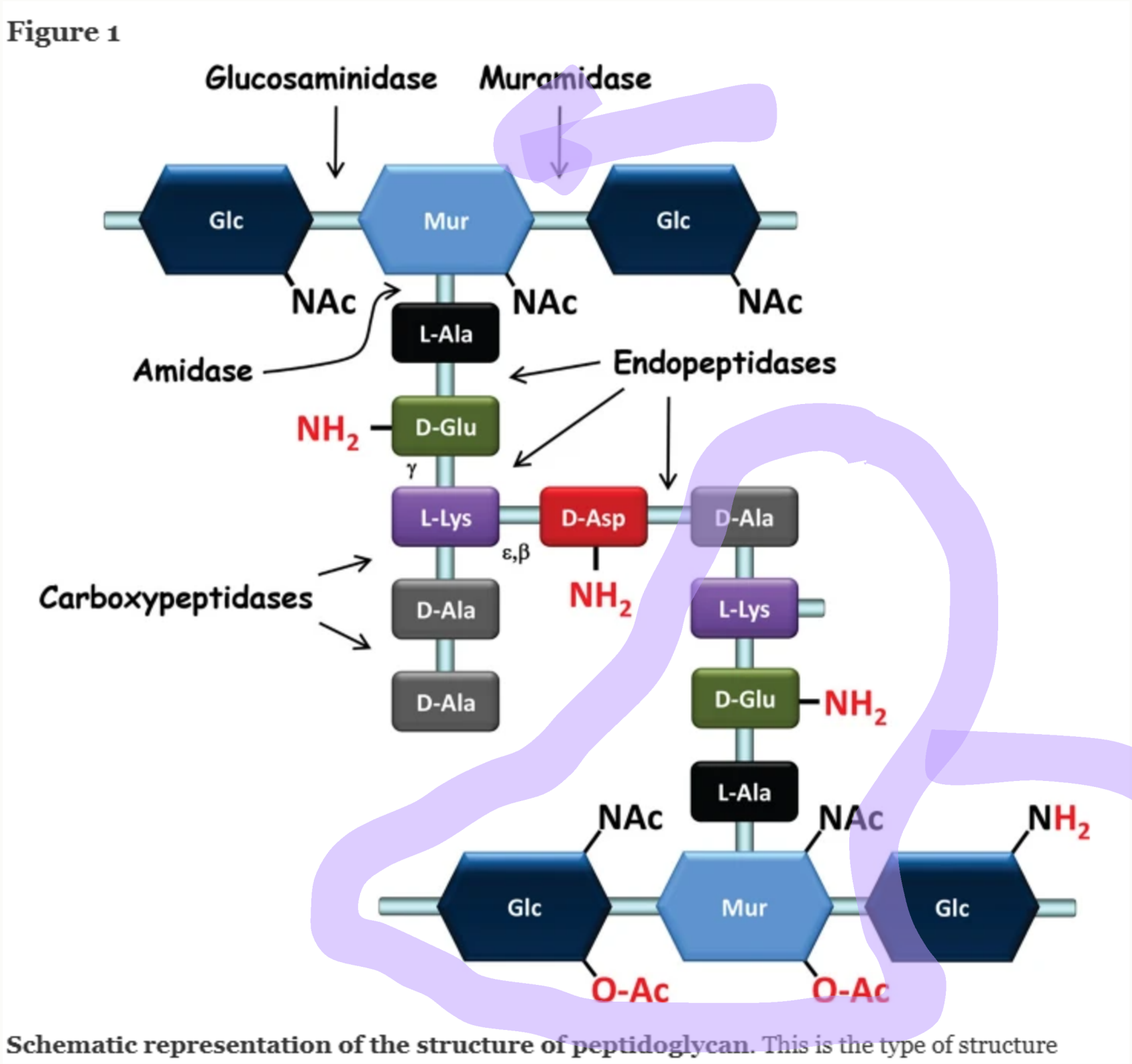
Son cocos anaerobios facultativos

Diarreas, vómitos y náuseas, causadas por enterotoxinas.
Daño en la piel, separando el estrato granuloso del córneo dando el signo de piel escaldada.
Neumonía
Enfermedades comunes:
Forúnculos.
Impétigo ampolloso.
La infección más grave para el humano es la endocarditis bacteriana
Resistentes a penicilina

La pared celular de las Gram+ está formada:



El peptidoglicano está formado por monosac. y aa



El ácido murámico y el ác. diaminopimélico (DAP) son exclusivos de BACTERIA, aunque no todas tienen DAP.

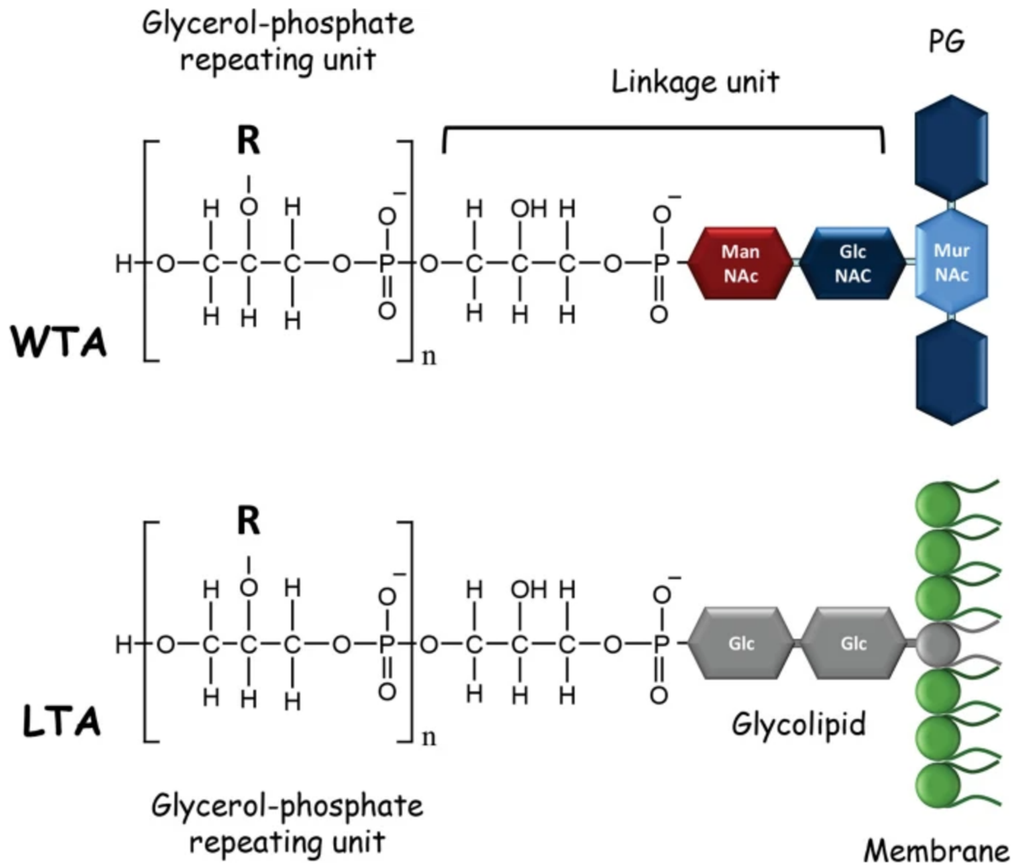
>100 estructuras conocidas

La GlcNAc y el ac. Mur aparecen en todas las especies de bacterias

La unidad que se repite es el glicano-tetrapéptido. Seforman largas cadenas.

El ác. teicoico y el lipoteicoico contribuyen a la funcionalidad de la pared

Figure 3



Schematic representation of wall teichoic acid (WTA) and lipoteichoic acid (LTA)

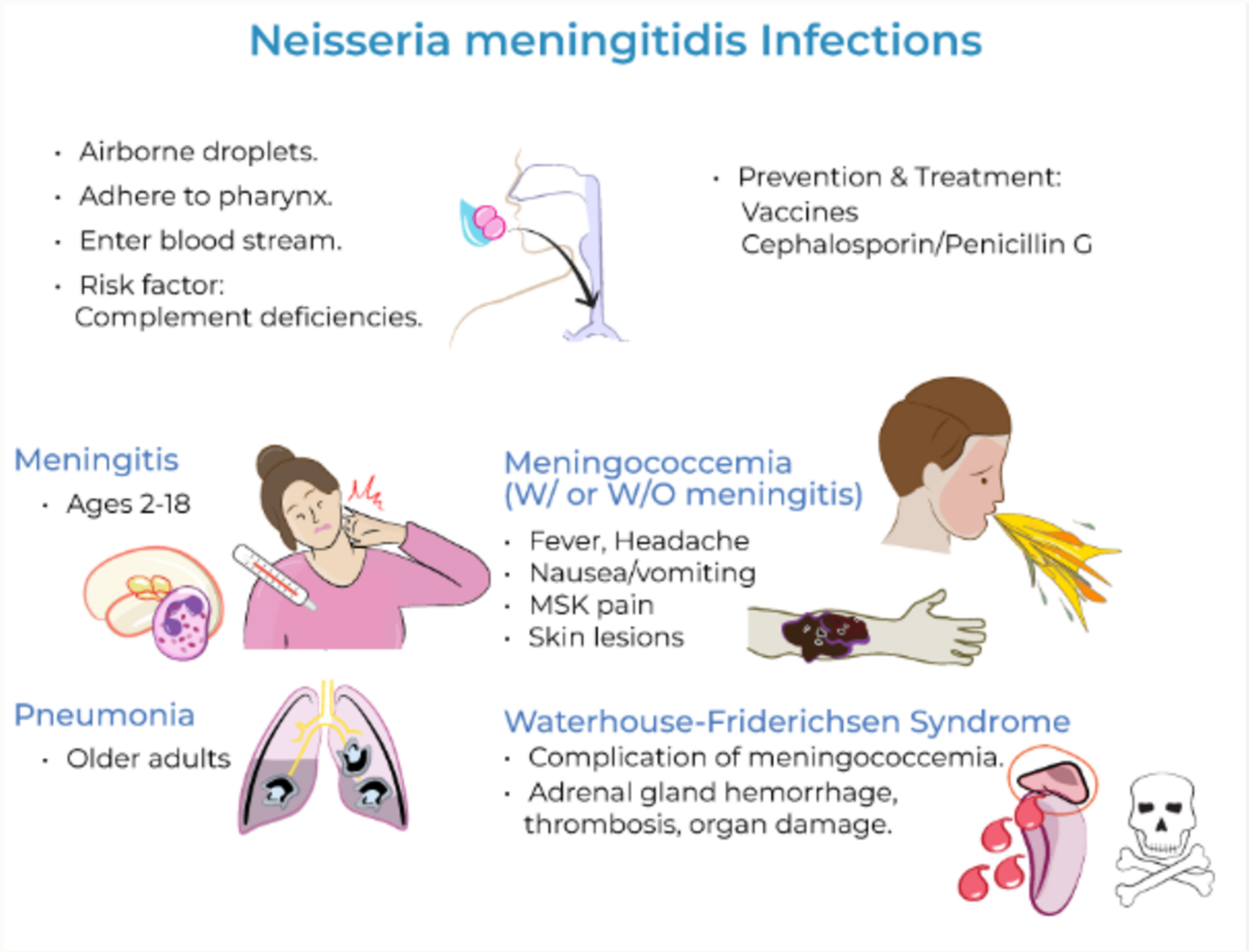
El ácido teicoico está unido al Mur covalentemente

El ácido lipoteicoco está anclado en la hemimembrana externa mediante un glicolípido

Al tener carga negativa, acumulan cationes como Mg2+ y H+ - gradiente de pH.

Regulan la autolisis

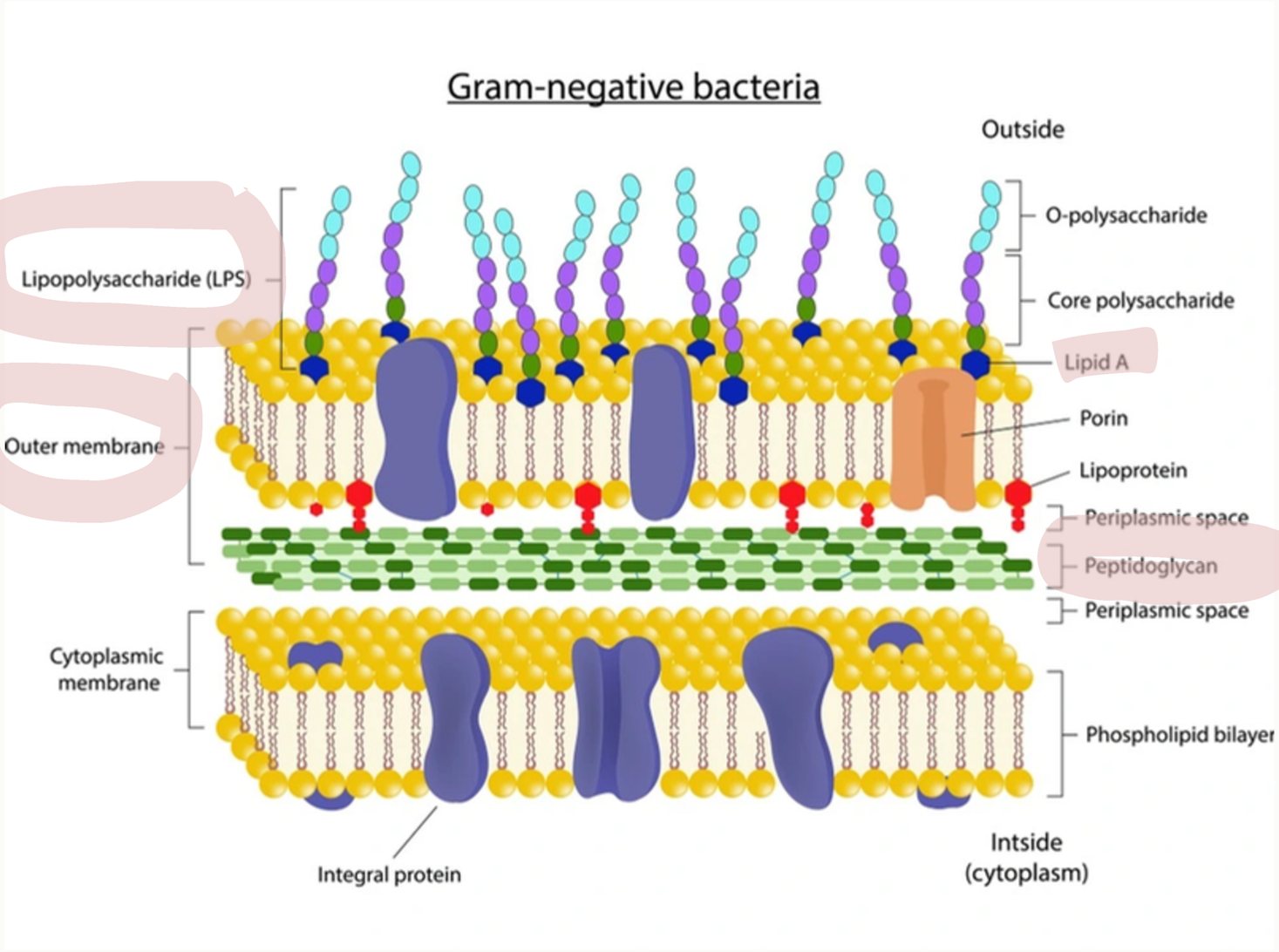
Gram -



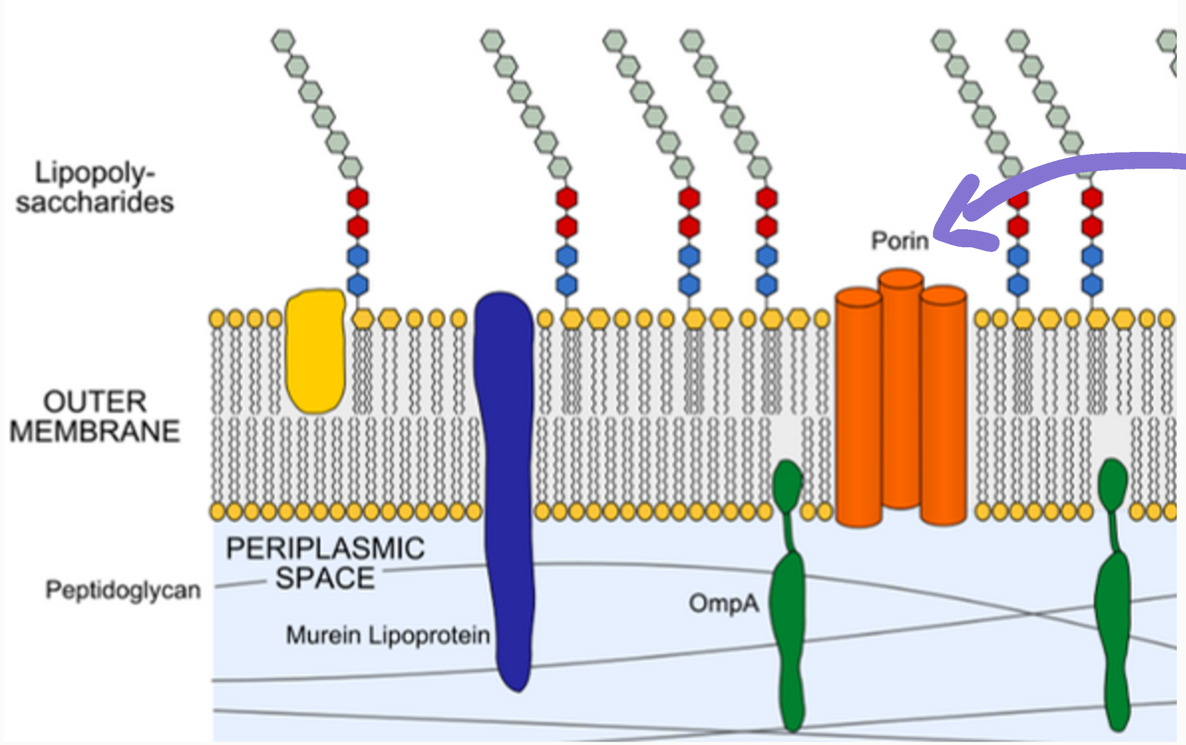
Son cocos gram- aerobios que suelen disponerse por pares y en forma de granos de café.

Una de las principales causas de enfermedad, deterioro del desarrollo y muerte en la infancia en los países industrializados y también ha sido causa de epidemias en África y en Asia.

La pared celular de las Gram- está formada:

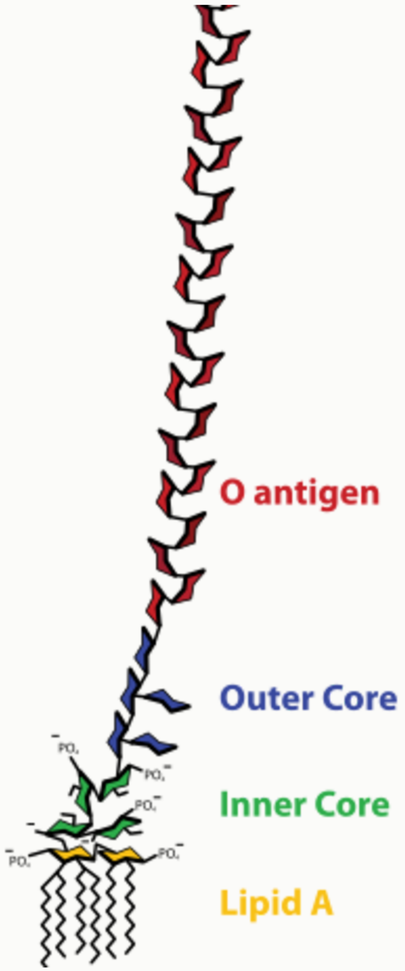


La membrana externa contiene proteínas y LPS



Las porinas permiten el paso de sustancias hidrosolubles de pequeño tamaño al interior de la bacteria

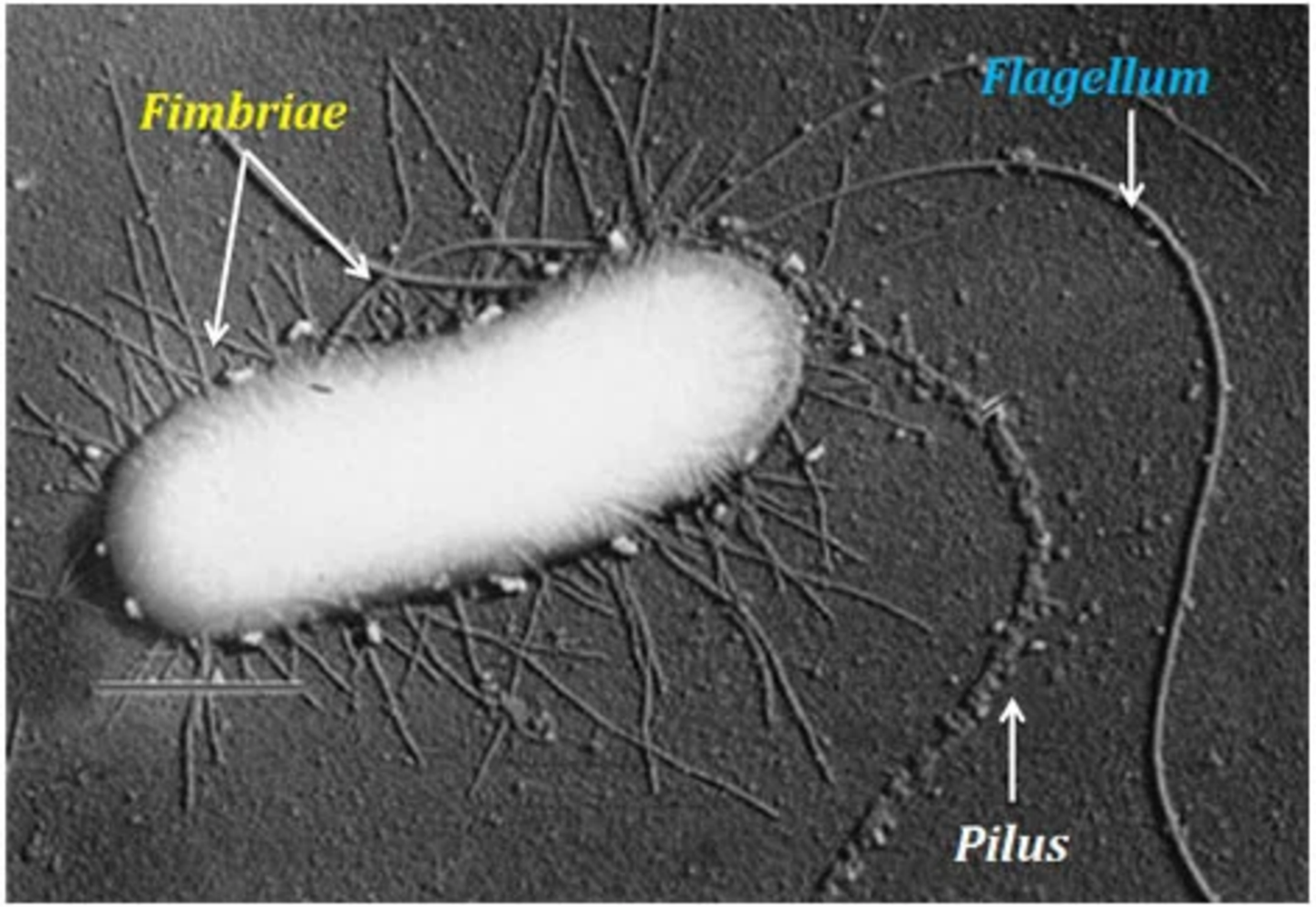
El lipopolisacárido es una endotoxina



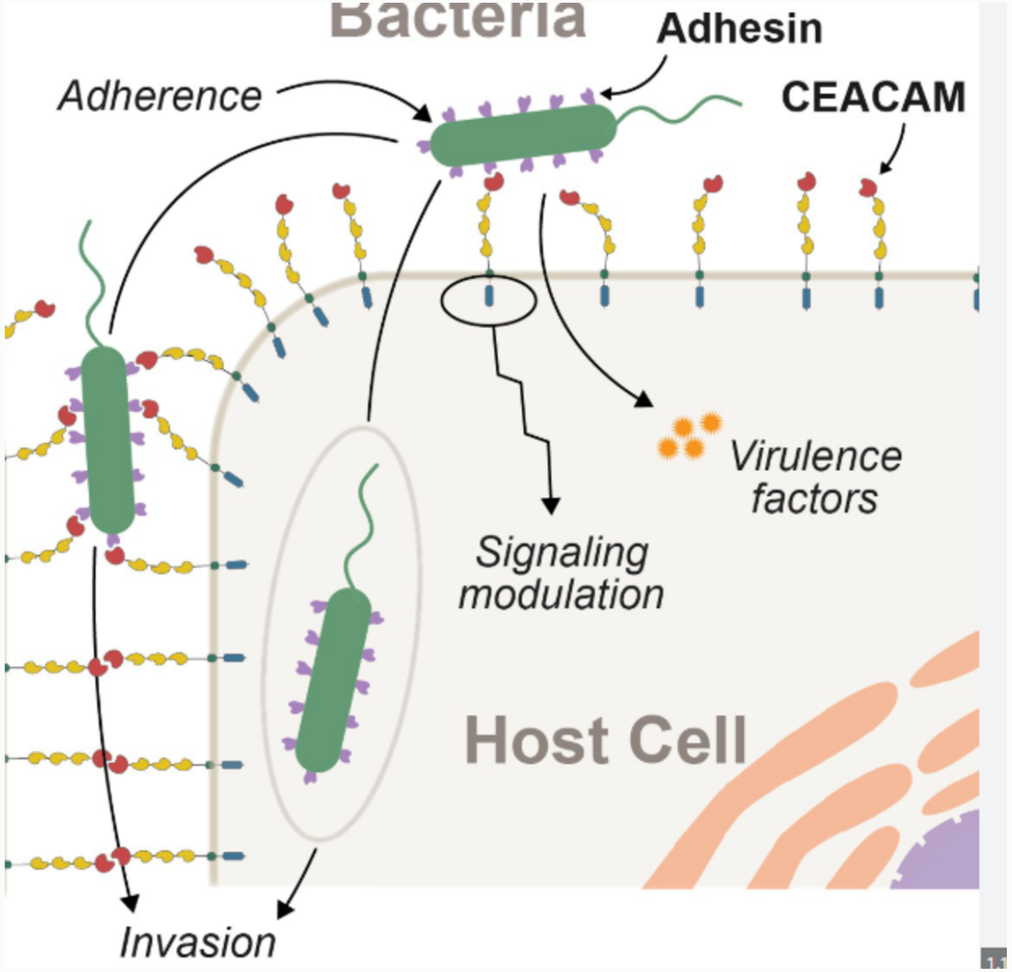
El lipopolisacárido (LPS) está formado por:

- El **antígeno O**: contiene monosac. normales y otros especiales. Suele estar ramificado
- El **polisacárido central** (core): heptosas, Glc, Gal y GlcNAc
- El **lípido A**: ácidos grasos conectados a un disacárido. Es el componente tóxico del LPS

Otras estructuras



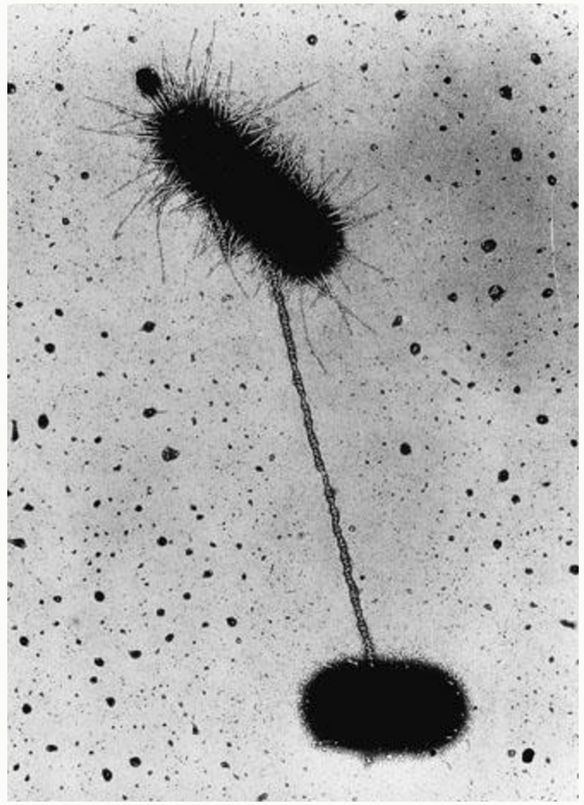
Las fimbrias sirven para adherirse a superficies



Las fimbrias tienen adhesinas, unas proteinas que median la interacción con las células y permiten la infección

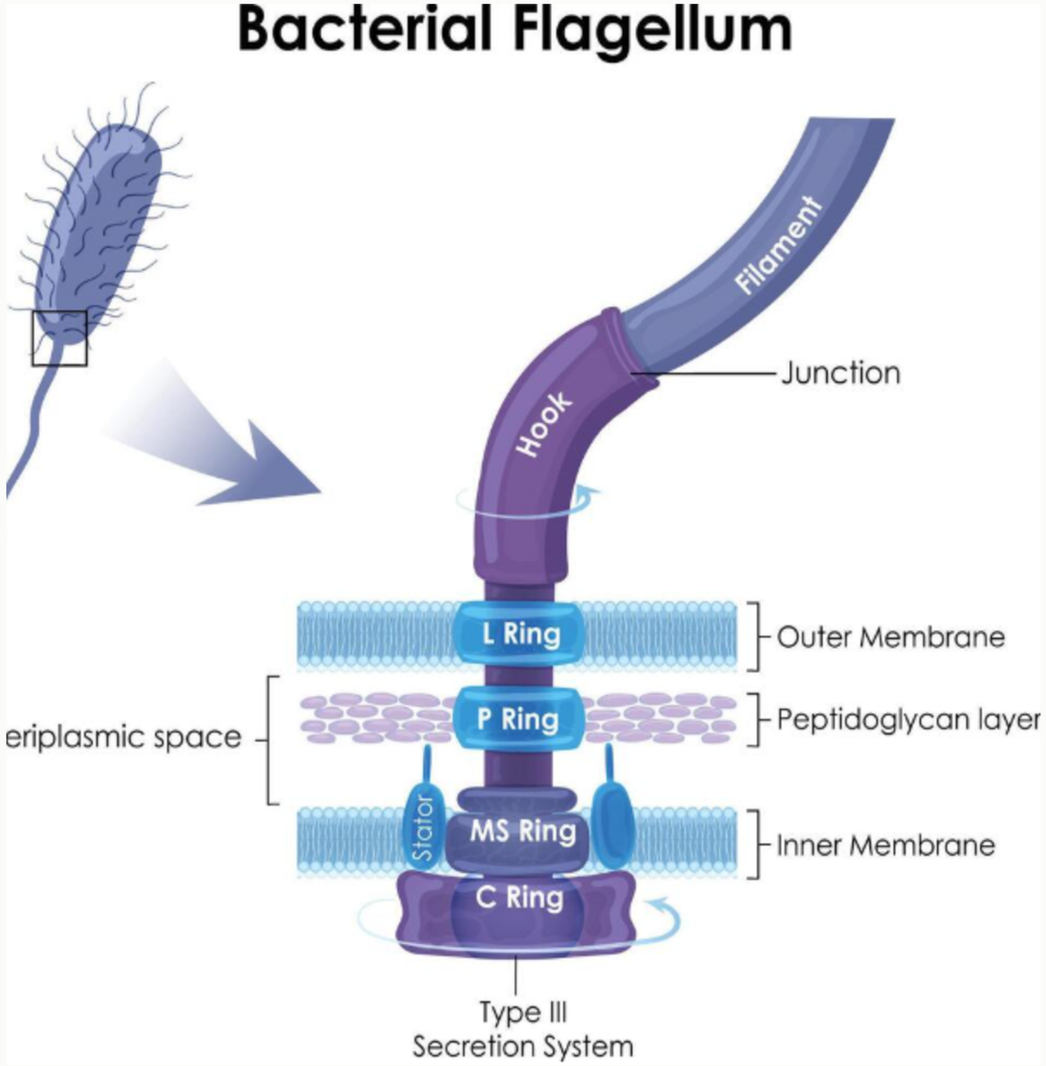
Especificidad de ligando (CH)

Los pili permiten la conjugación y el movimiento



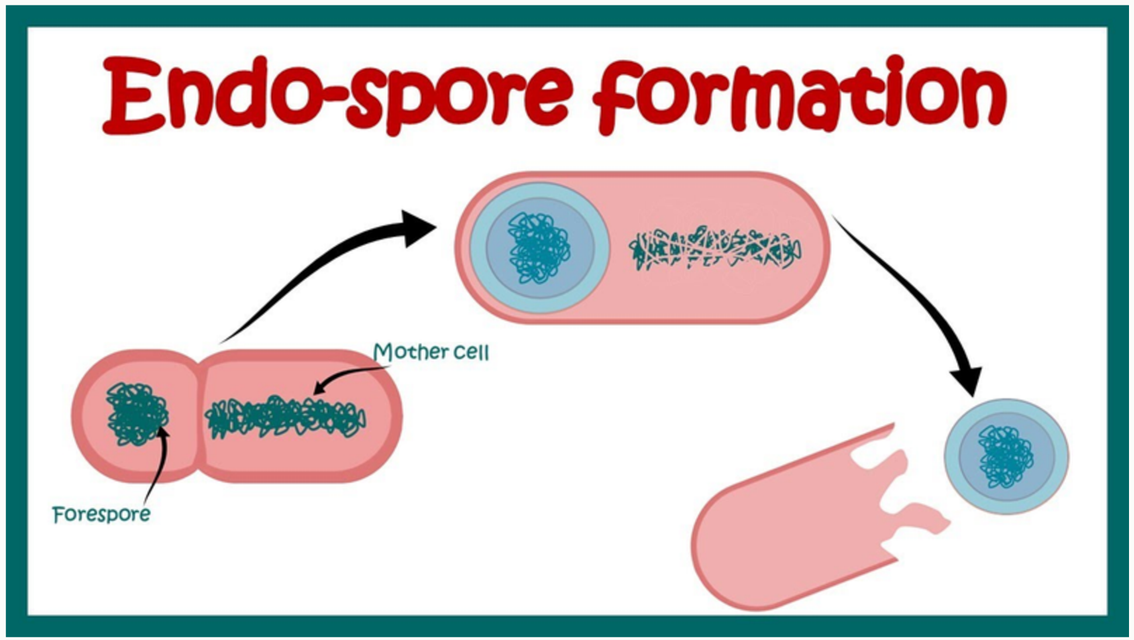
- Conjugación: transferencia de material genético entre dos bacterias (pilus F)
- Otros pili están implicados en movimiento (*Pseudomonas*)
- Otros participan en colonización (*Vibrio cholerae*)

Los flagelos son apéndices rotatorios



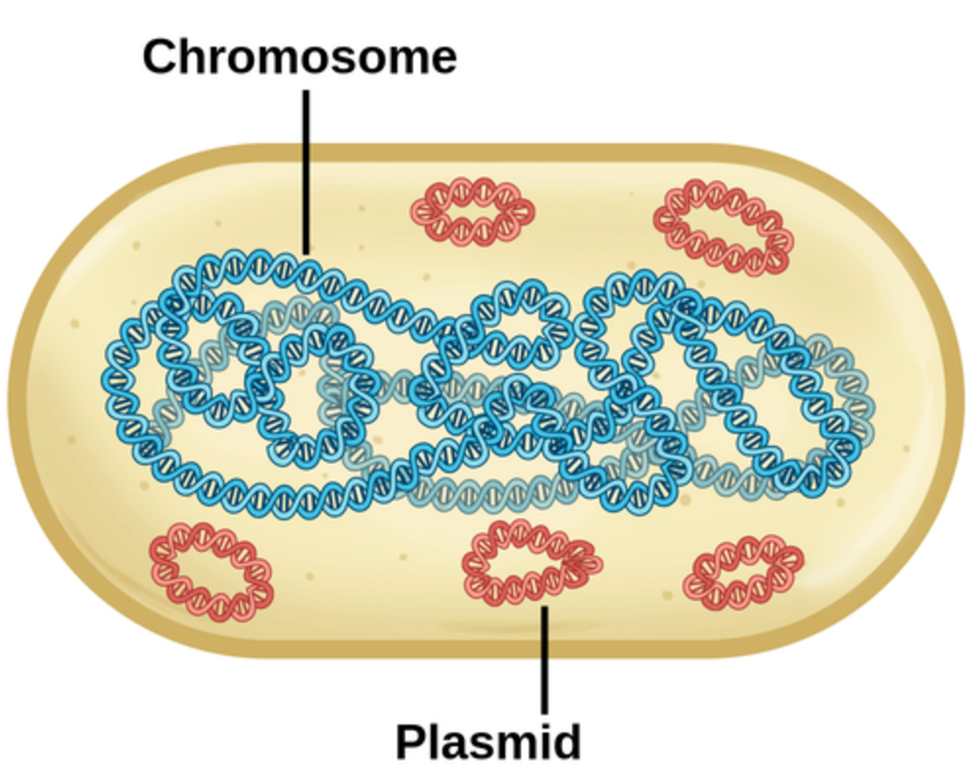
- Unas 50 proteinas involucradas
- Alcanzan hasta 100 rpm
- La energía la proporciona un gradiente de H+
- Uno o varios, en distintas localizaciones
- 60 cell/s (~220km/h)

Las endosporas son estructuras de resistencia



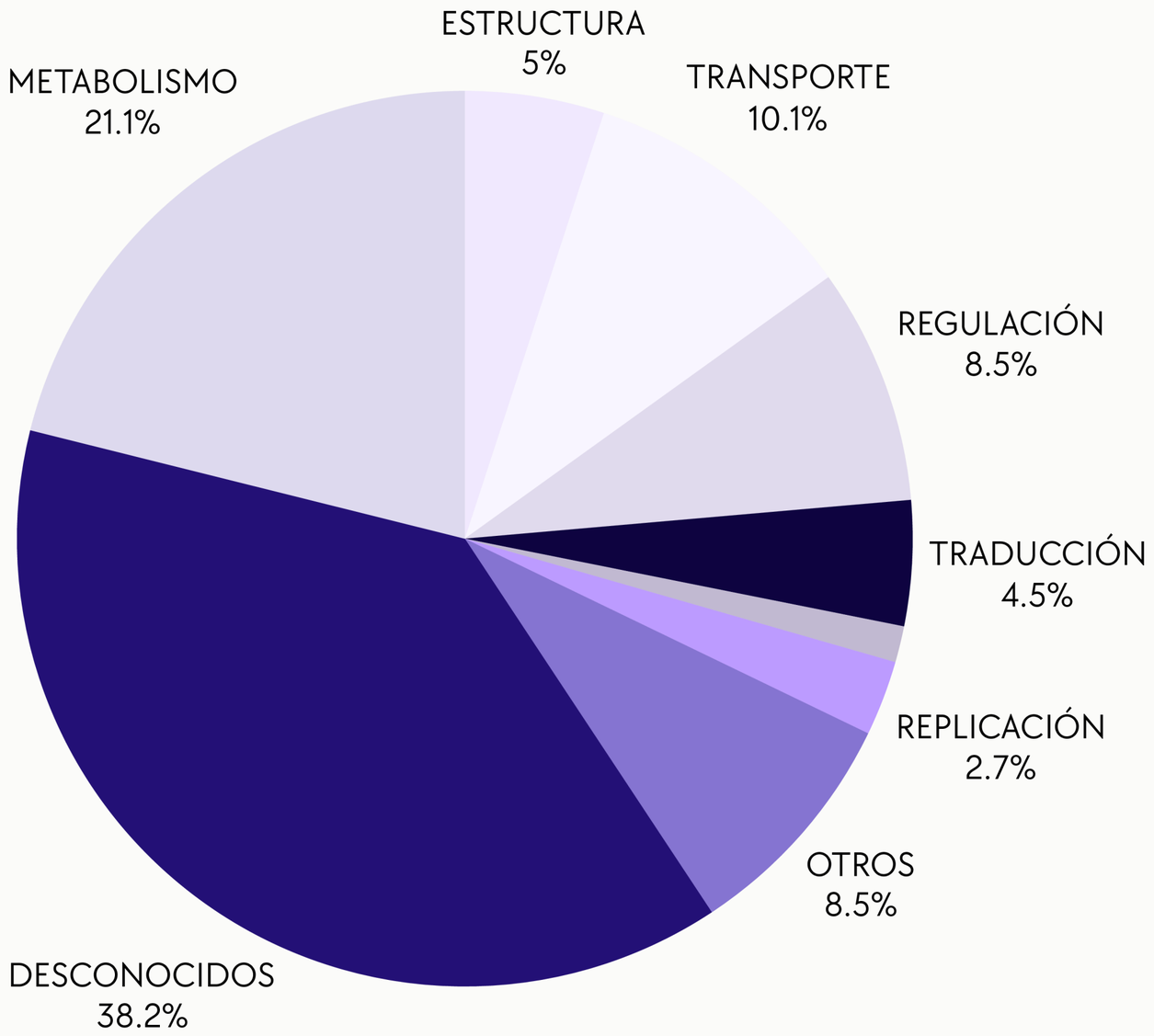
- Aparecen en los Firmicutes (*Bacillus*, *Chlostridium*)
- Permiten sobrevivir a las bacterias en condiciones adversas: son super-resistentes
- Cubierta con varias capas: corteza de PG, una capa de proteinas ricas en puentes SS, y una capa externa con glicoproteinas.

Genoma bacteriano: toda la información

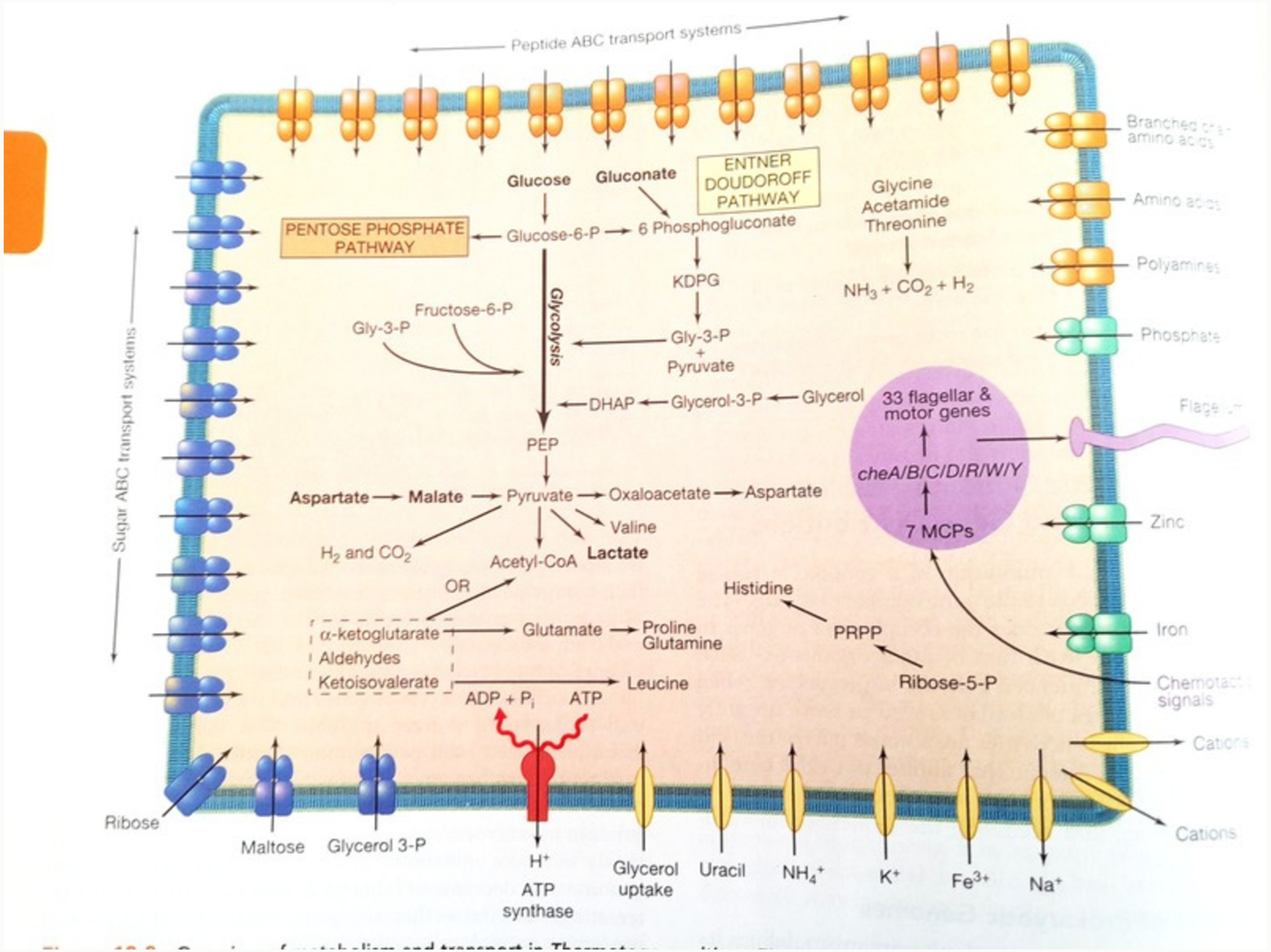


- La información genética está recogida en un cromosoma circular (también hay crom. lineares, pero es raro)
- 160 kbp-9Mbp
- Compactos: poco DNA “basura”
- DNA extracromosómico: plásmidos

Funciones de los genes de *E. coli*

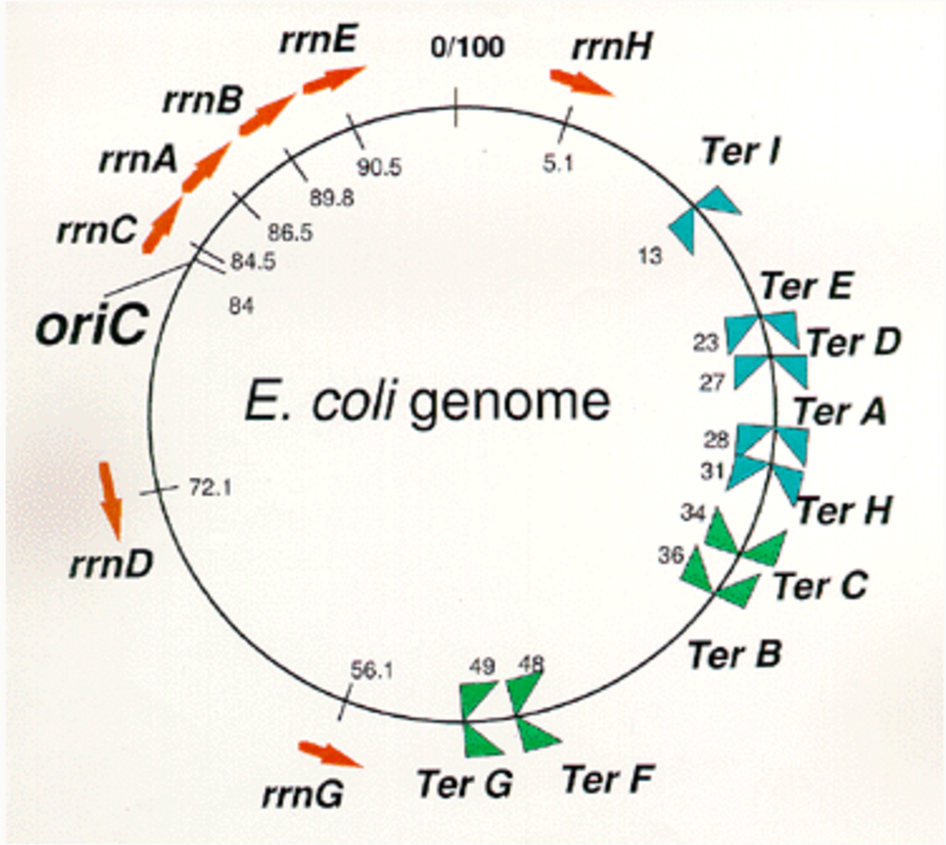


Genoma bacteriano: toda la información



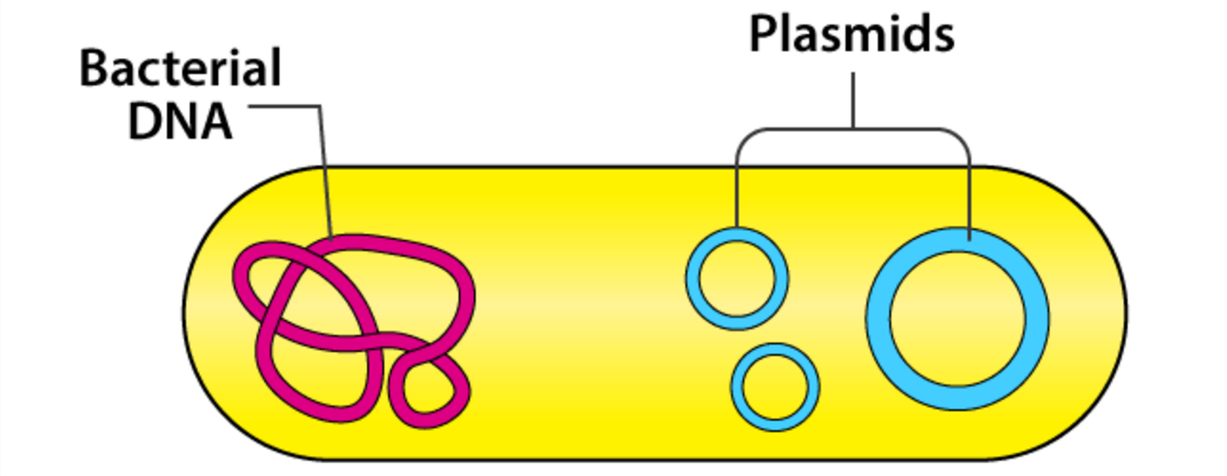
Brock "Biology of Microorganisms" 12th ed.

Los mapas genéticos indican donde está cada gen



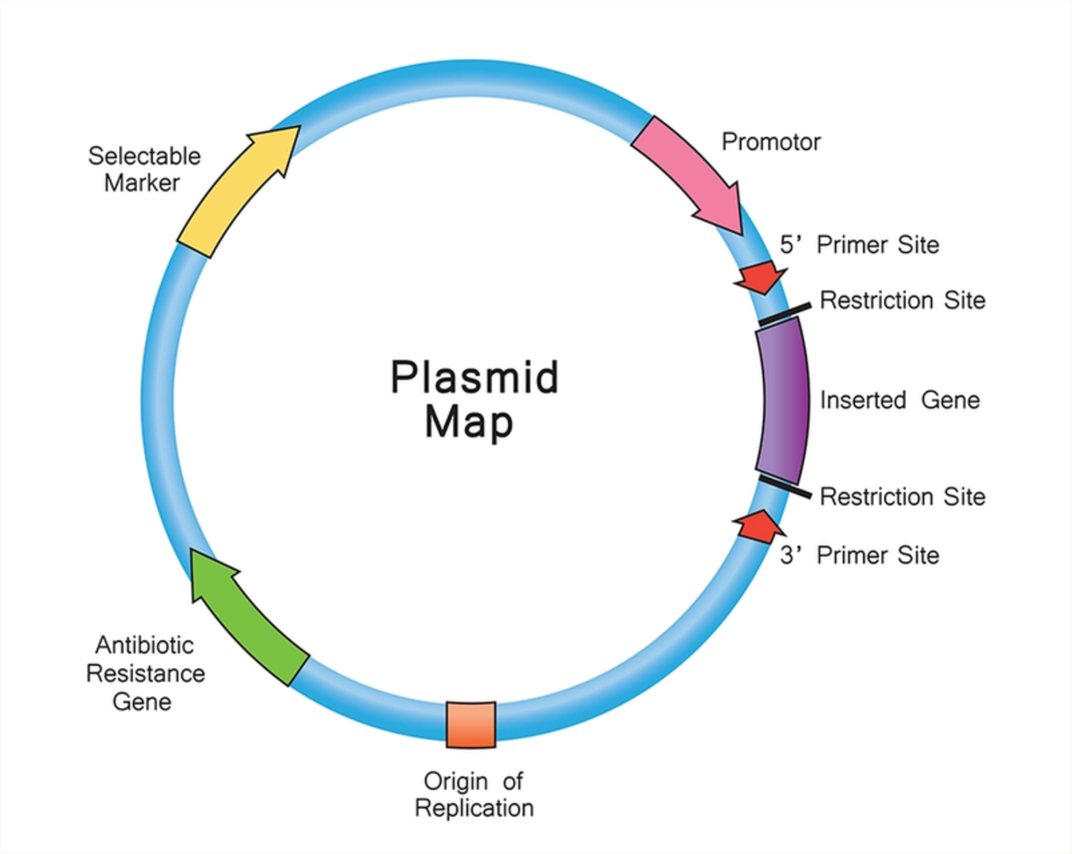
- OriC es el origen de replicación
- Las distancias se miden en minutos de transferencia (0-100min)
- El 0 es el gen *thrABC* (síntesis de Thr)
- Los genes implicados en una misma ruta se transcriben juntos: operón
- ORF: secuencias que se traducen a proteinas

Los plásmidos son elementos genéticos independientes



- La mayoría son circulares
- 1kbp-1Mbp
- Se replican de forma independiente
  - Gram -: bidireccionalmente
  - Gram+: círculo rodante
- Algunos se transfieren de una bacteria a otra: conjugación

Los plásmidos contienen distintos genes

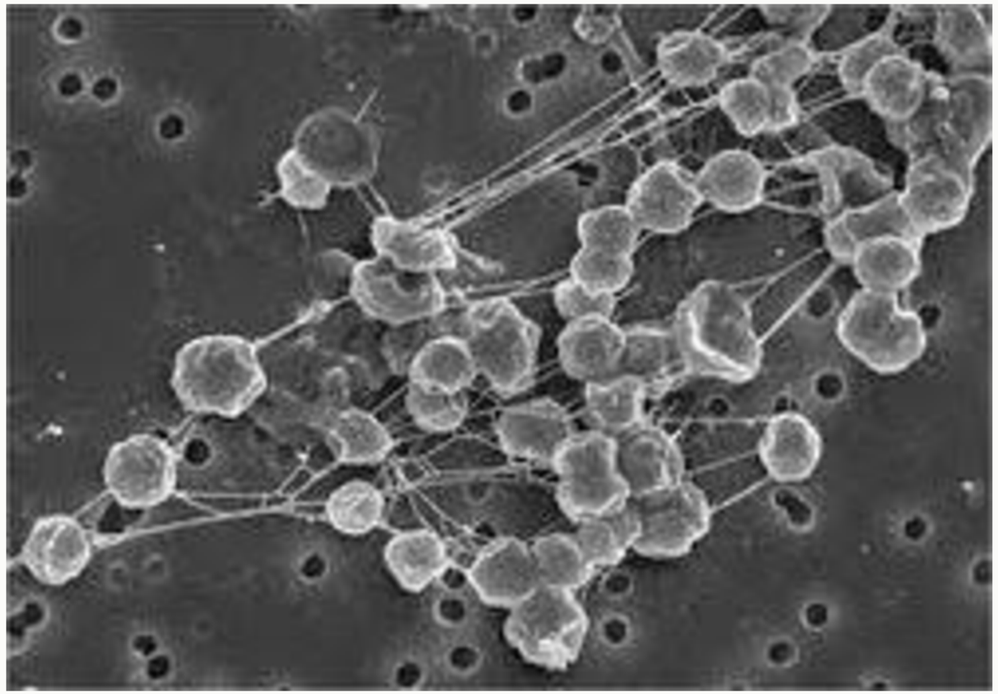


1. Replicación del propio plásmido
2. Transferencia por conjugación
3. Funciones metabólicas
4. Virulencia
5. Producción de antibióticos
6. Resistencia a antibióticos

ARCHAEA

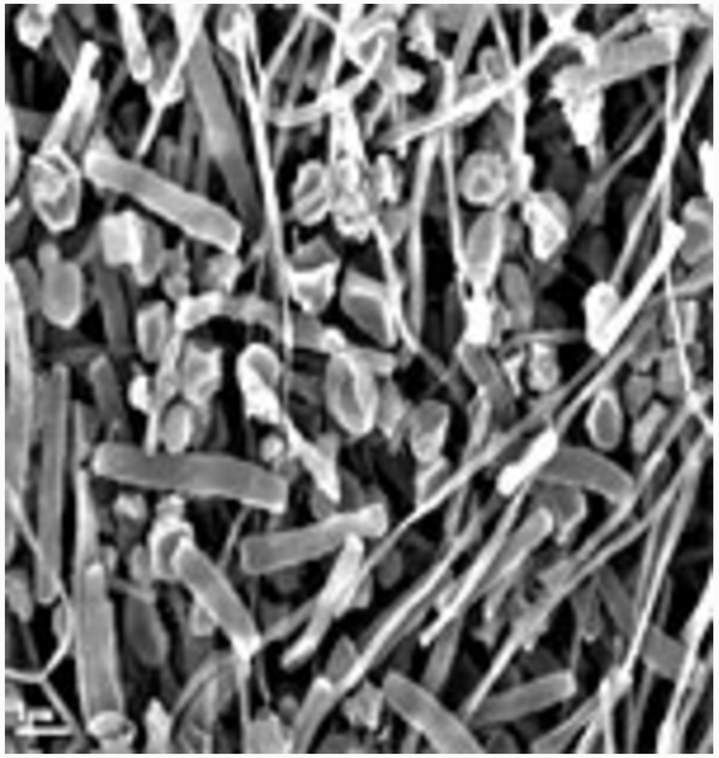
1. Morfología y ecología
2. Membrana
3. Pared celular
4. Otras estructuras
5. Locomoción
6. Genética

Euriarchaeota



1. Metanógenos:
    a. Anaerobios estrictos
    b. Producen CH4 (gas natural; flatulencias)
    c. Degradan mat. orgánica
2. Halófilos extremos:
    a. Aerobios
    b. Necesitan NaCl
    c. Viven en lagos salinos, pH alto
3. Termoacidófilos
    a. Alta temperatura pH ácido
    b. Thermoplasma

Crenarchaeota



1. Hipertermófilos
    a. Anaerobios
    b. Quimiolitotrofos y quimioorganotrofos
    c. H2 como fuente de energía
2. Criófilos extremos
    a. Viven en mar abierto, bajo 0.
    b. Otros viven en el suelo y agua dulce
    c. Usan NH3 como fuente de energía

Gran diversidad de formas

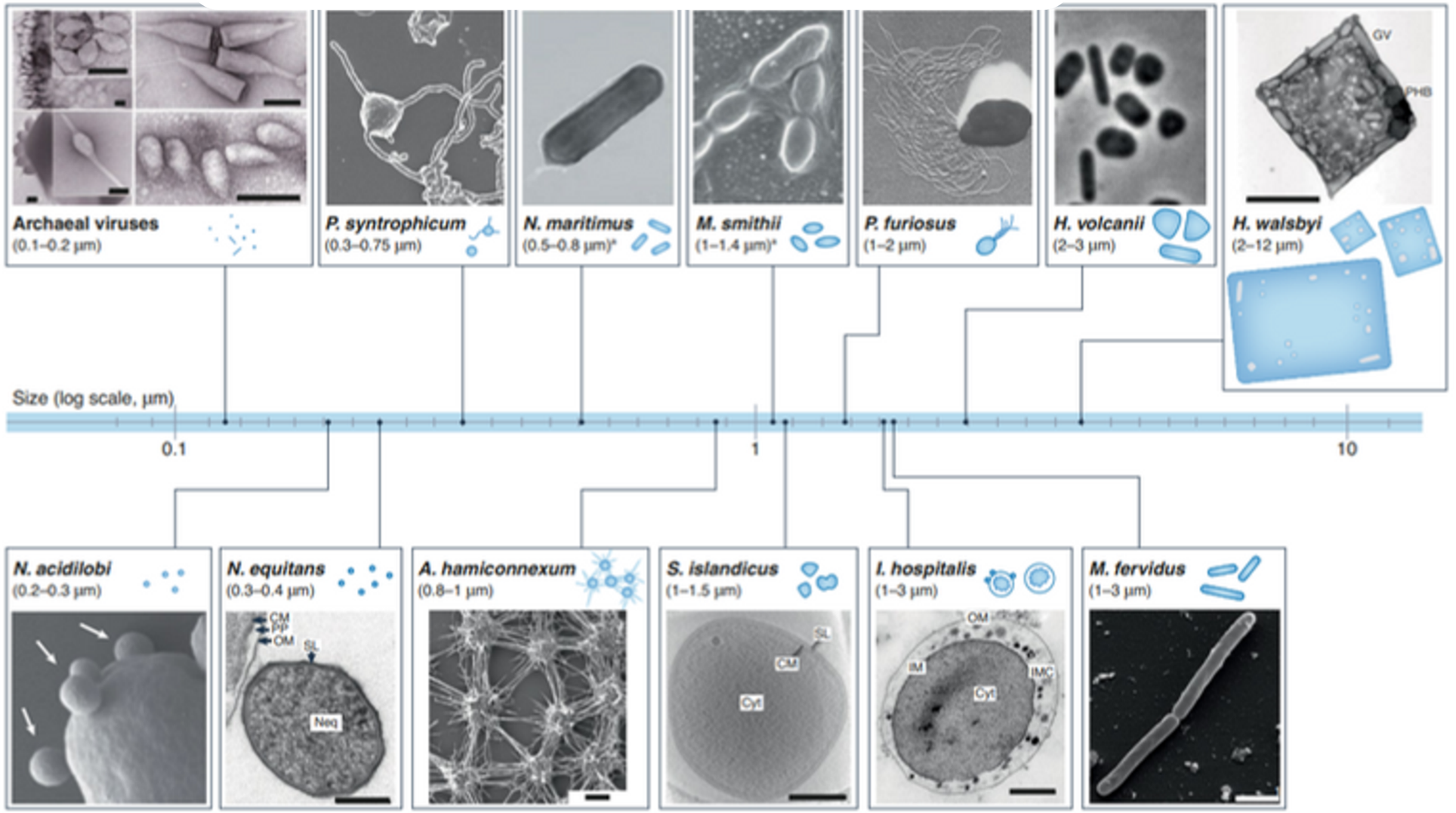
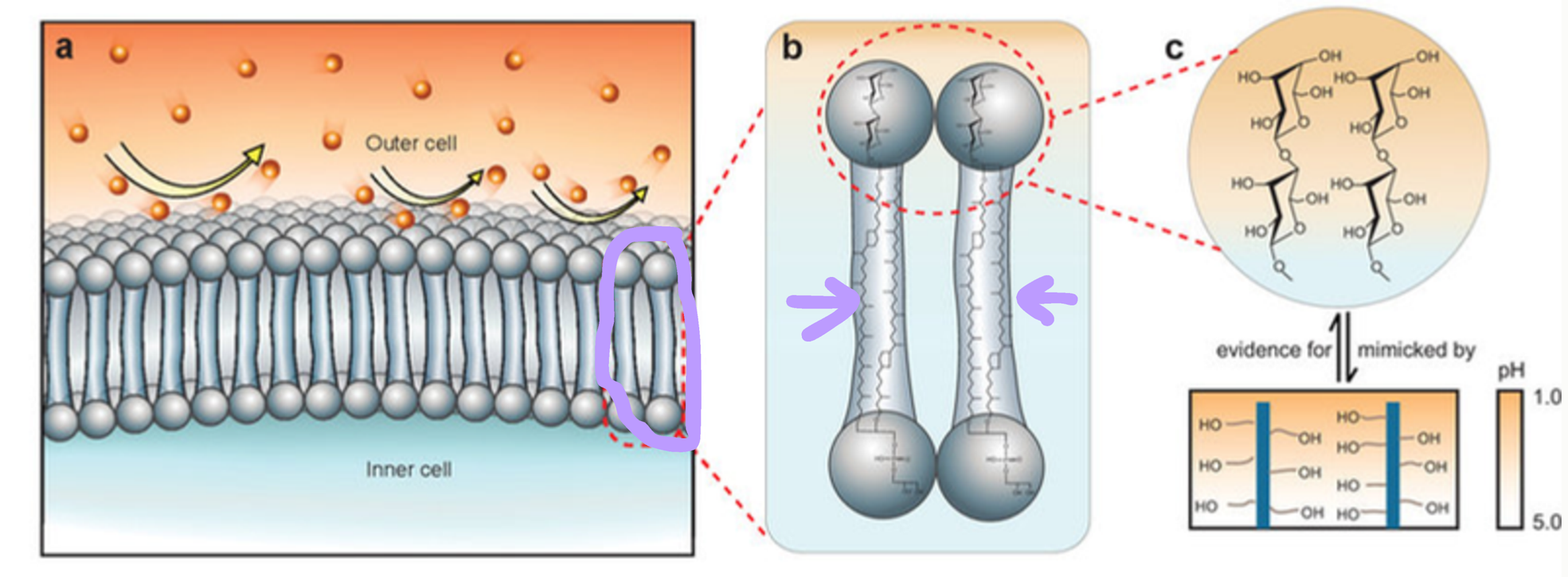
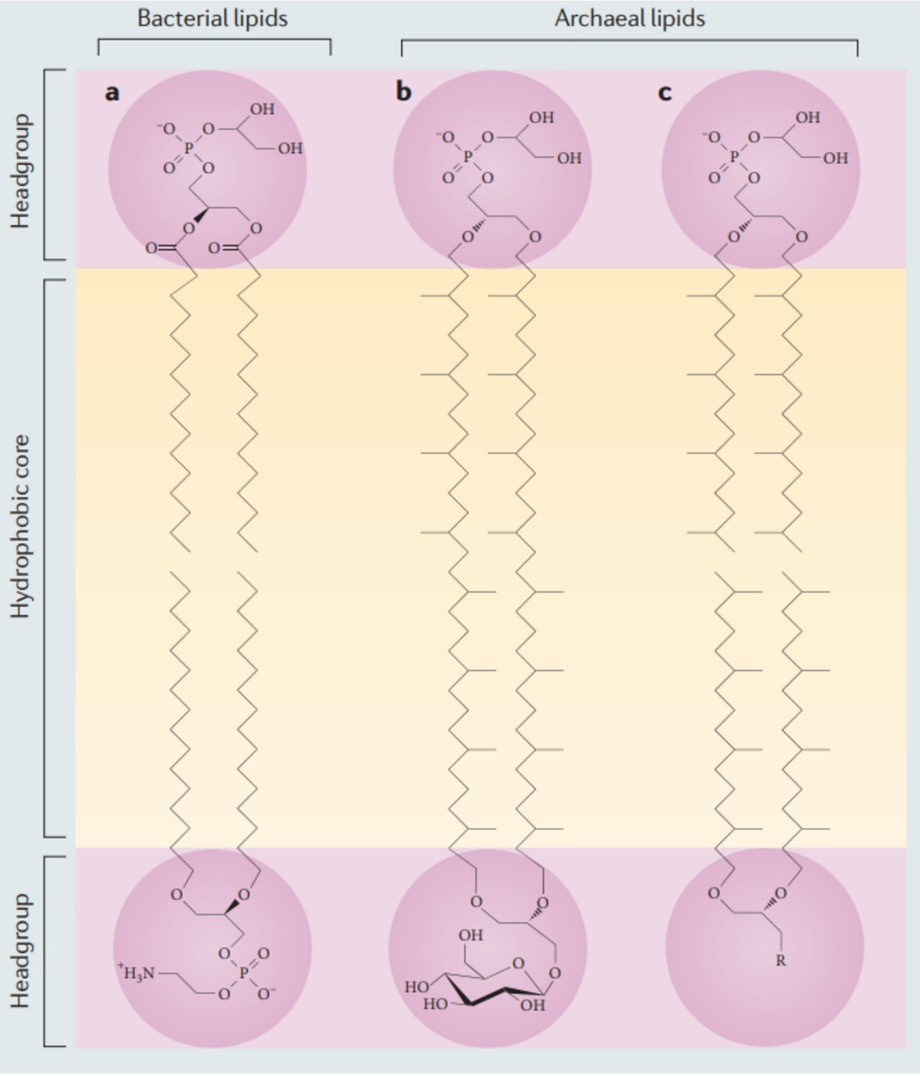


Fig. 1 | The wide spectrum of archaeal cell shapes and sizes schematically visualized to scale. Representative microscopy images from several studies

La membrana celular de algunas tiene una característica única

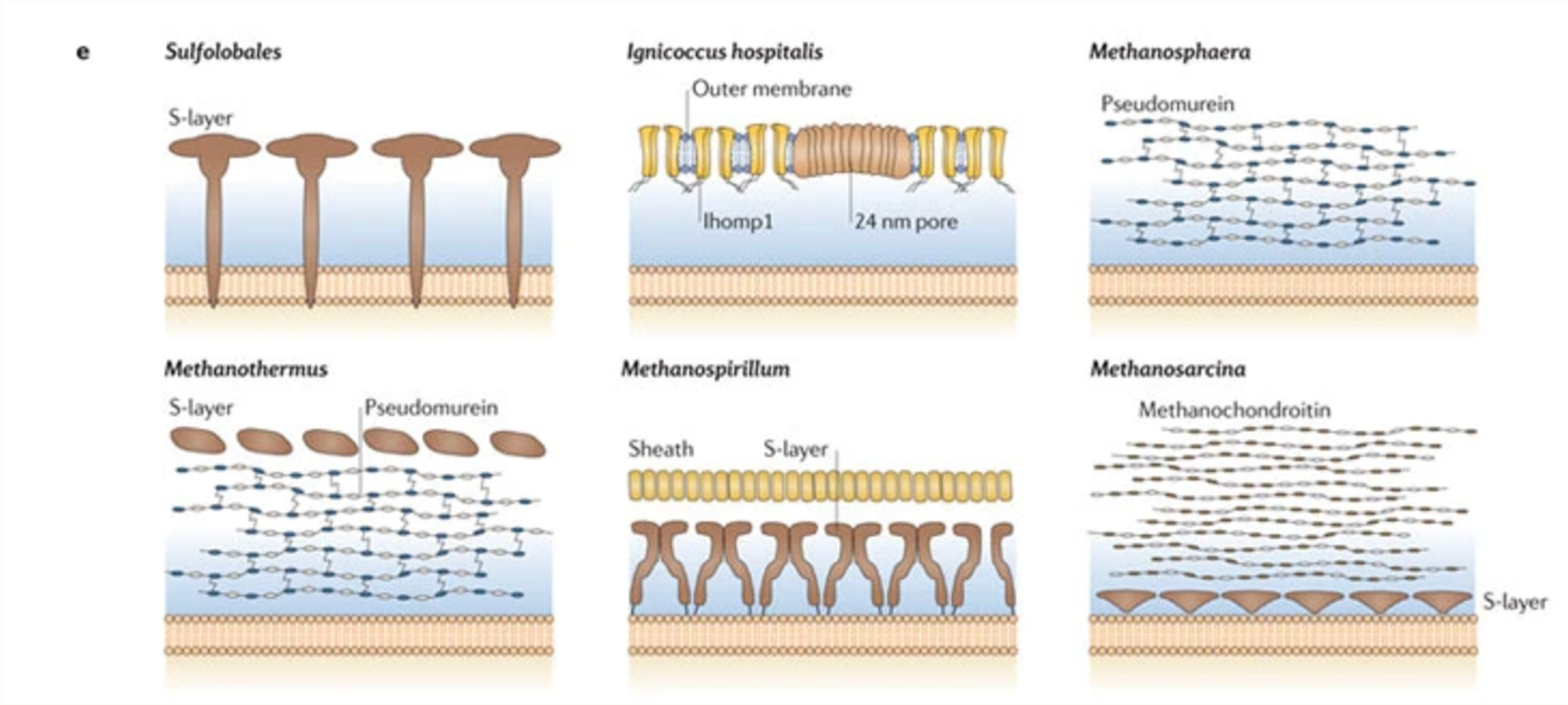




B *Thermoplasma acidophilum: monocapa de* lípidos tetraéter, la parte hidrofóbica es C40C40 caldarchaeol.

C Bicapa de lípidos diéter, Halobacteriales. La parte hidrofóbica son isoprenoides C20C20. La cabeza polar puede ser: glicerol, serina, inosina, etanolamina, myo-inositol or aminopentanetetroles. Glicolipidos con distintos monosac.

Hay diversidad de paredes celulares



Paredes celulares

S

La capa S está formada por 1 (2) proteina o glicoproteina (40-200kDa).
Disposición hexagonal, oblicua o cuadrada
Anclada al citosqueleto

Ps

Algunas contienen Pseudomureina, similar al PG bacteriano, pero con otros monosac.

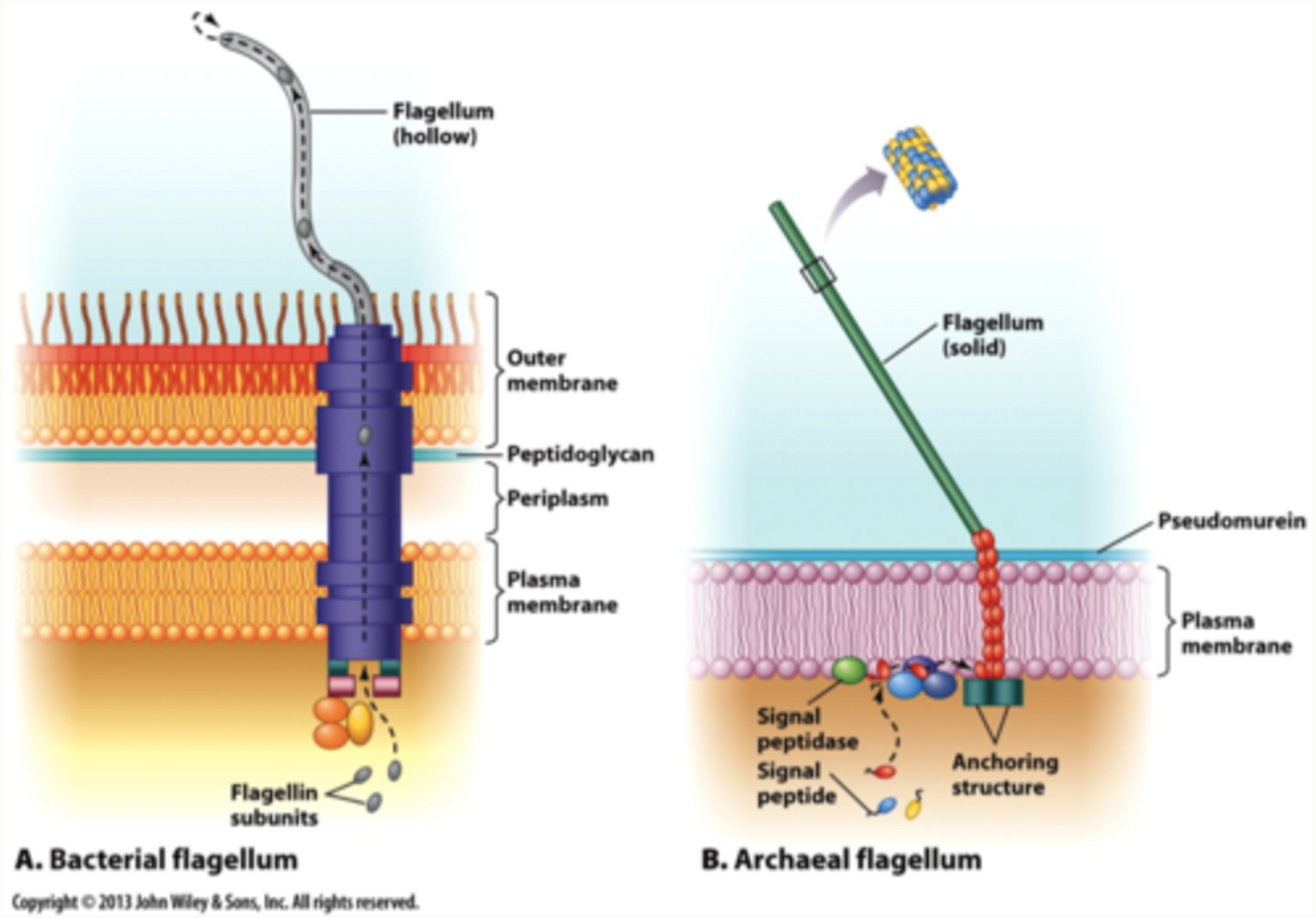
I

En *Ignococcus* spp. hay 2 membranas, pero no capa S.
La membrana ext. contiene una única proteina que forma grandes complejos

M

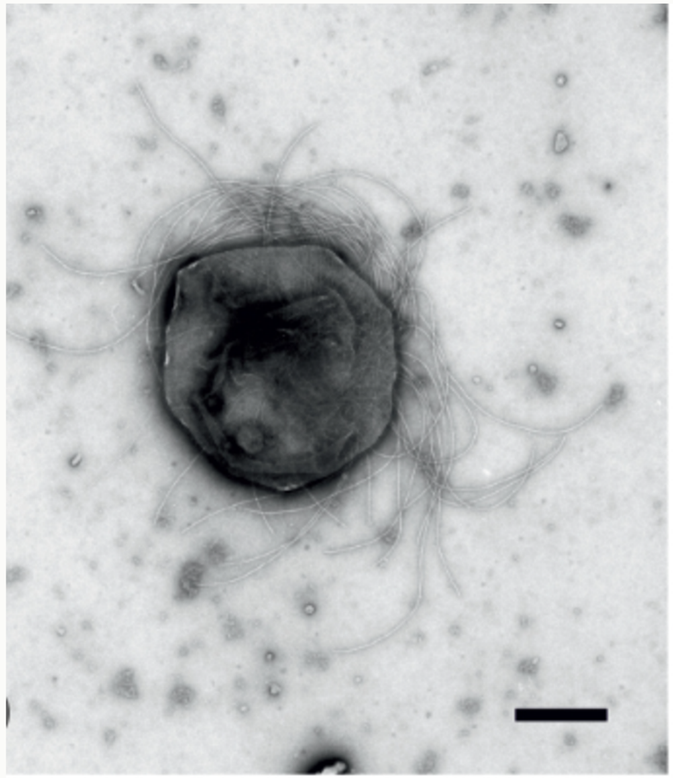
Methanosarcina produce metanocondroitina, similar al condroitin S de los vertebrados

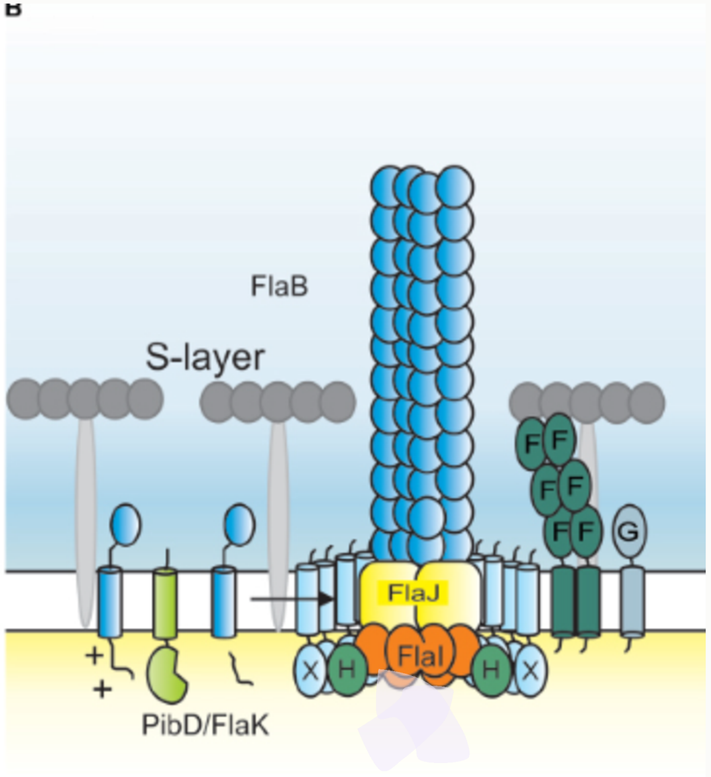
Los flagelos de las Archaea son diferentes



Copyright © 2013 John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.

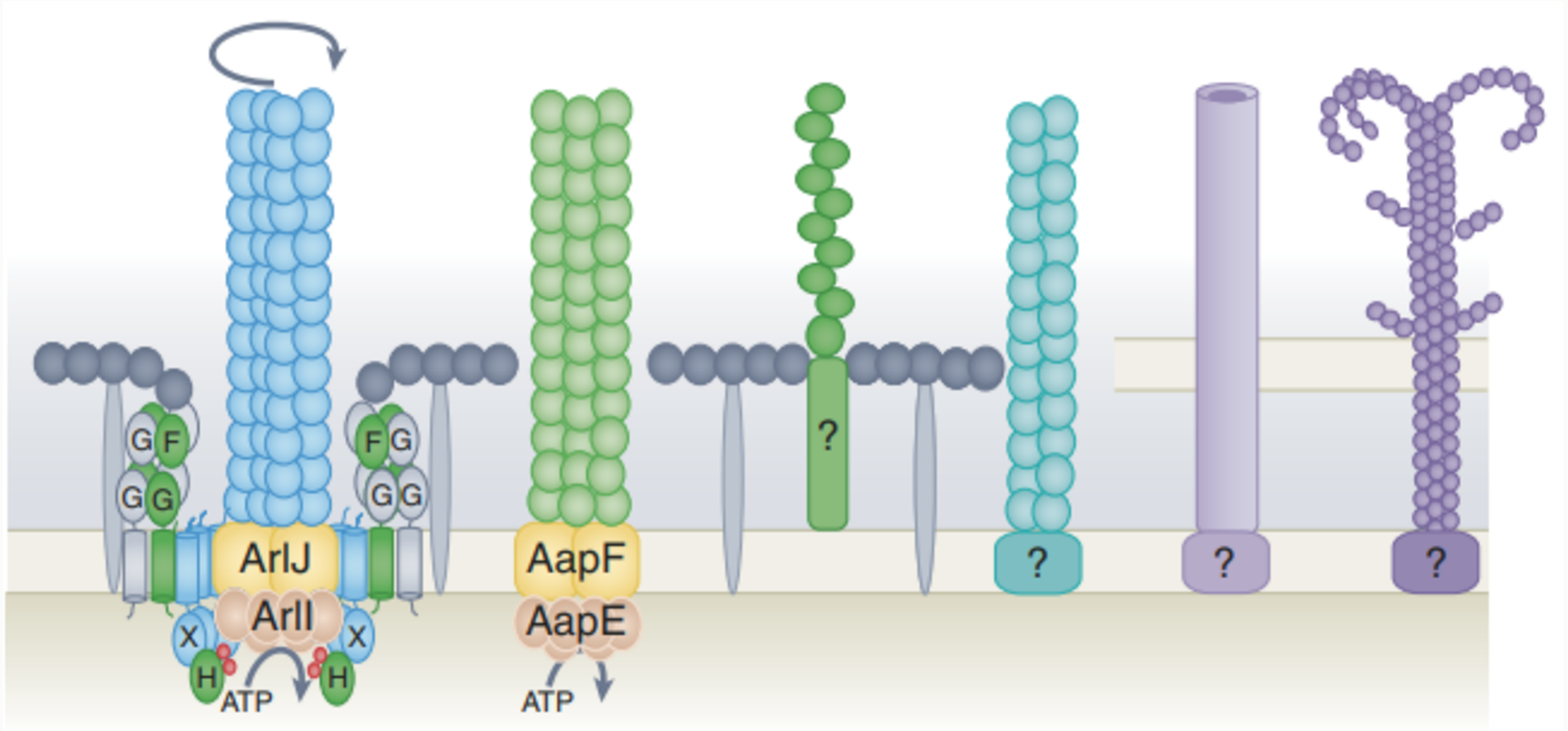
Características de los arquelos





- Las flagelinas se parecen a las pilinas de los pili IV, no a las flagelinas bacterianas
- La rotación depende de ATP no de un grad H+ (FlaI es una APTasa)
- Más delgados y sólidos

Otras estructuras superficiales

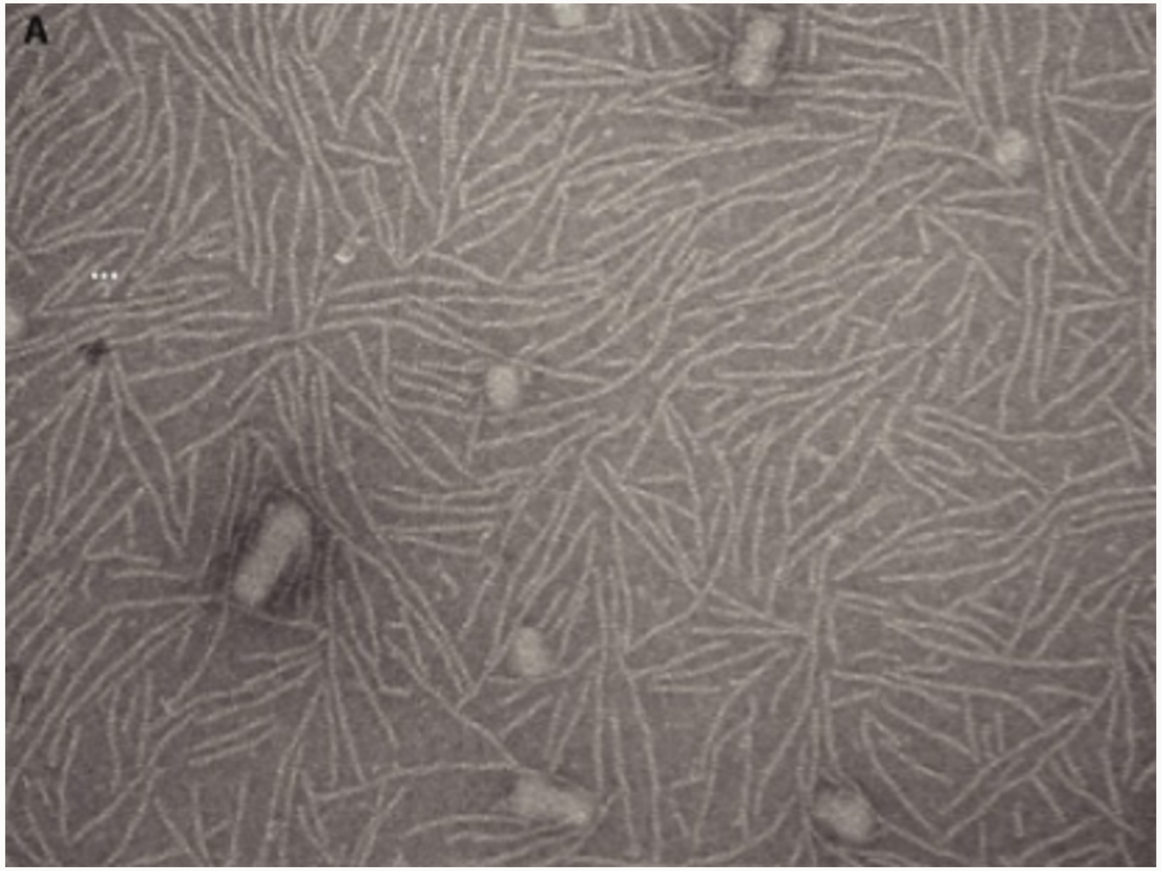


Adhesión

Conectan
Pyrodictium

Anclan a superficies
Altiarcheum

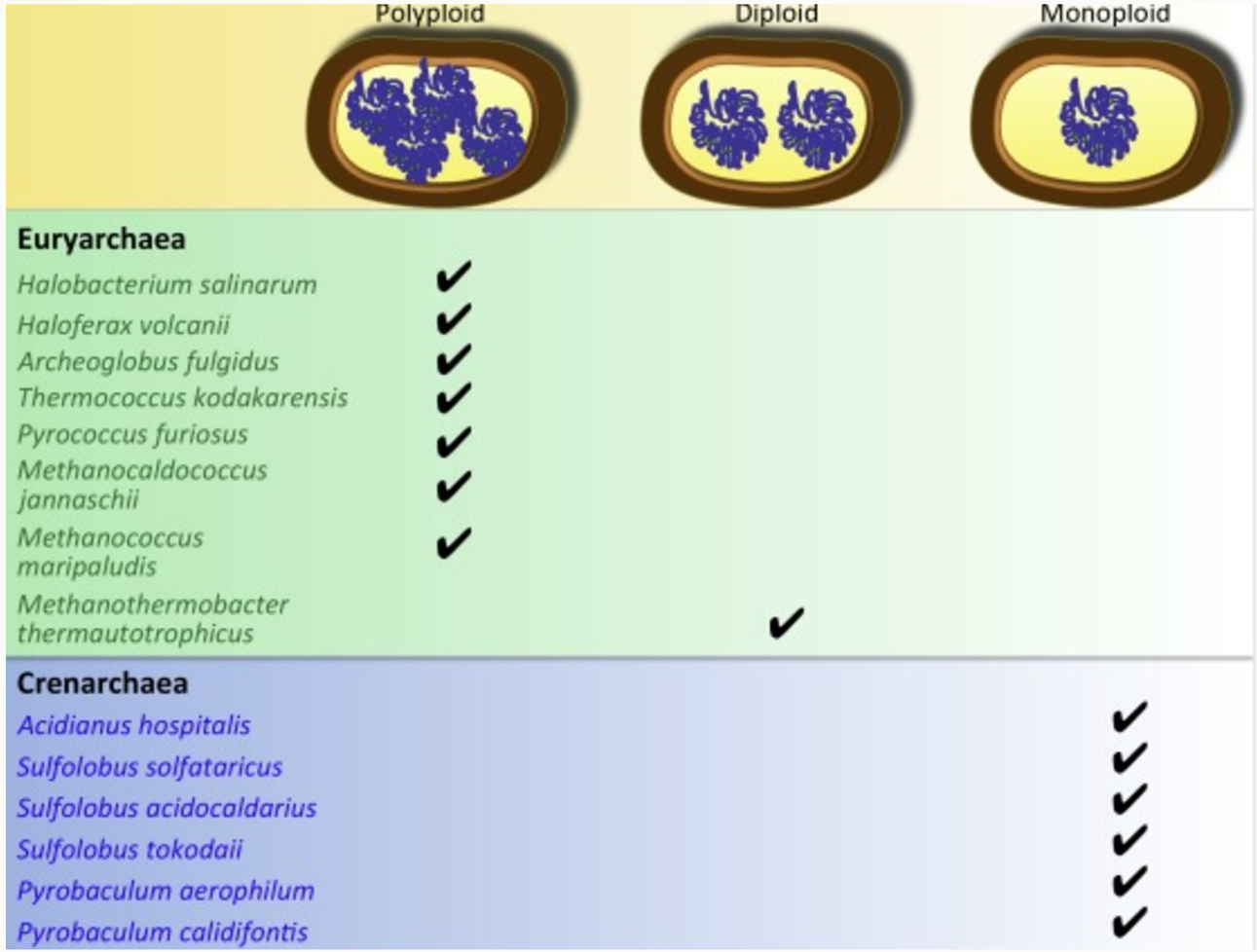
Algunas arqueas (*Pyrobaculum*) tienen crenactina



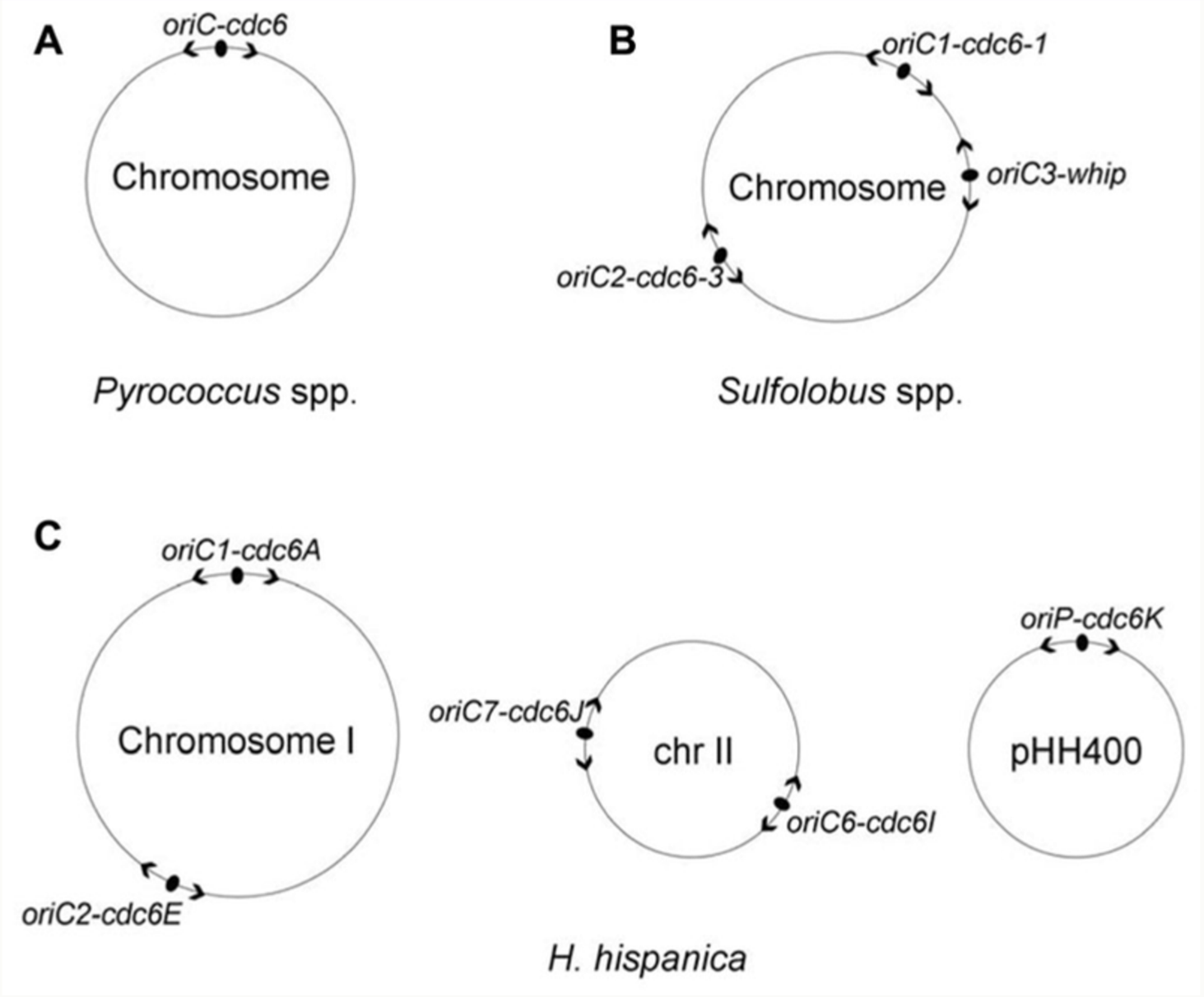
La creactina forma filamentos de doble hebra semejantes a los de la actina

Los monómeros son muy similares

Muchas especies tienen varias copias de su genoma



Puede haber más de un origen de replicación



1

3

5

EUCARIOTAS

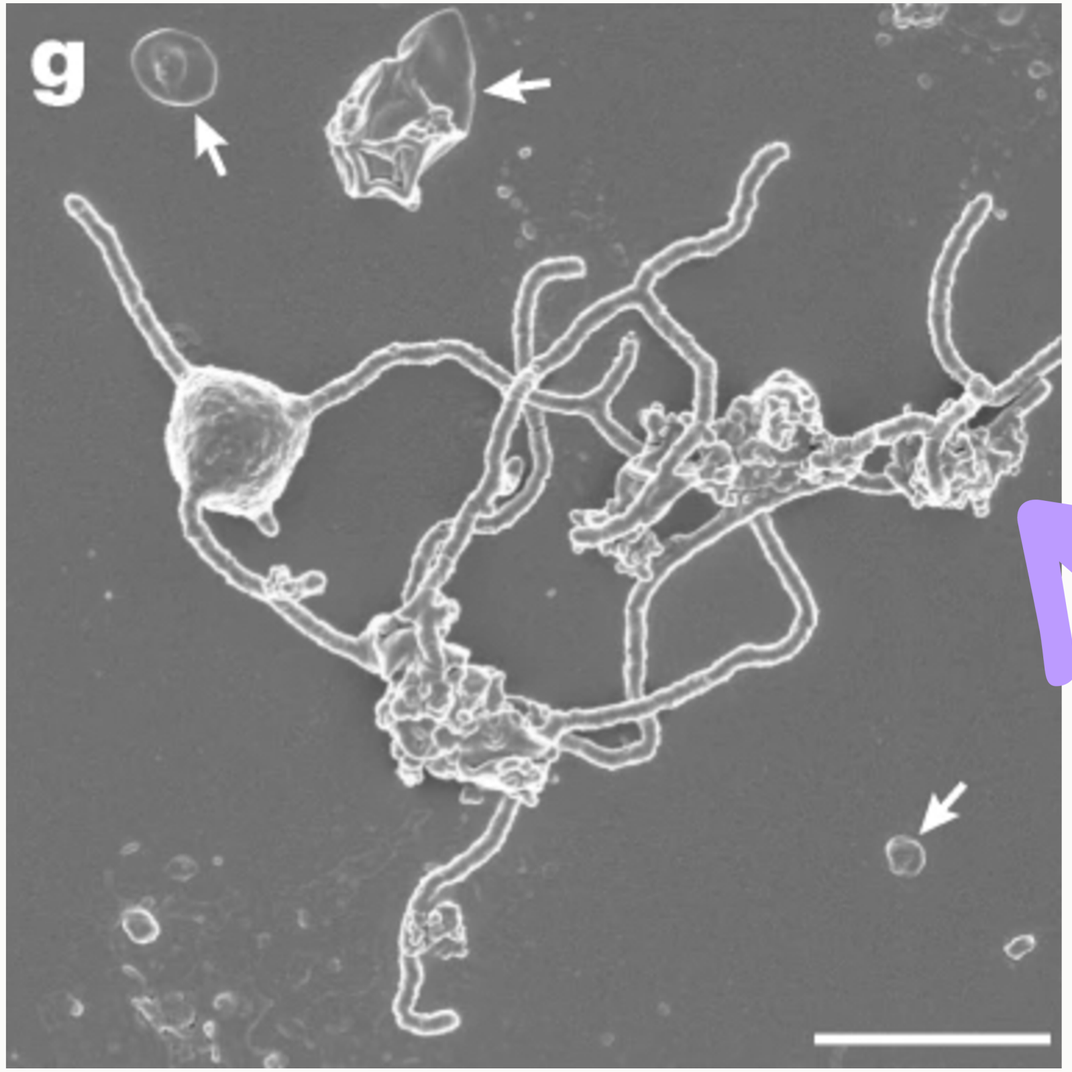
1. Origen
2. Tipos de células
3. Membrana y pared celular
4. Orgánulos
5. Citosqueleto y apéndices
6. Genética



NUESTRO ORIGEN

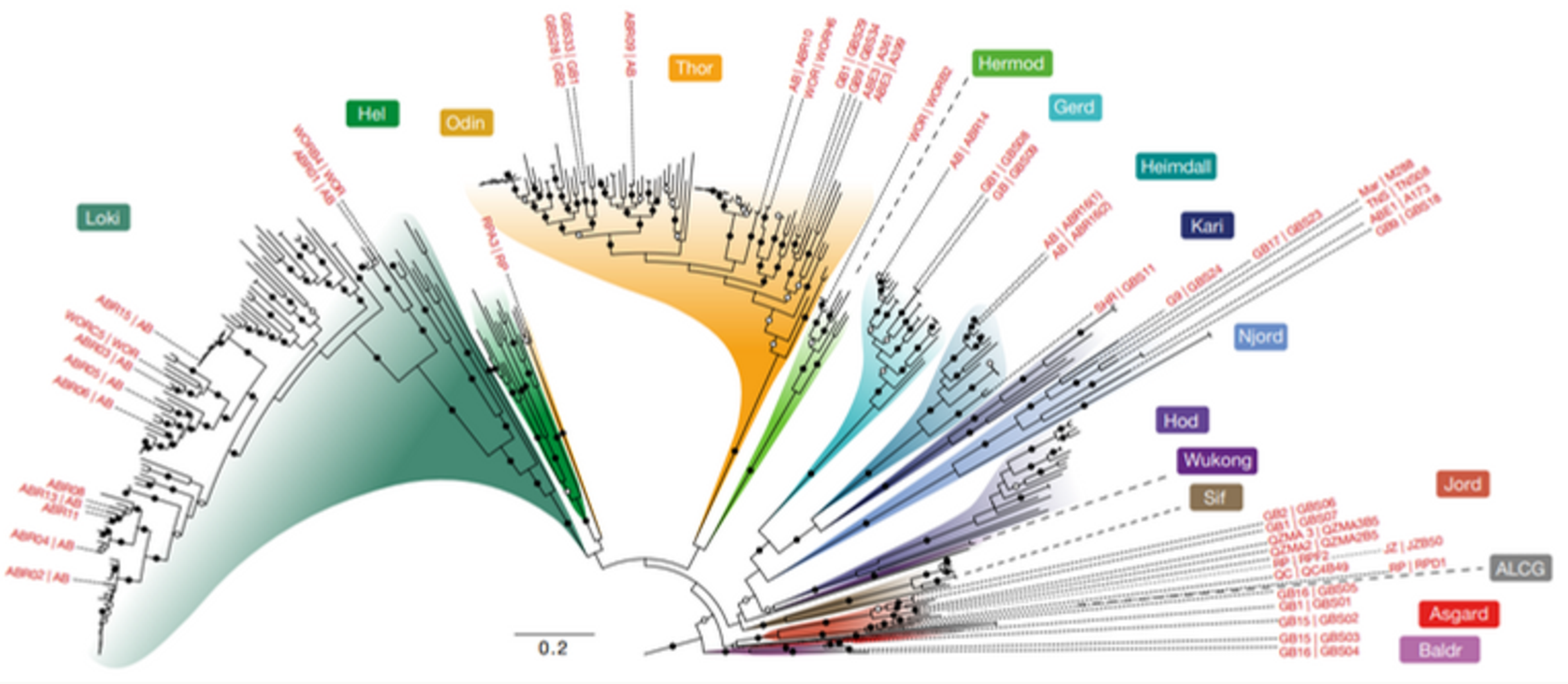
ES ASGARD

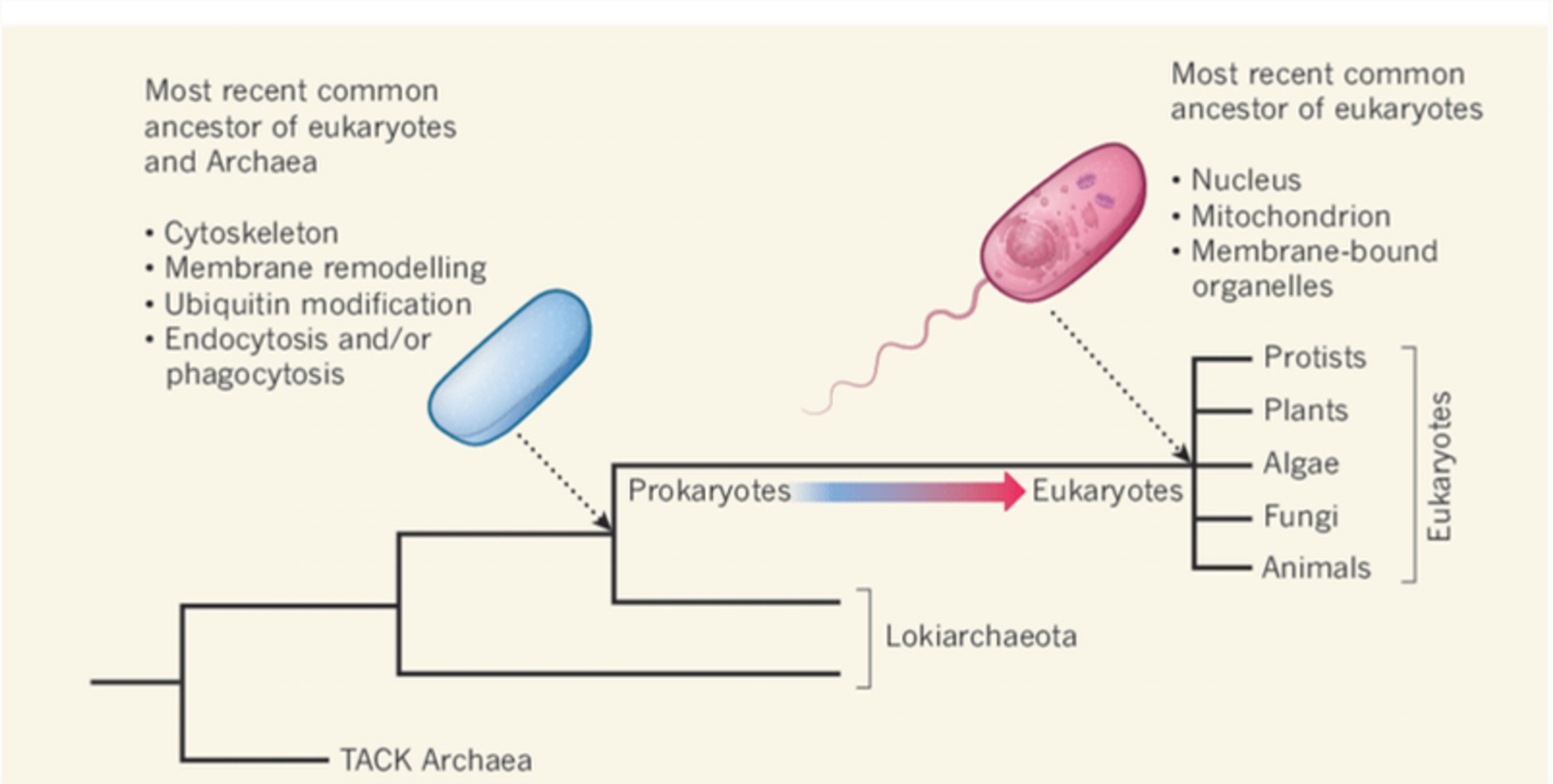
Este Asgard (superphylum)



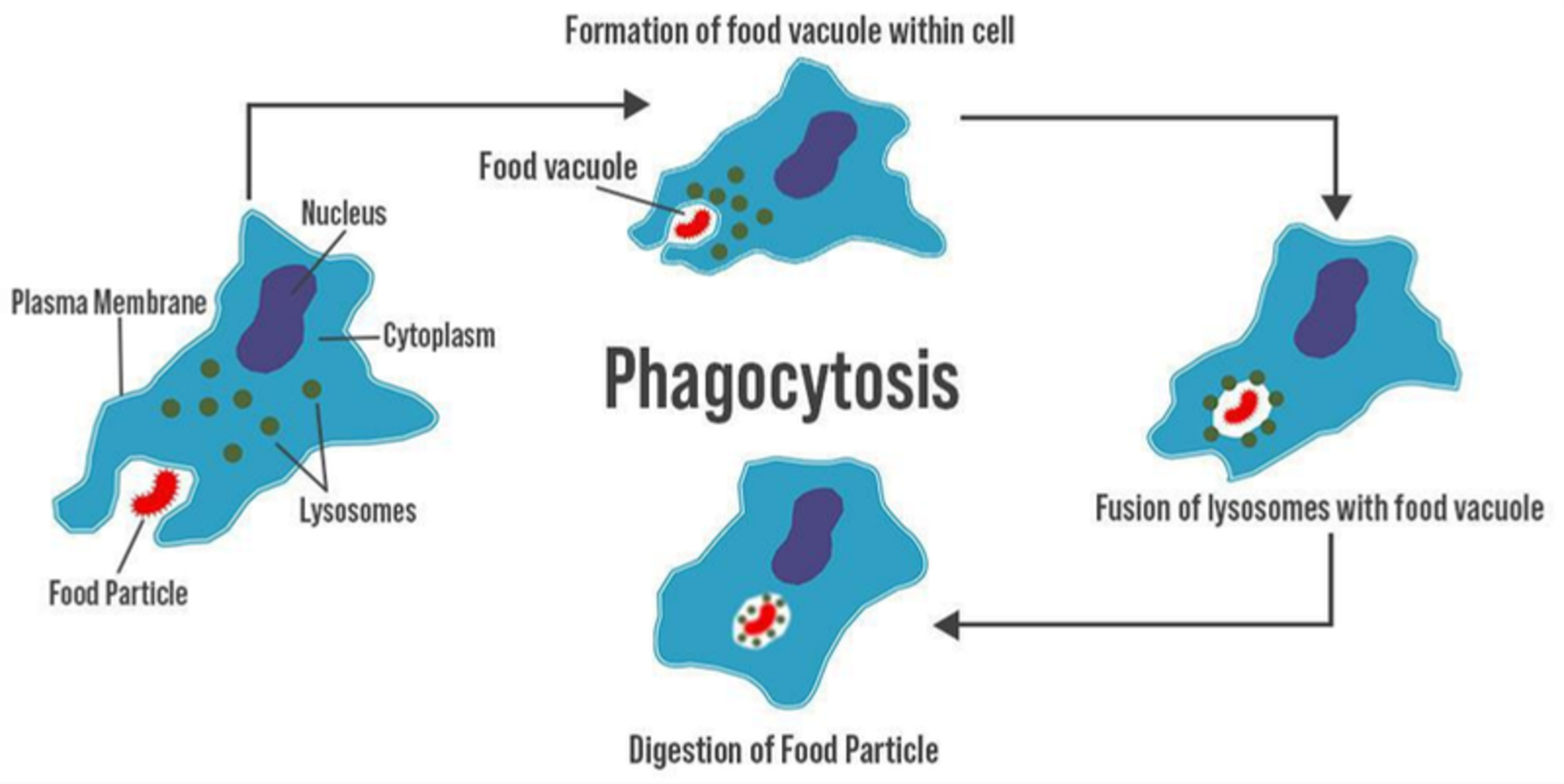
Lokiarcheota

El grupo incluye a toda la mitología nórdica (!!!)

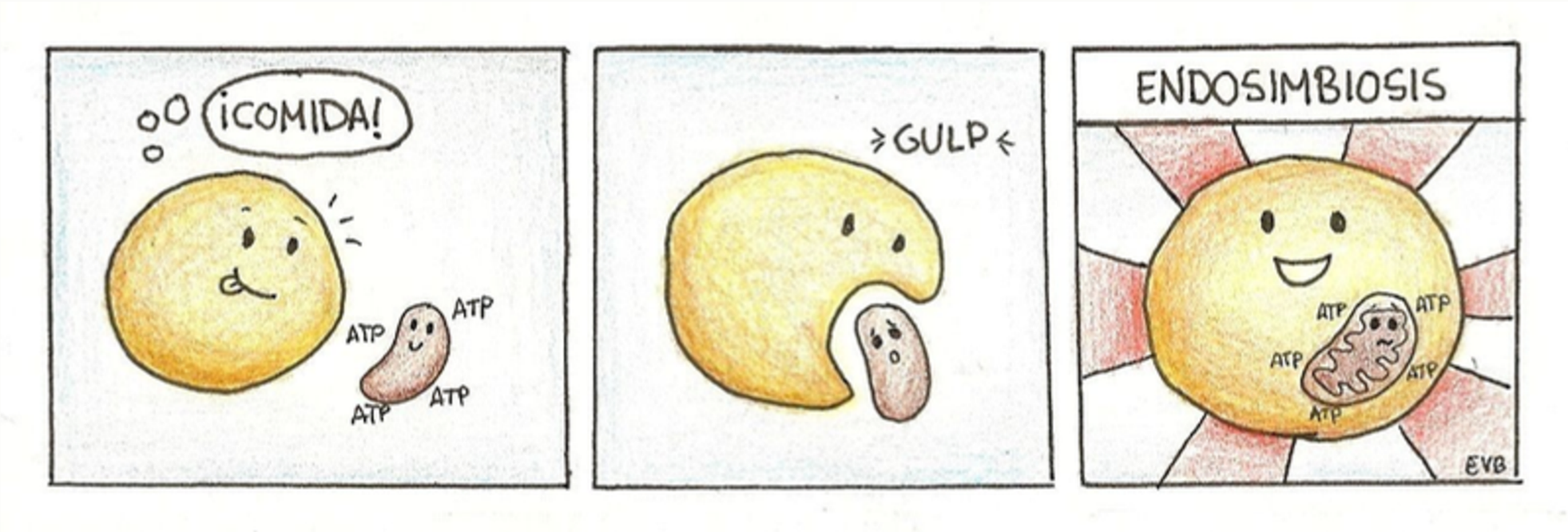



Most recent common ancestor of eukaryotes and Archaea
• Cytoskeleton
• Membrane remodelling
• Ubiquitin modification
• Endocytosis and/or phagocytosis
Most recent common ancestor of eukaryotes
• Nucleus
• Mitochondrion
• Membrane-bound organelles
Prokaryotes
Eukaryotes
Protists
Plants
Algae
Fungi
Animals
Eukaryotes
Lokiarchaeota
TACK Archaea

La fagocitosis es un mecanismo de alimentación



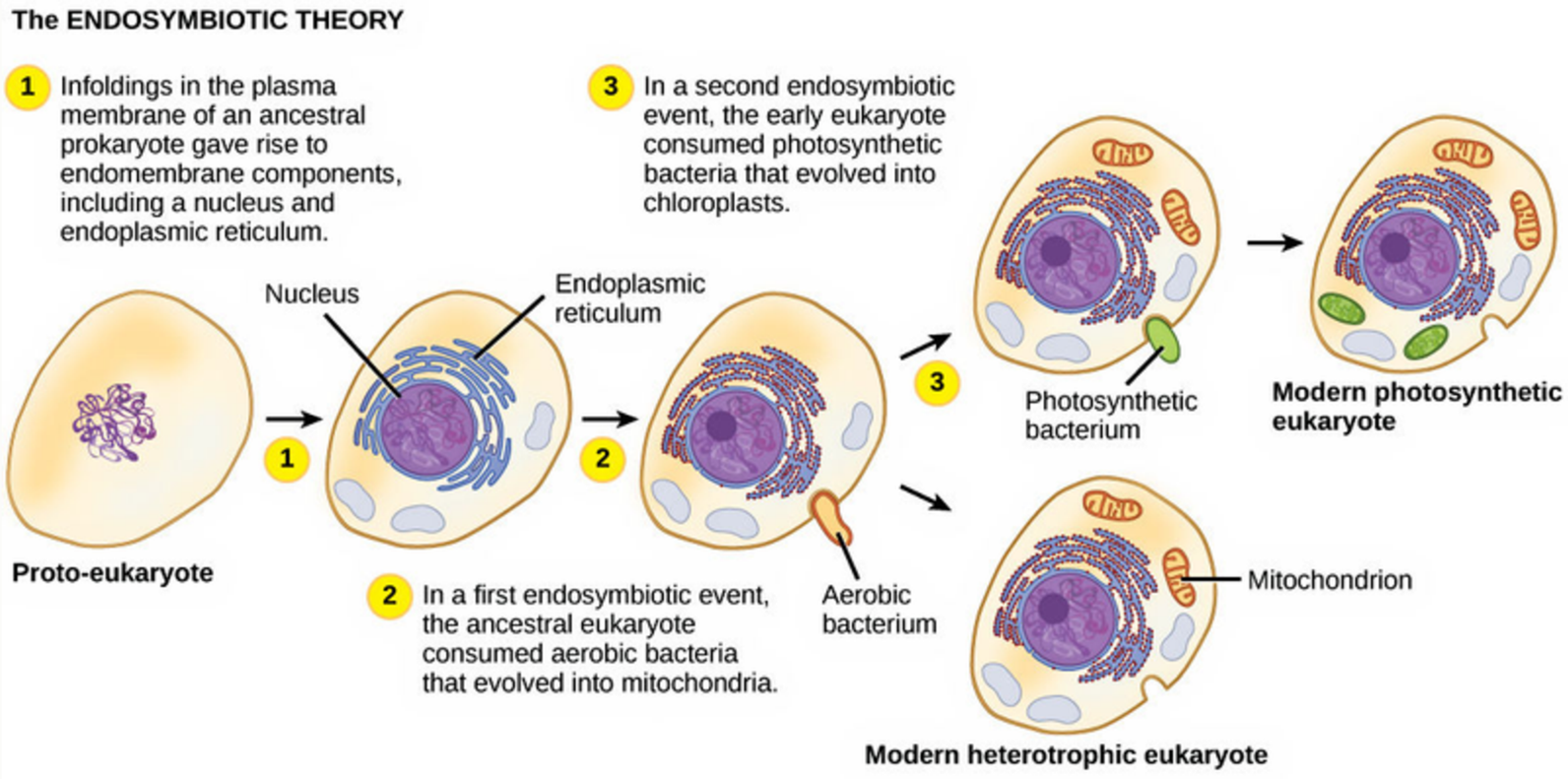
Endosimbiontes: viven en tu interior



Teoría endosimbiótica



Lynn Margulis



Teoría endosimbiótica

Aumento O2

Cianobacterias

2800 ma

Atmósfera oxidante*

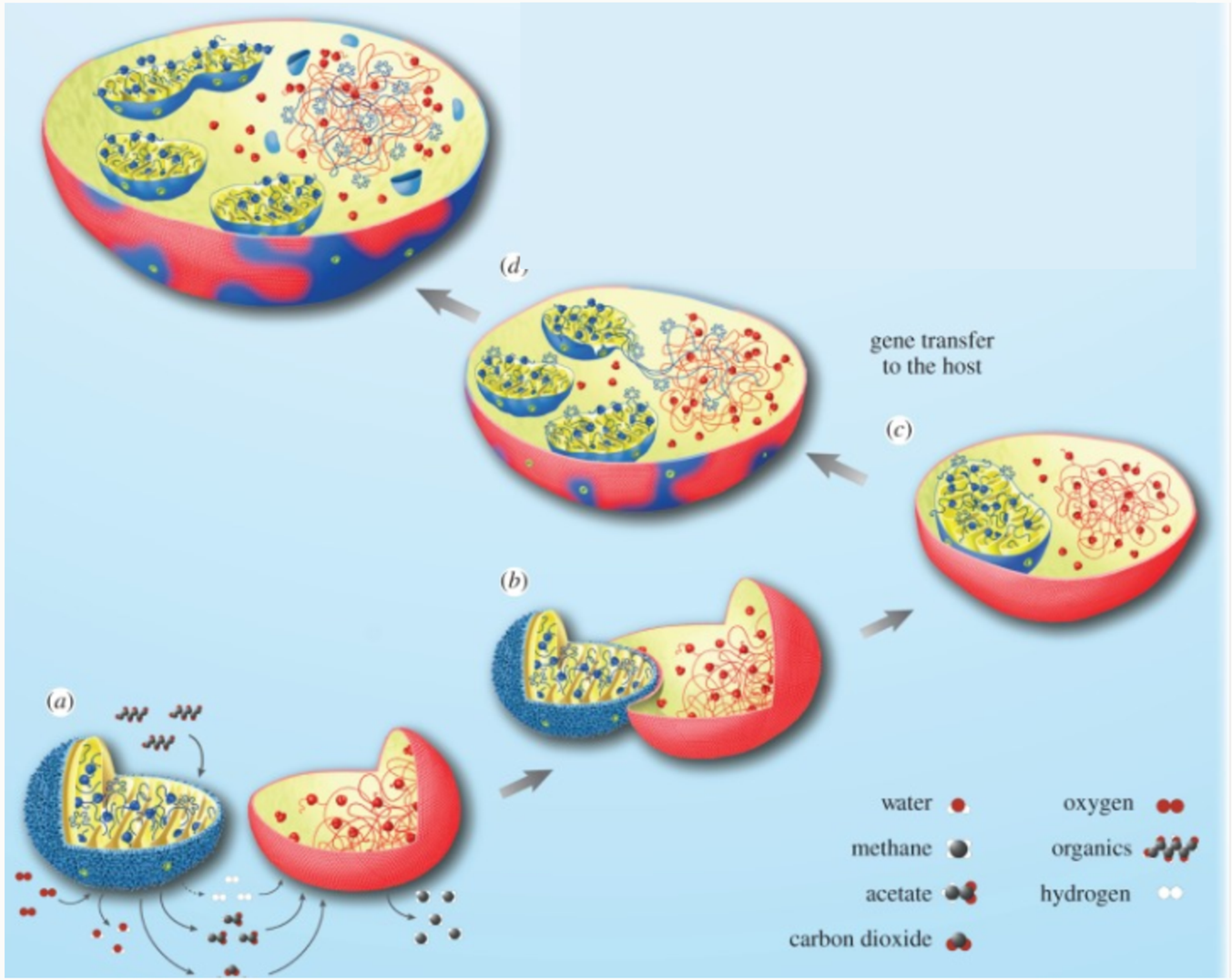
Aerobios



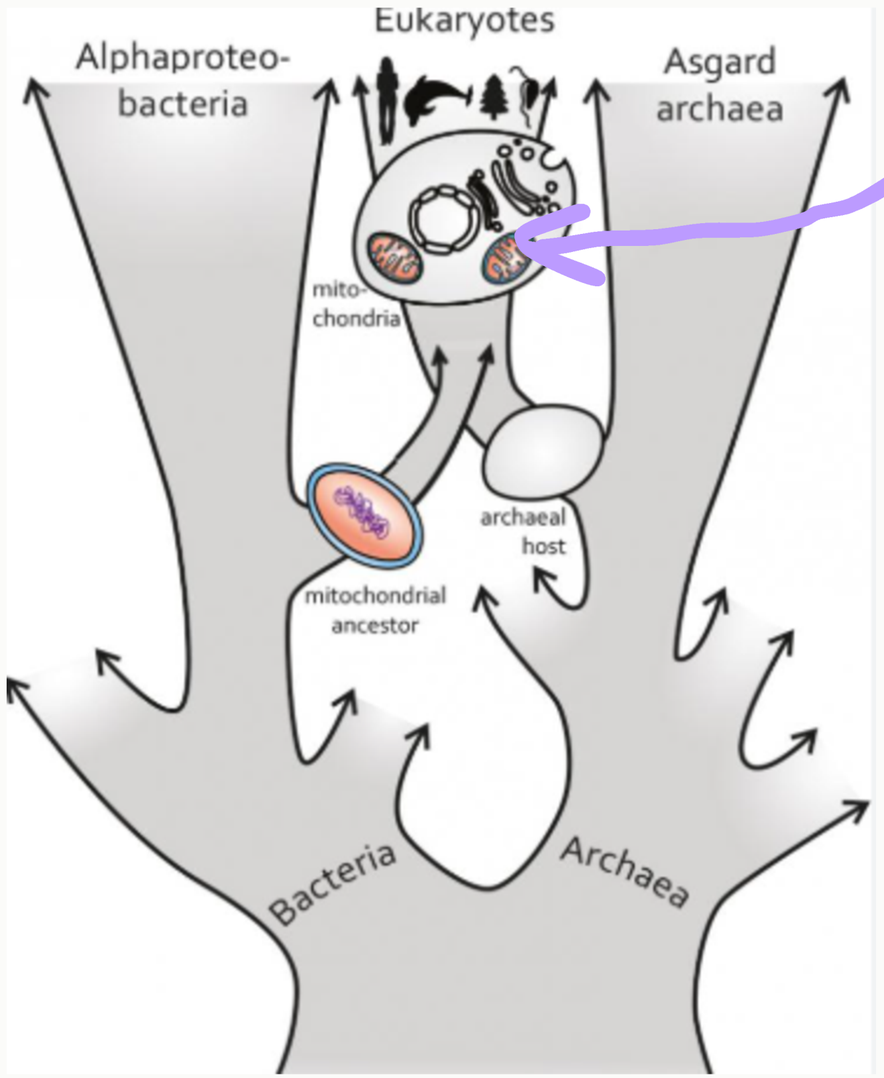
Anaerobios



La bacteria fagocitada permanece en la célula como un endosimbionte



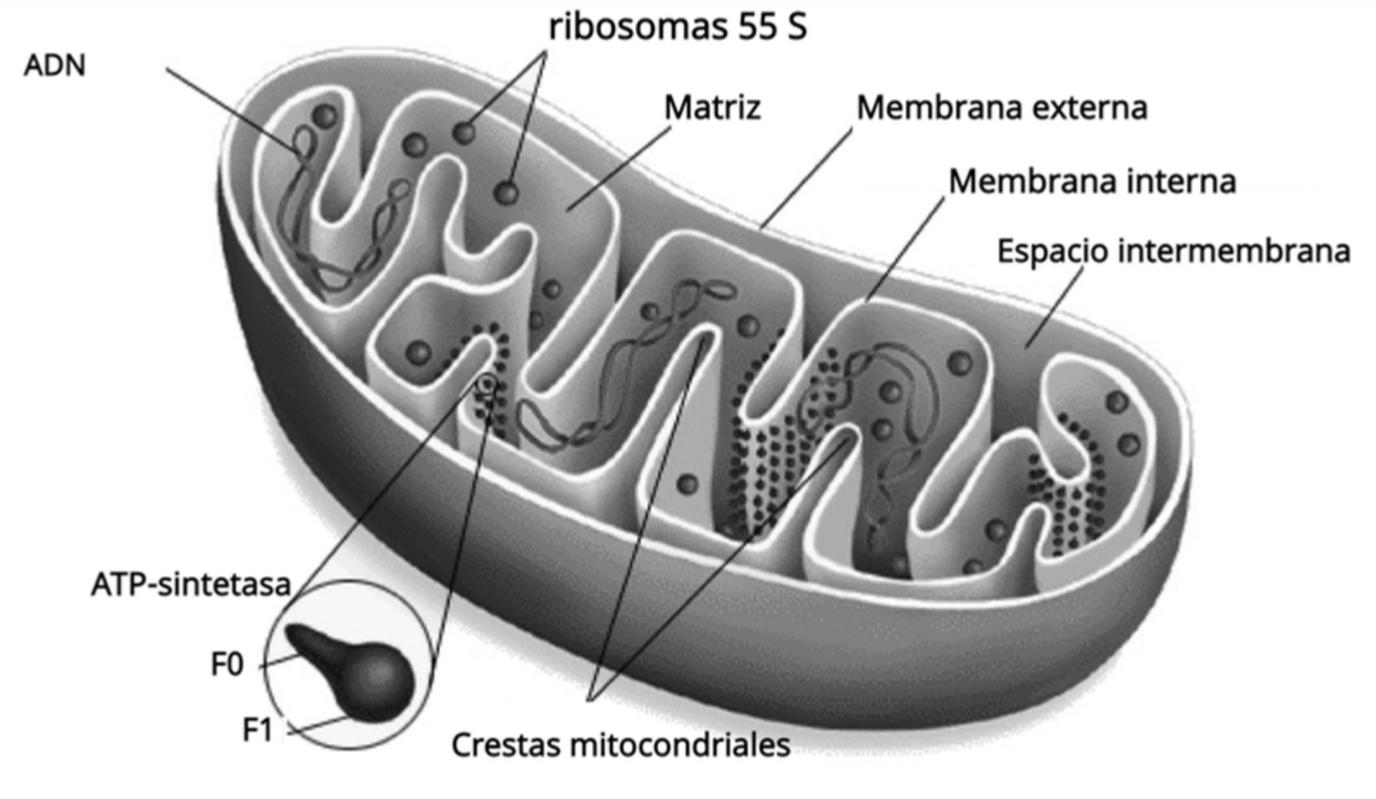
De endosimbionte a mitocondria

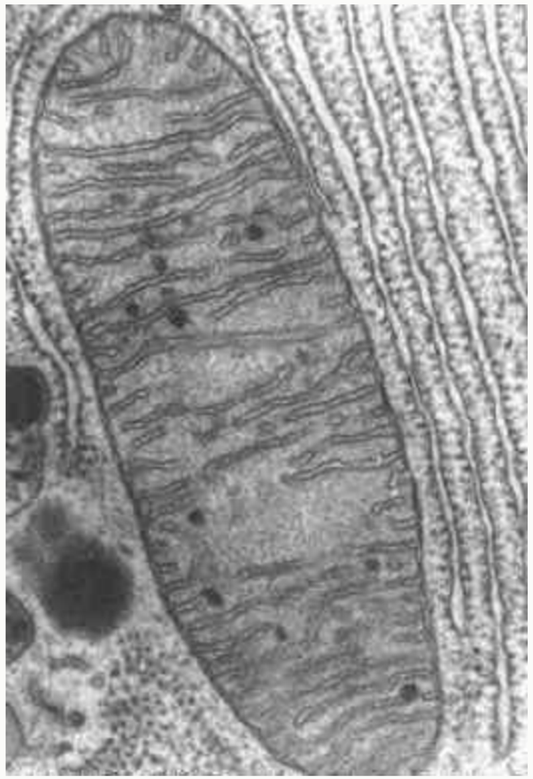


LECA

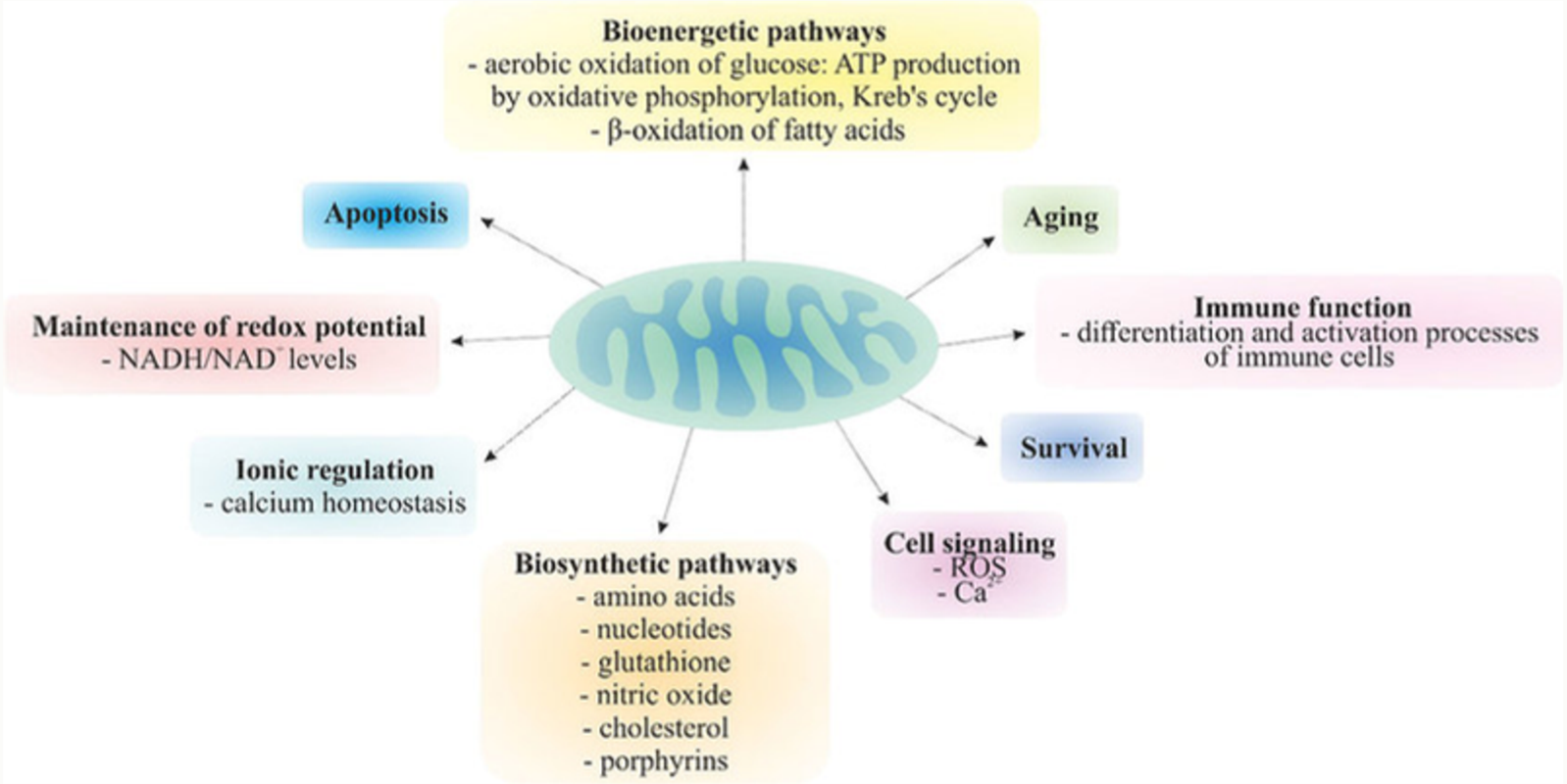
- Similitudes genéticas entre mitocondrias y los parásitos intracelulares Rickettsiae
- DNA circular
- Ribosomas 55S
- Código genético especial
- ATPasa en la MMI
- Traspaso de genes al genoma nuclear

MITOCONDRIAS

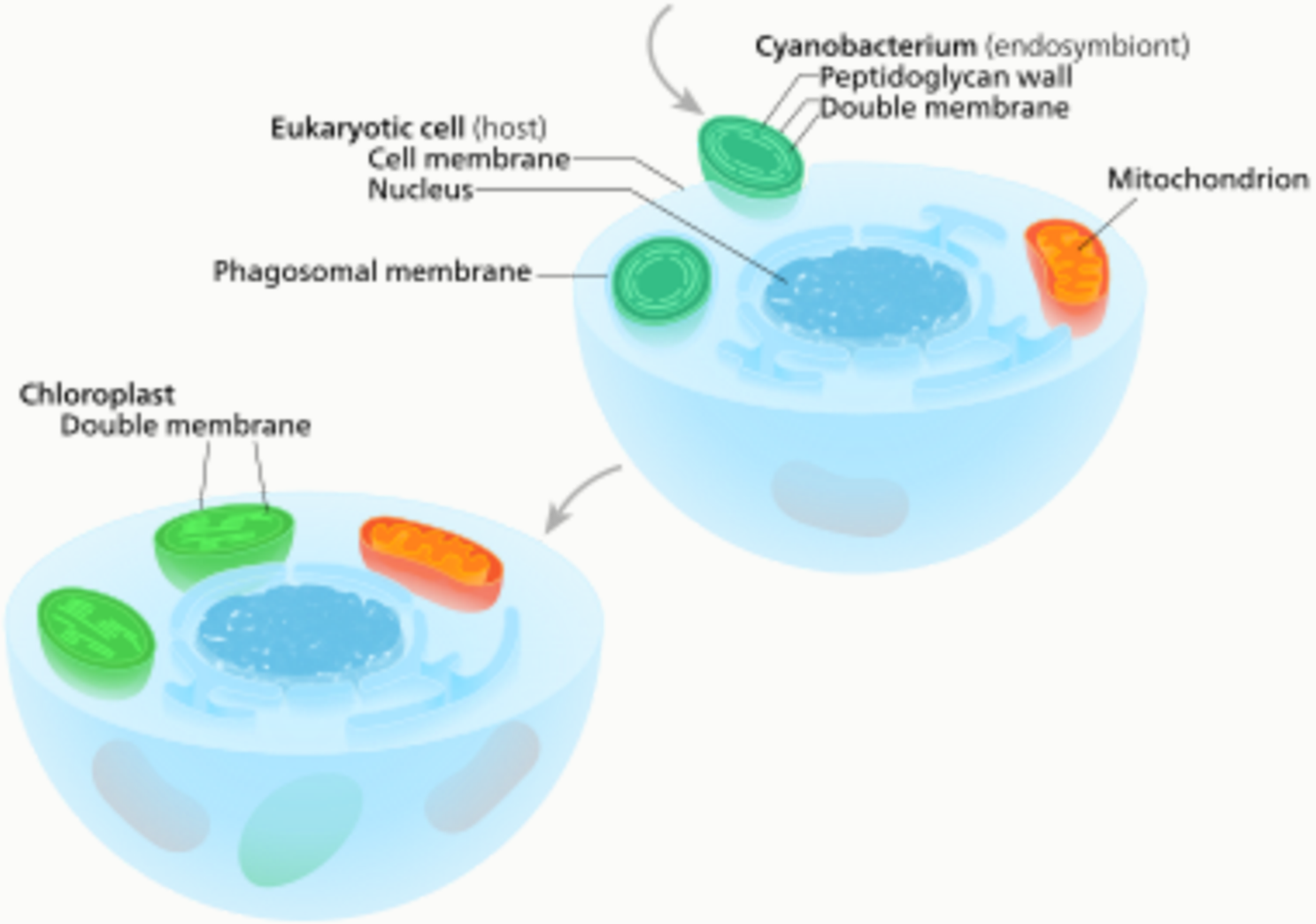




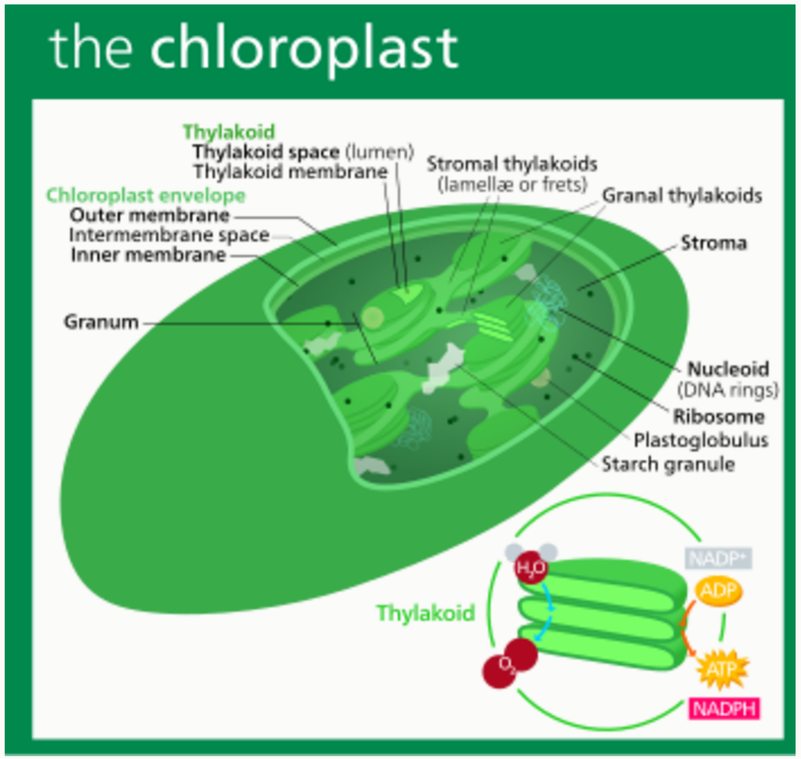
Funciones de la mitocondria

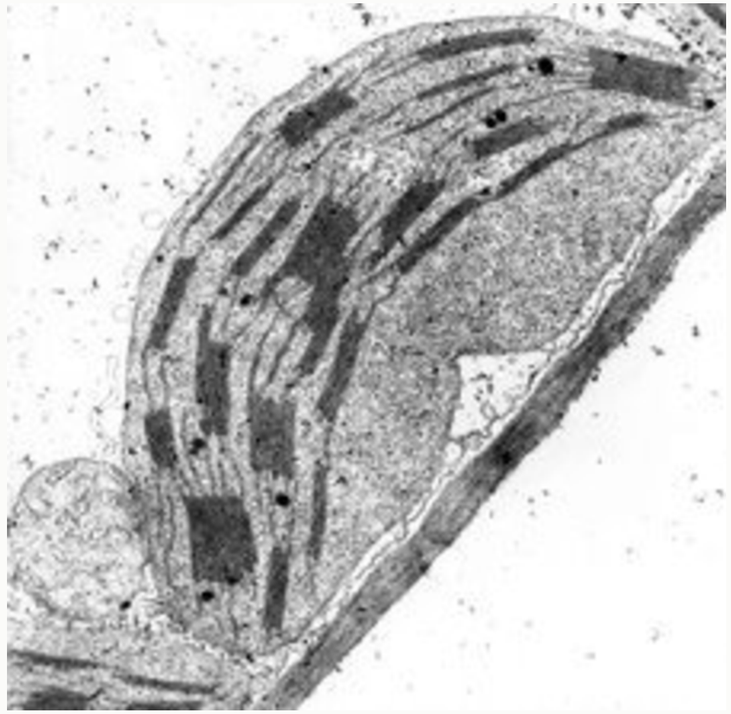


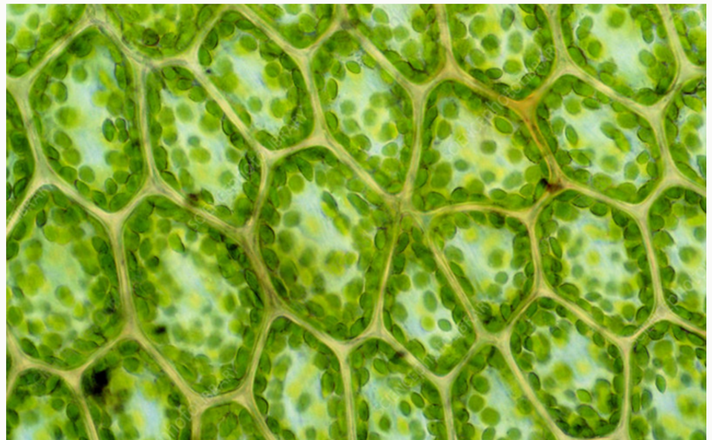
Los cloroplastos provienen de una cianobacteria



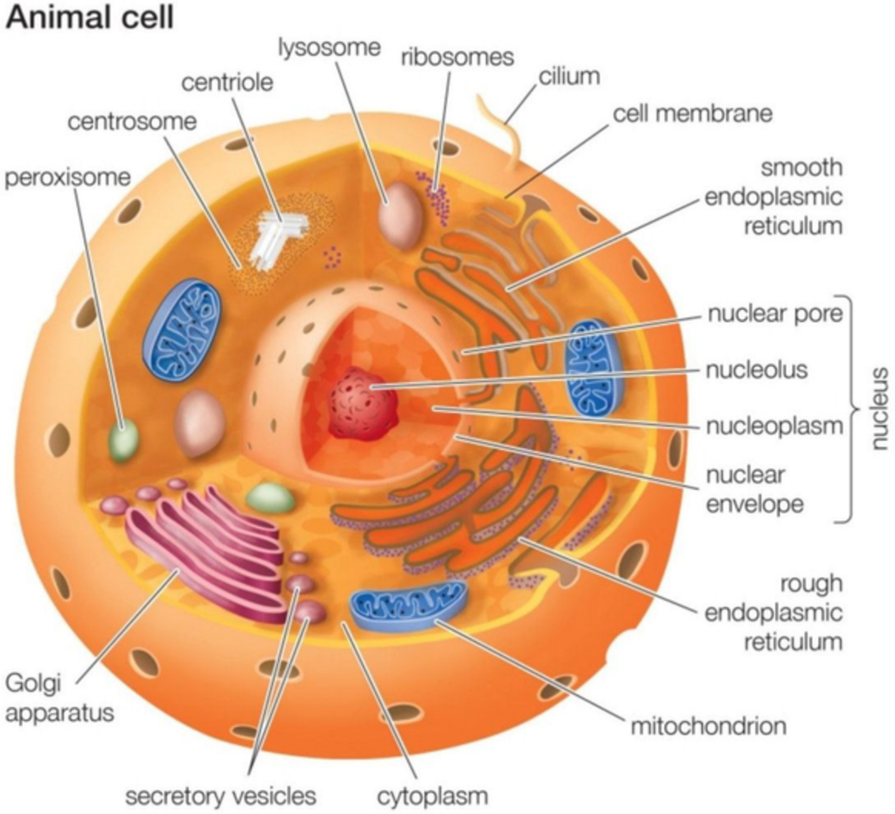
CLOROPLASTOS

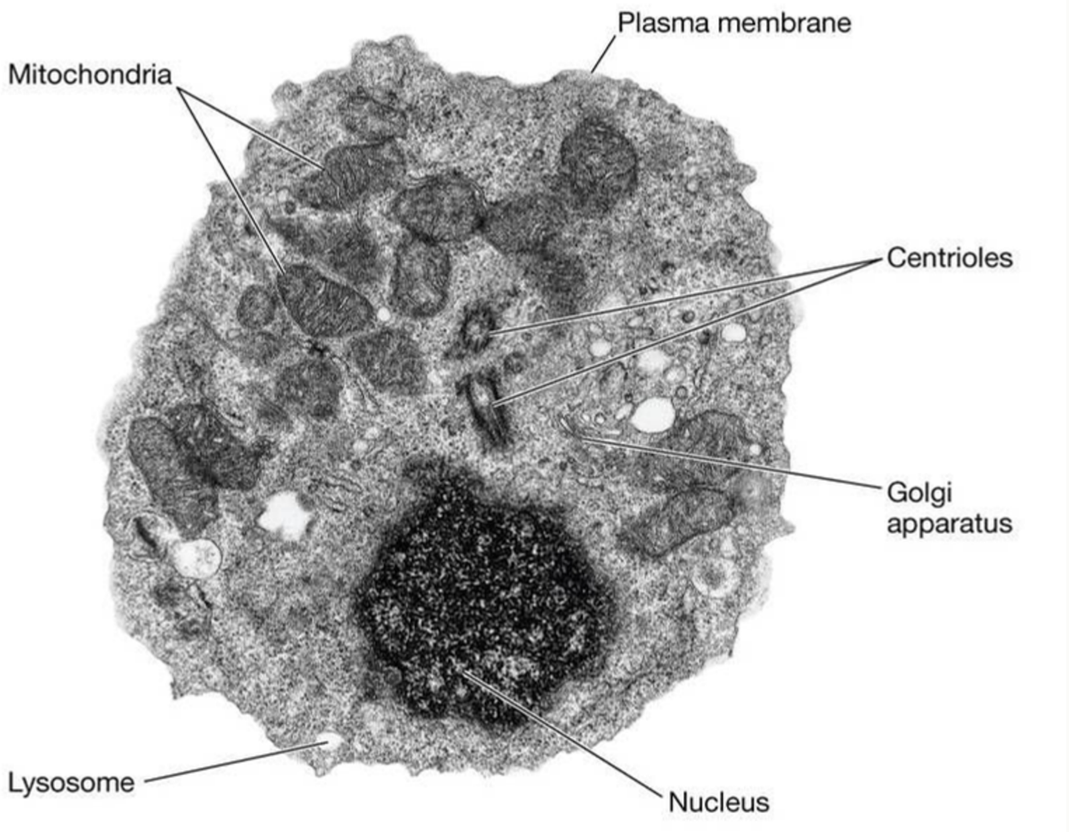




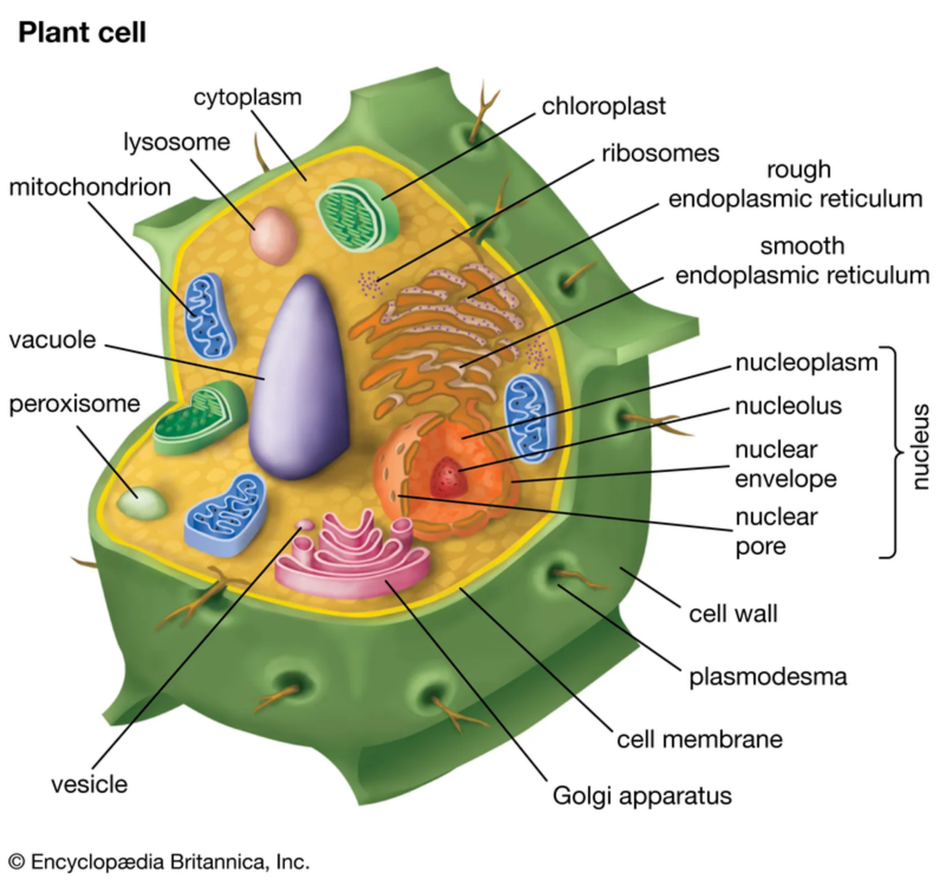


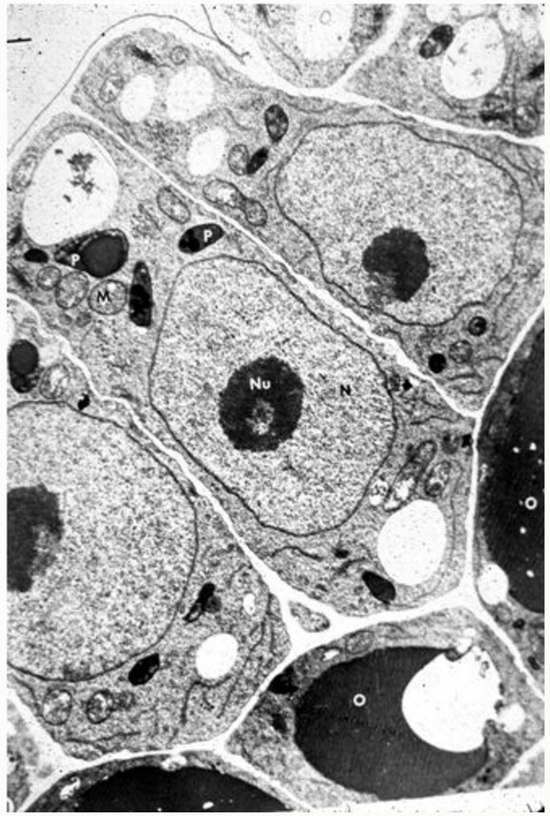
CÉLULAS ANIMALES



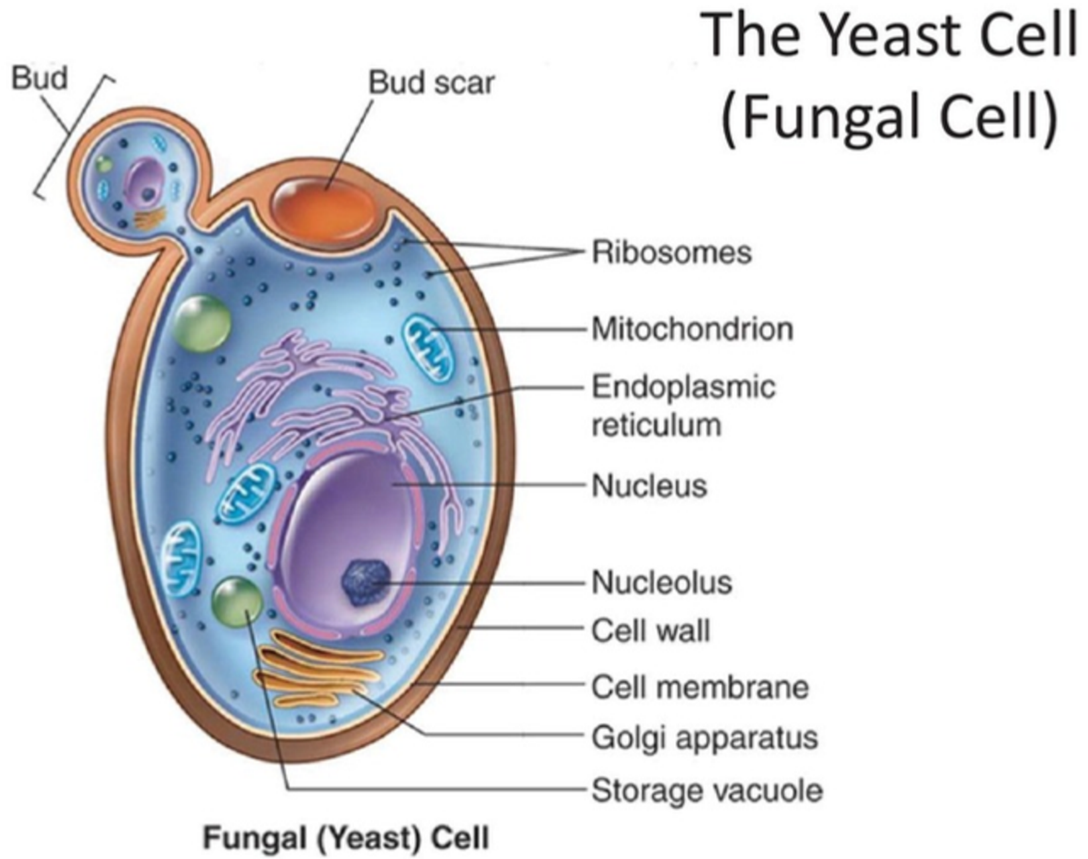


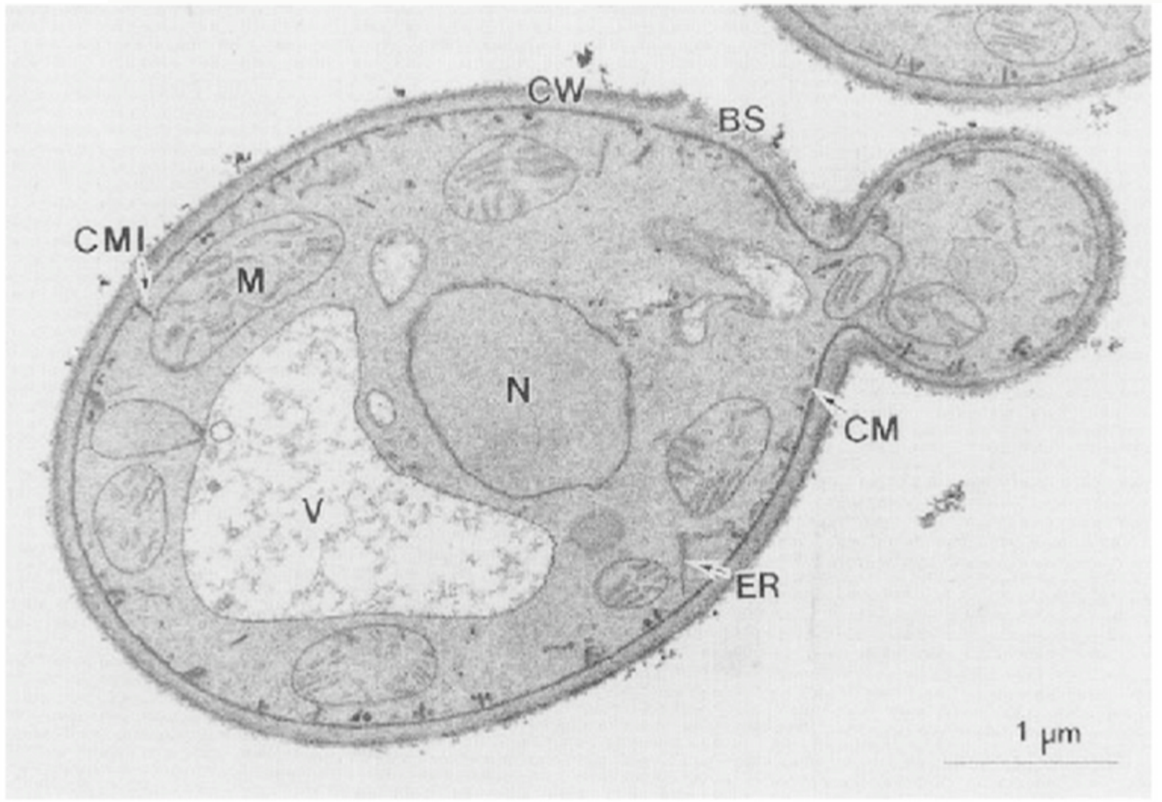
CÉLULAS VEGETALES



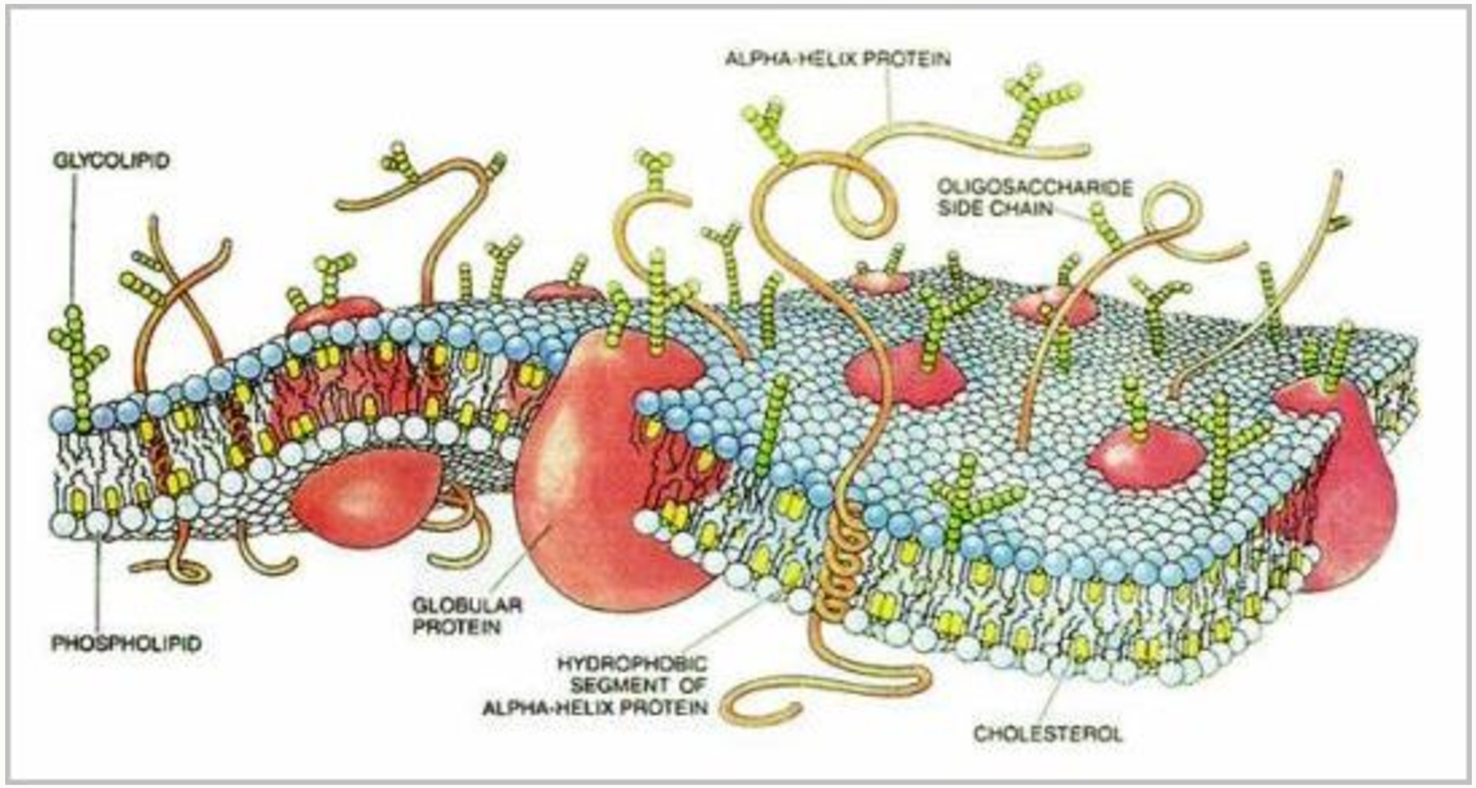


CÉLULAS FÚNGICAS





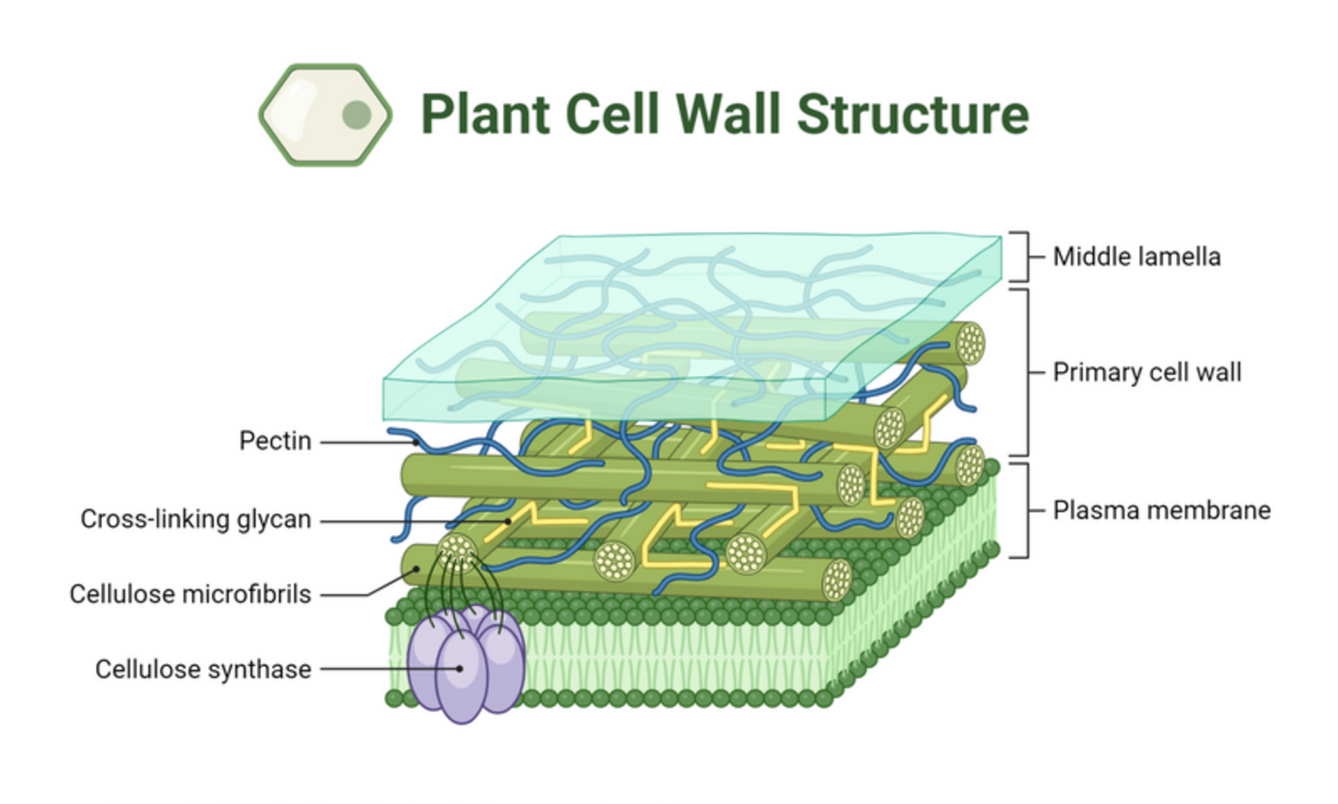
Las membranas biológicas están formadas por lípidos y proteínas



Funciones

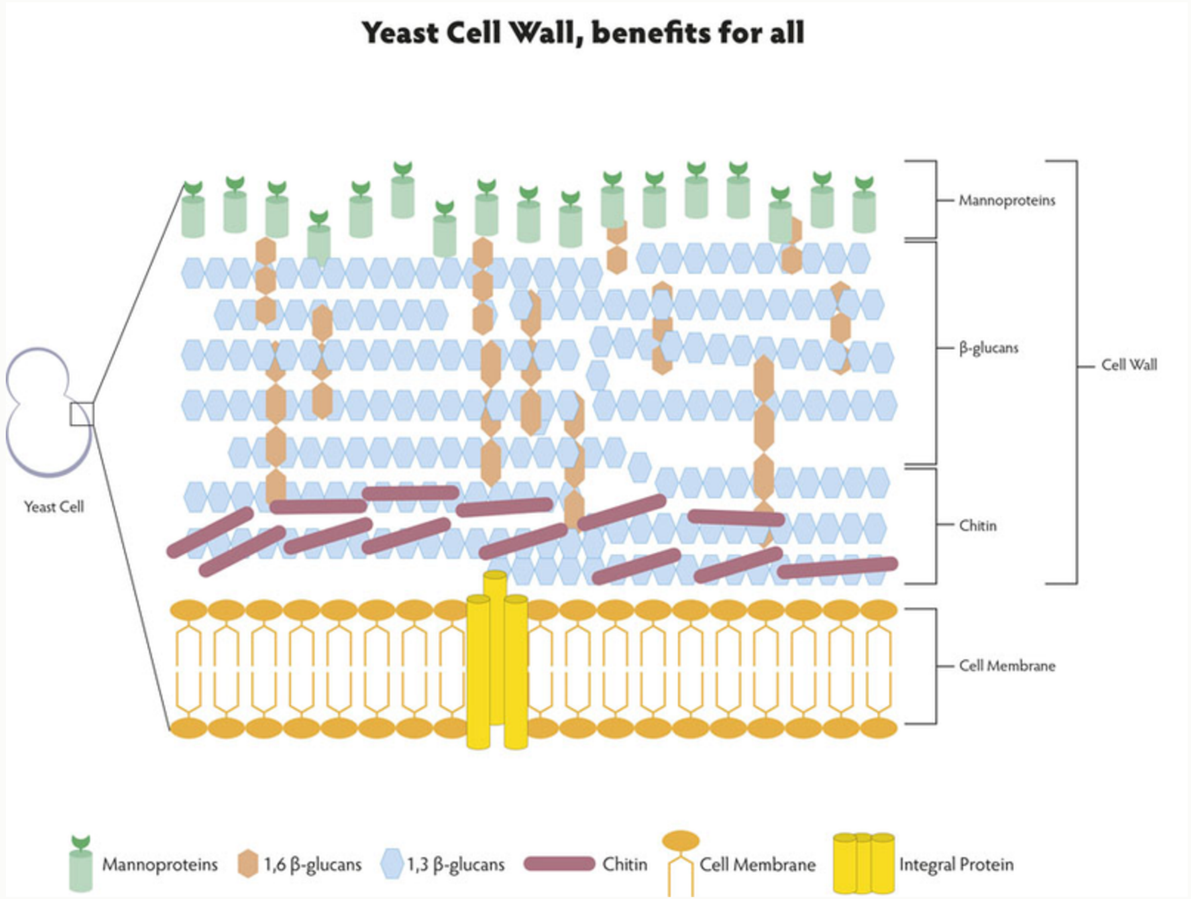
- Protección
- Permeabilidad selectiva
- Compartimentalización
- Reconocimiento
- Antígenos
- Señalización
- Endocitosis exocitosis
- Impulso nervioso
- Metabolismo
- Movimiento

La pared celular vegetal está formada por fibras



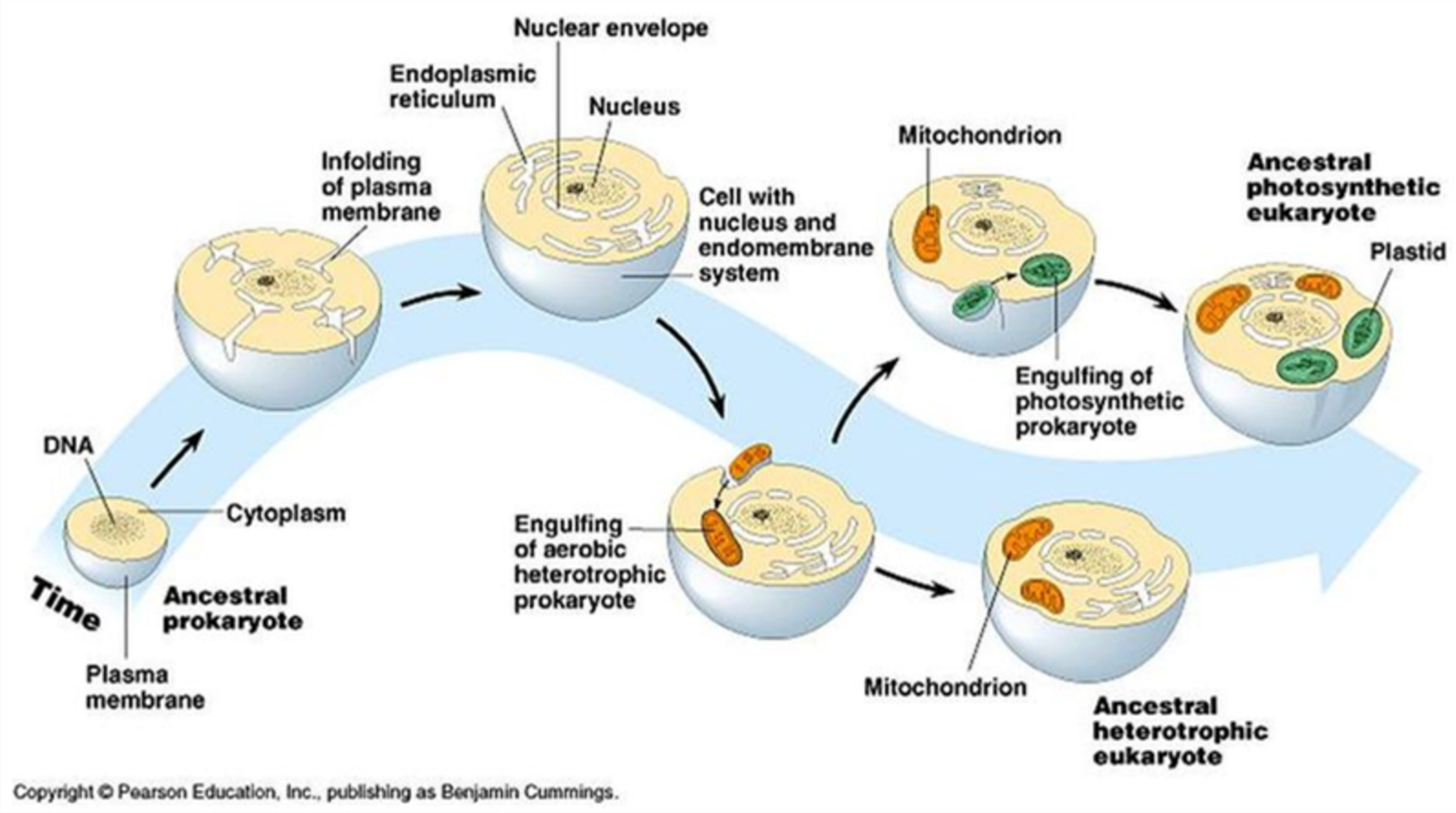
- Pared primaria:
  - microfibras de celulosa en capas
  - pectina (hidratada)
- Glicanos de entrecruzamiento
- En la pared secundaria hay lignina: más resistencia

En levaduras, está formada por glucanos y proteinas

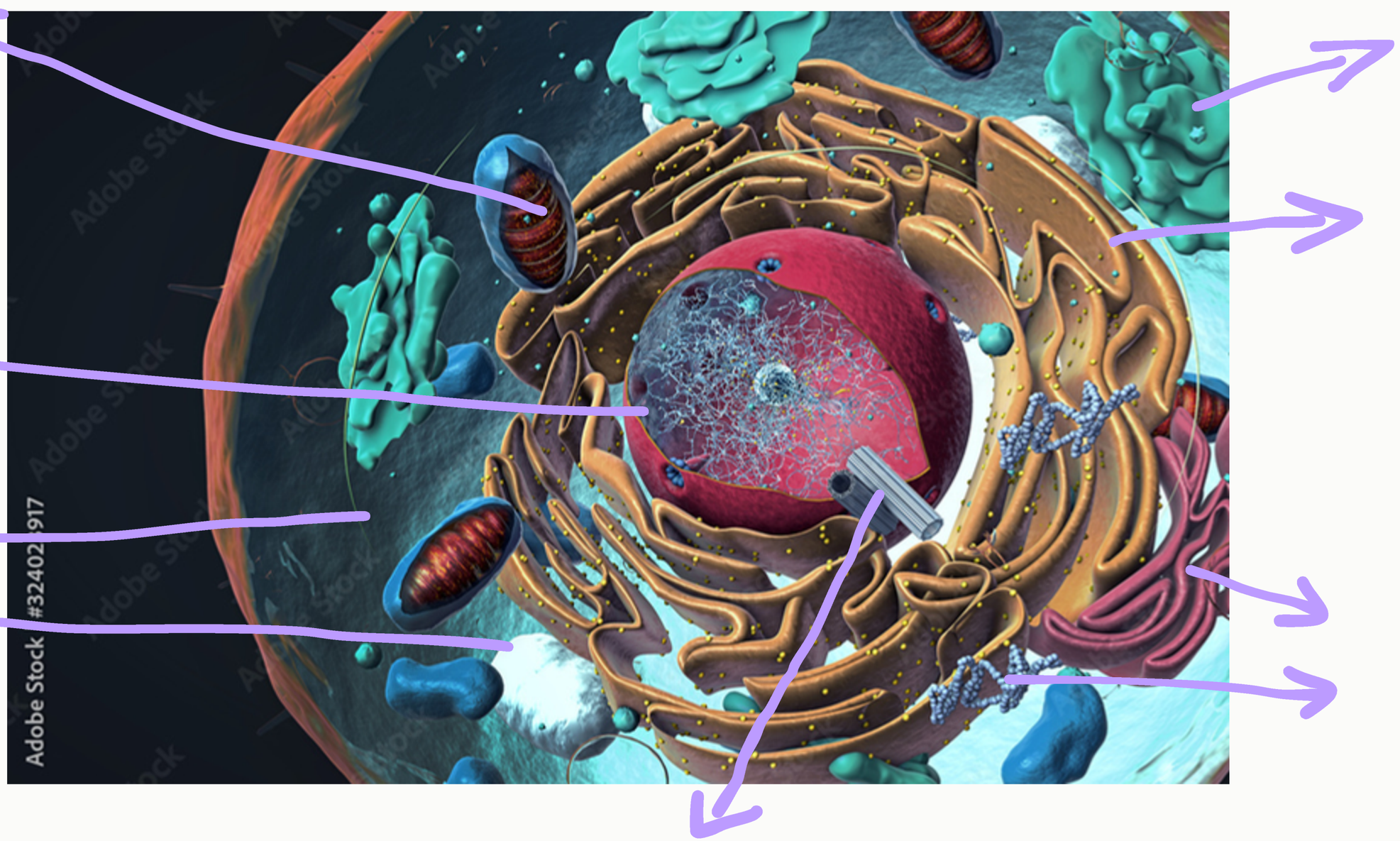


- 15-30% peso seco
- Compuesta por manoproteinas
- beta-glucanos
  - beta 1,3-glucanos se unen a quitina
  - beta 1,6 sirven de enlace entre la capa ext. e int.

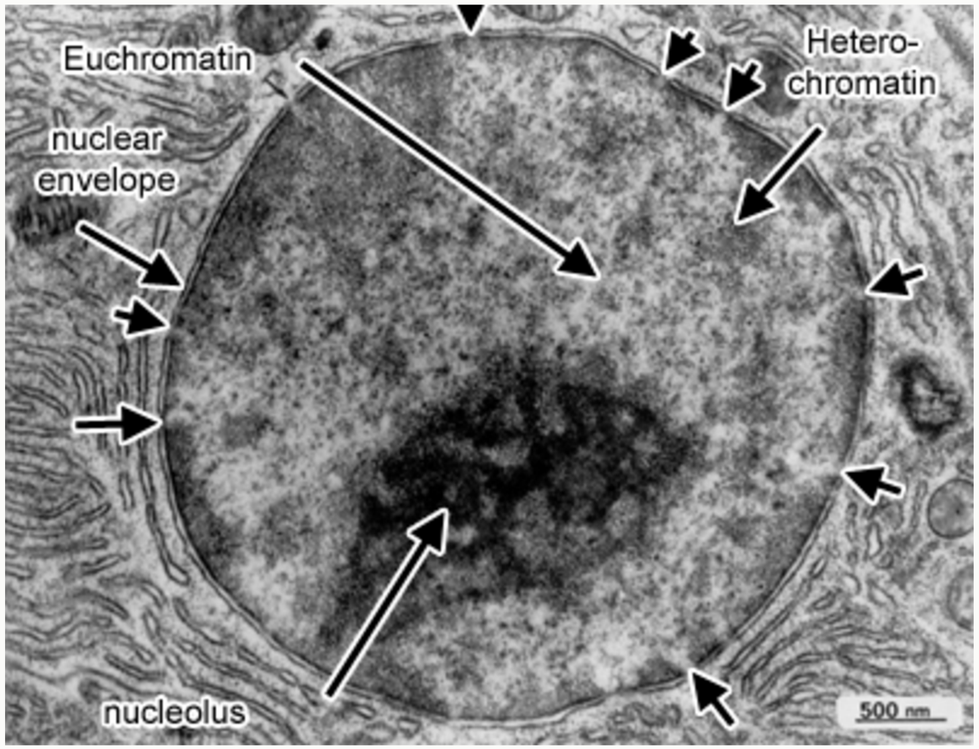
La célula eucariota está **compartimentalizada**



¿Cuántos conoces?

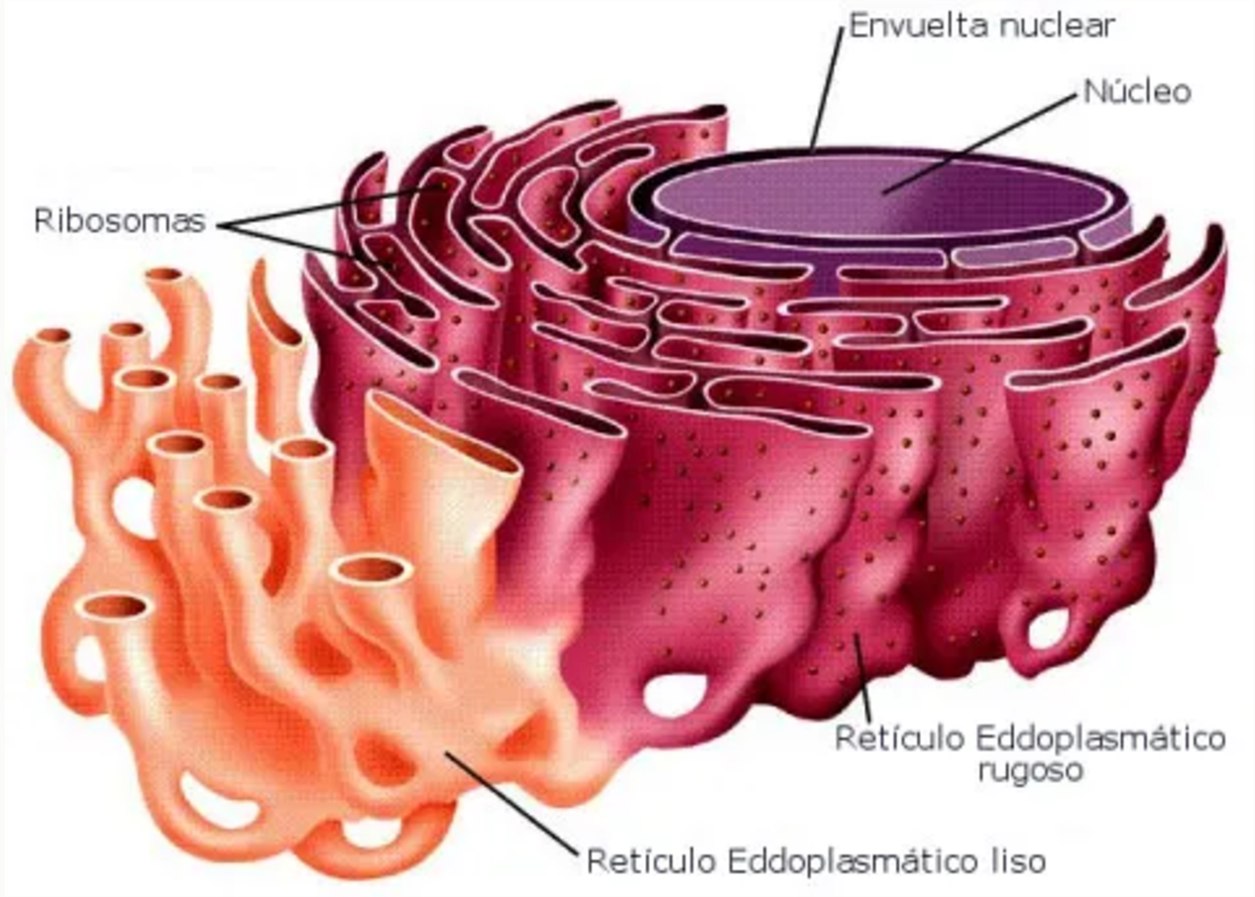


El núcleo protege el DNA con dos membranas



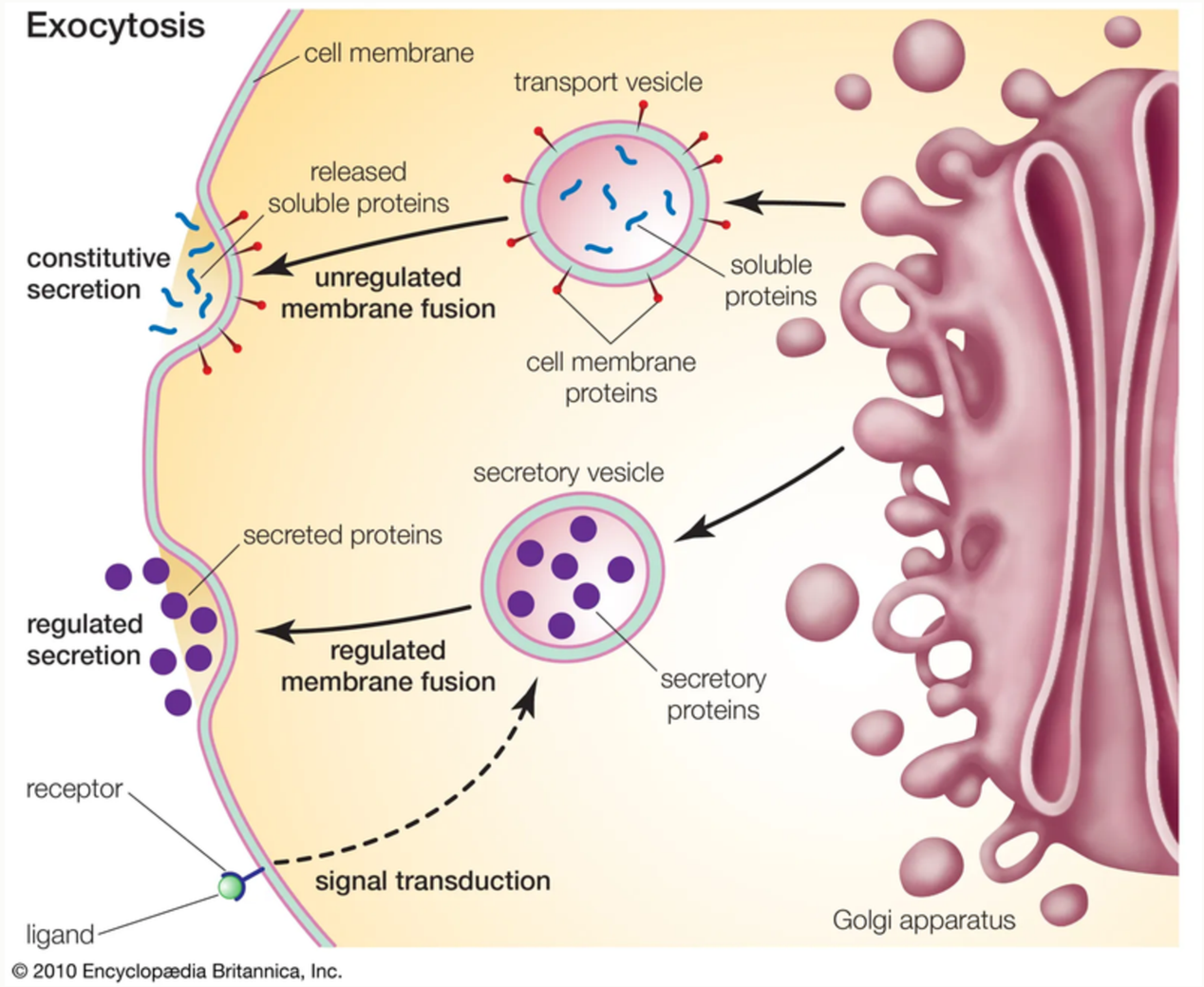
- Hay **poros** que comunican con el citoplasma
- La memb. ext. está conectada con el ER
- El nucleolo es donde se transcribe el rRNA y se forman los ribosomas
- El DNA aparece condensado: cromatina

El Retículo endoplásmico (ER) participa en la síntesis de moléculas



- Síntesis de lípidos y proteínas de membrana
- Síntesis de moléculas de exportación
- RER: asociado a ribosomas
- SER:
  - síntesis de colesterol y derivados
  - hepatocitos: detoxificación
- Almacén de Ca2+ (músculo)

El ap. Golgi se encarga del transporte y secreción

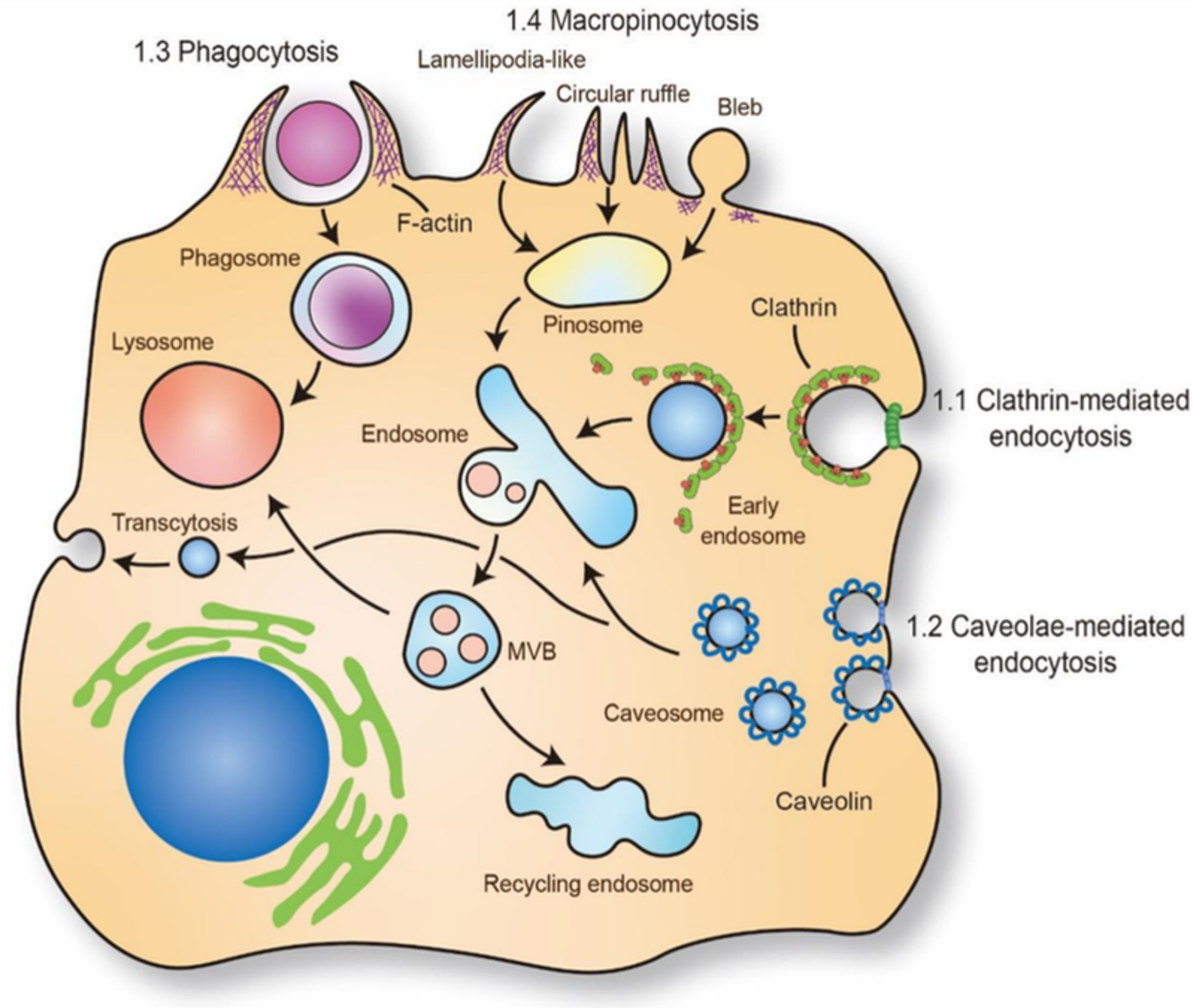


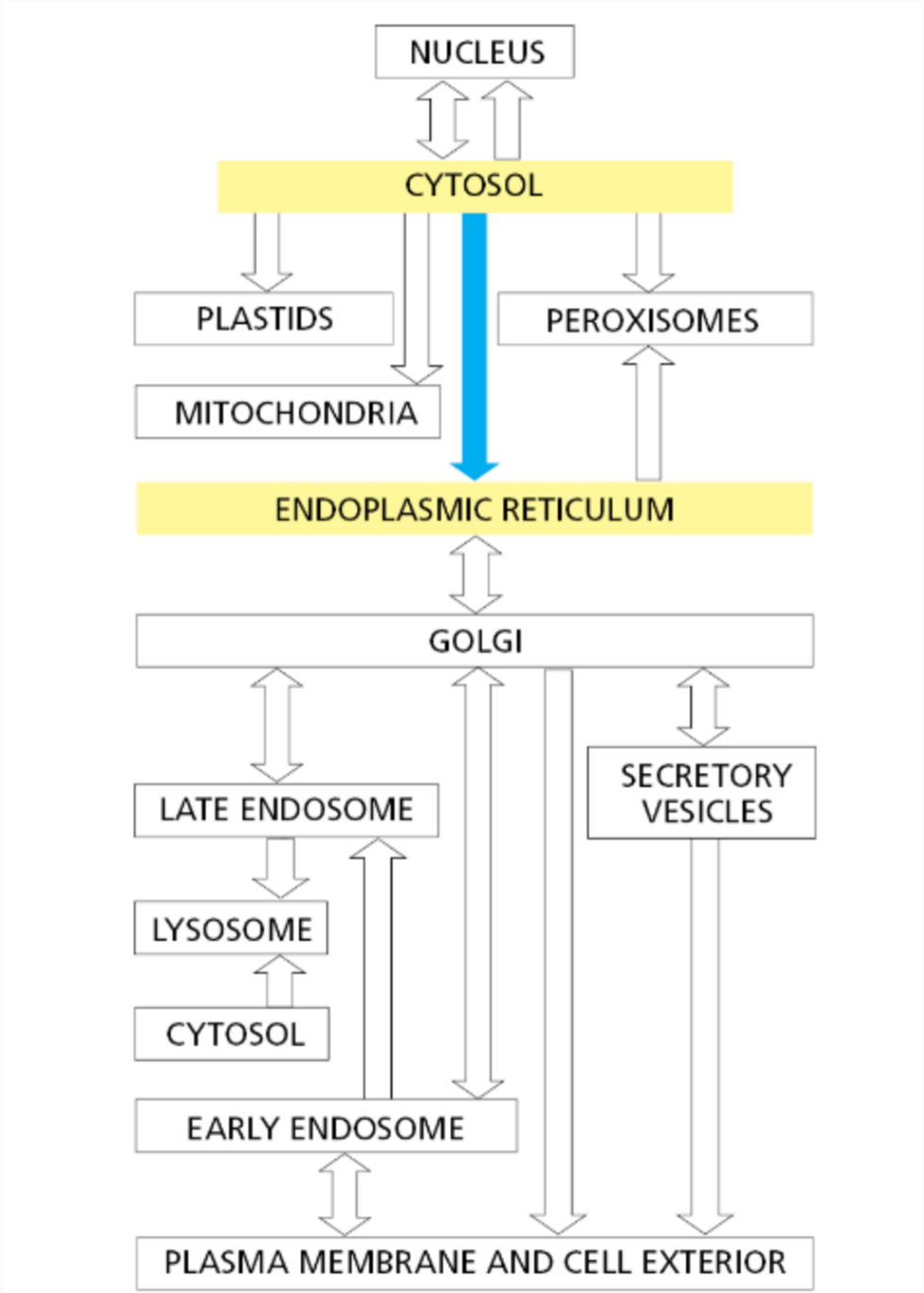
- Síntesis de CH
- Selección y envío de moléculas del ER
- Envío de vesículas a membrana
- Control de la secreción



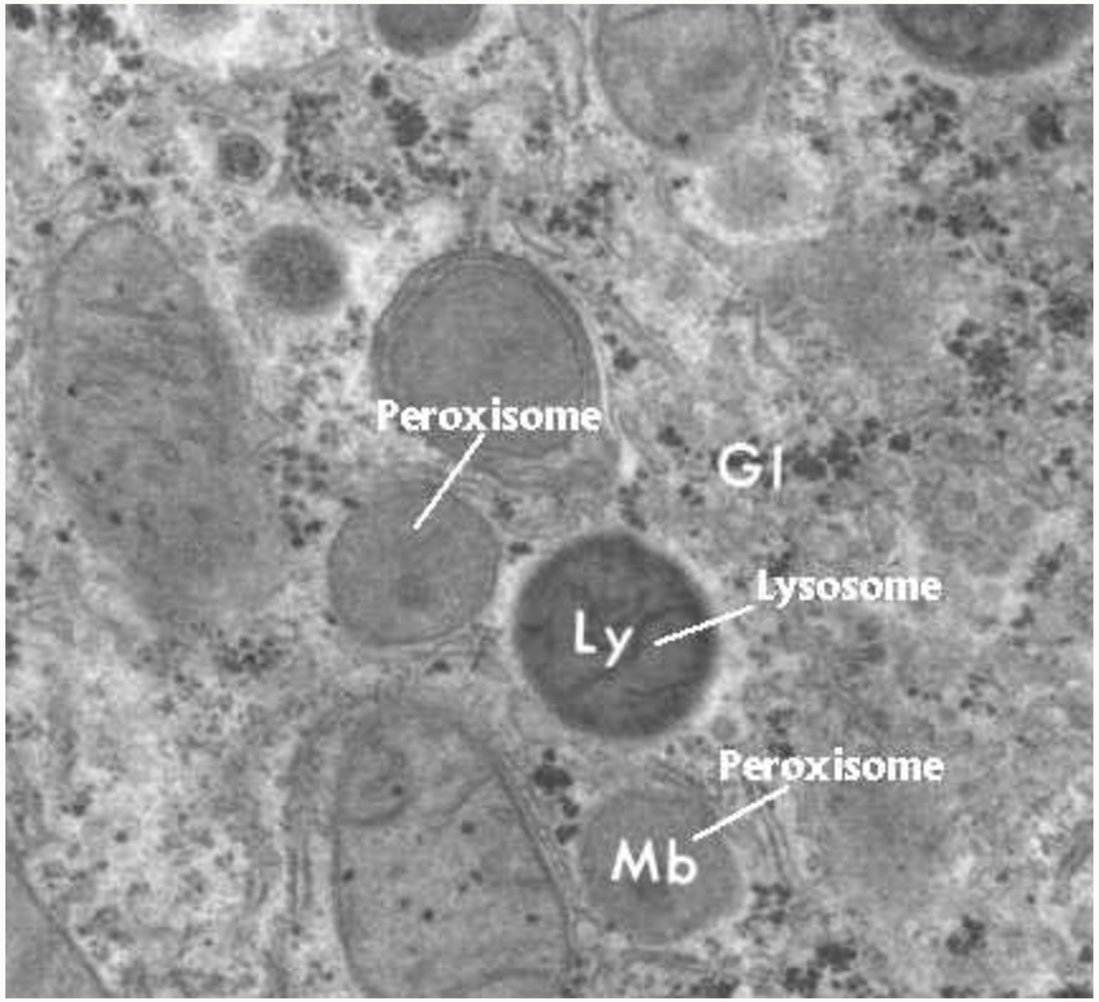
Camilo Golgi

Tráfico intracelular



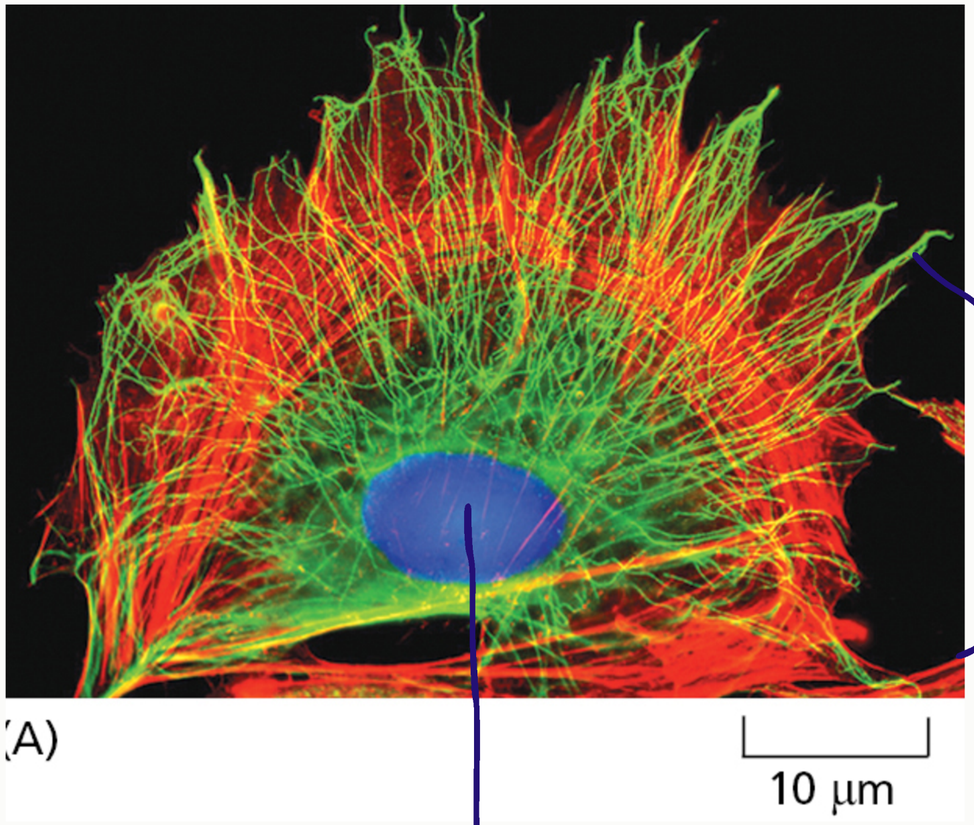

NUCLEUS
CYTOSOL
PLASTIDS
PEROXISOMES
MITOCHONDRIA
ENDOPLASMIC RETICULUM
GOLGI
LATE ENDOSOME
SECRETORY VESICLES
LYSOSOME
CYTOSOL
EARLY ENDOSOME
PLASMA MEMBRANE AND CELL EXTERIOR

Lisosomas y peroxisomas



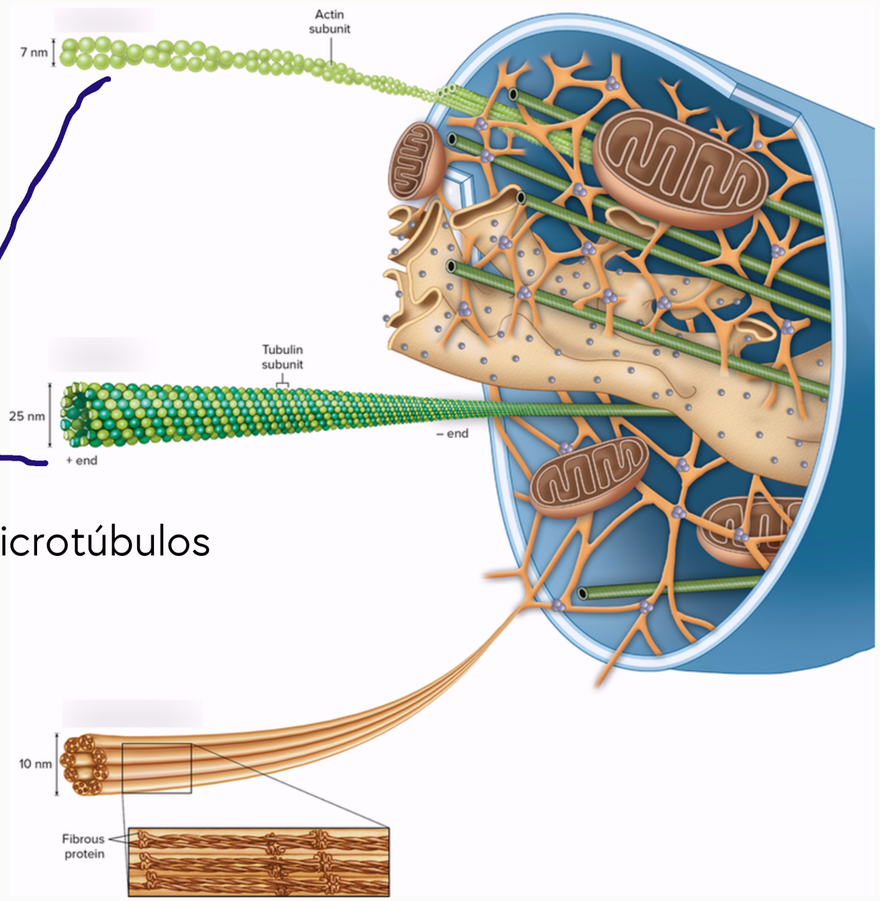
- Lisosomas
  - Digestión intracelular
  - 40 tipos de enzimas hidrolíticas
  - pH ácido (bomba H+)
- Peroxisomas:
  - Reacciones de oxidación (H2O2)
  - Metabolismo de O2 (en LECA)
  - Degradación de AG
  - Catalasa, peroxidasa

El citosqueleto da forma a la célula

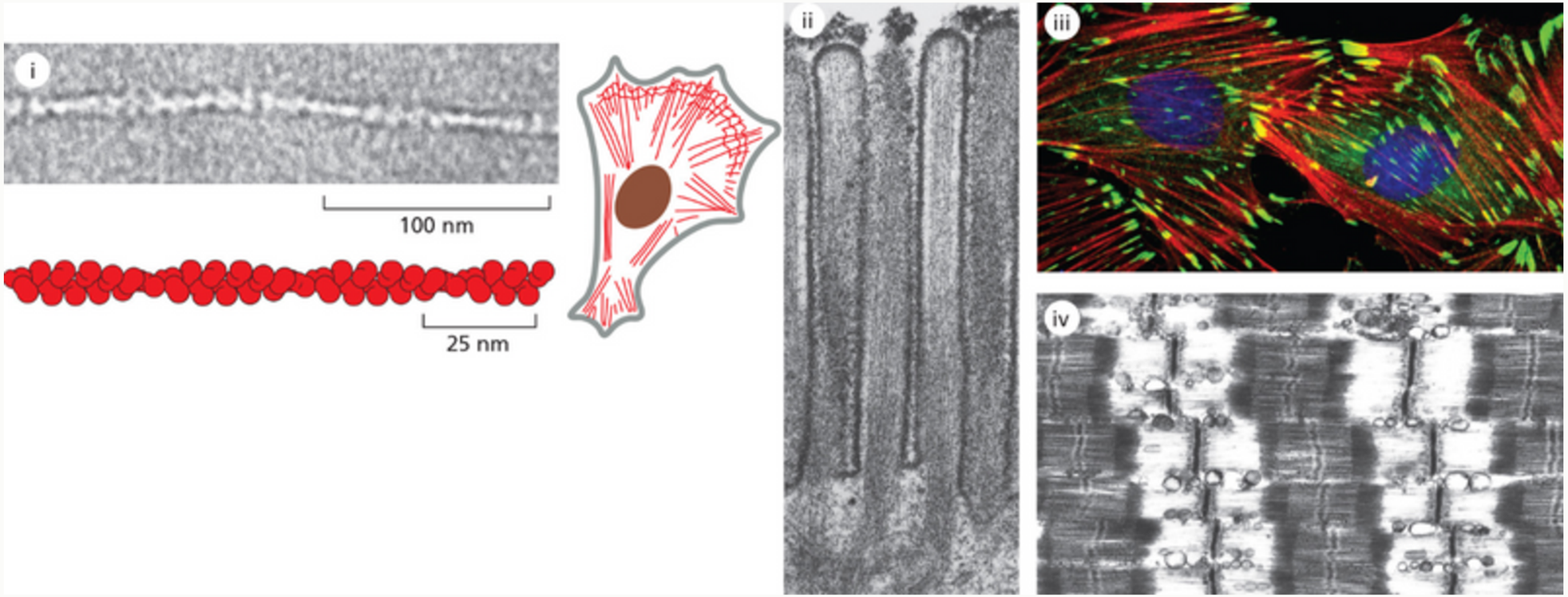


DNA

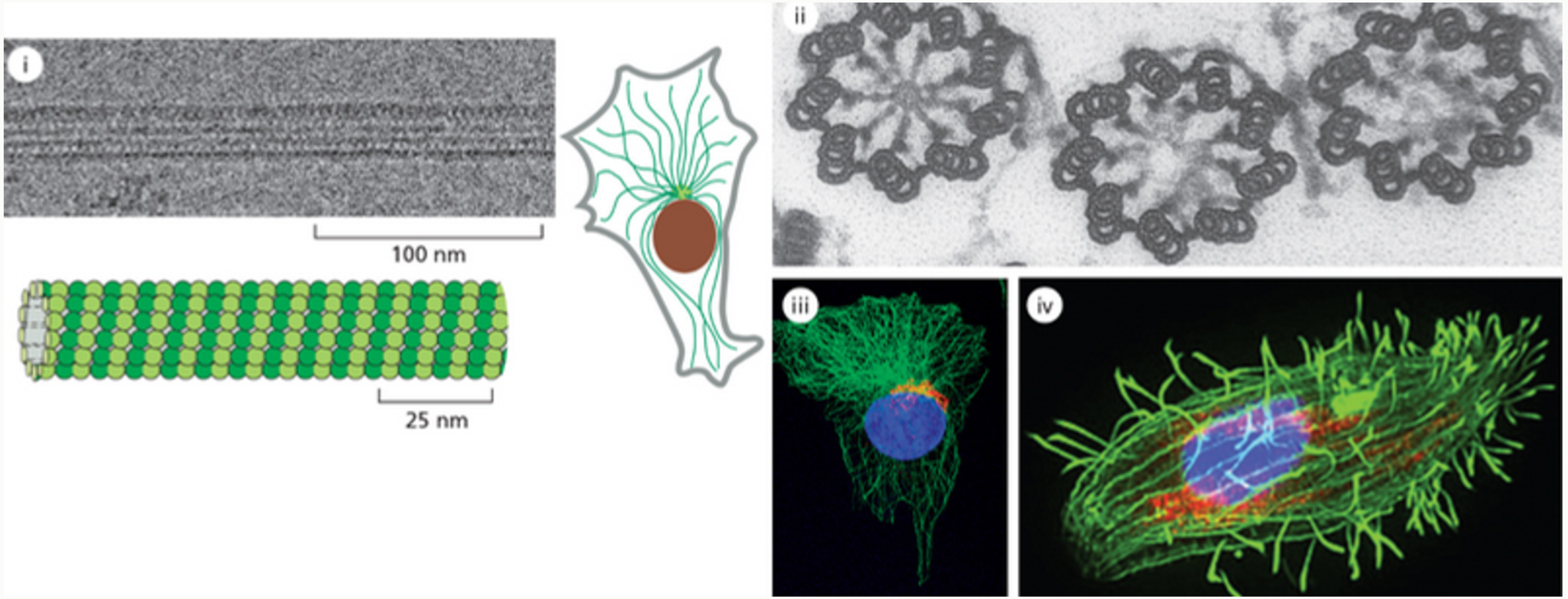
Actina



Microtúbulos

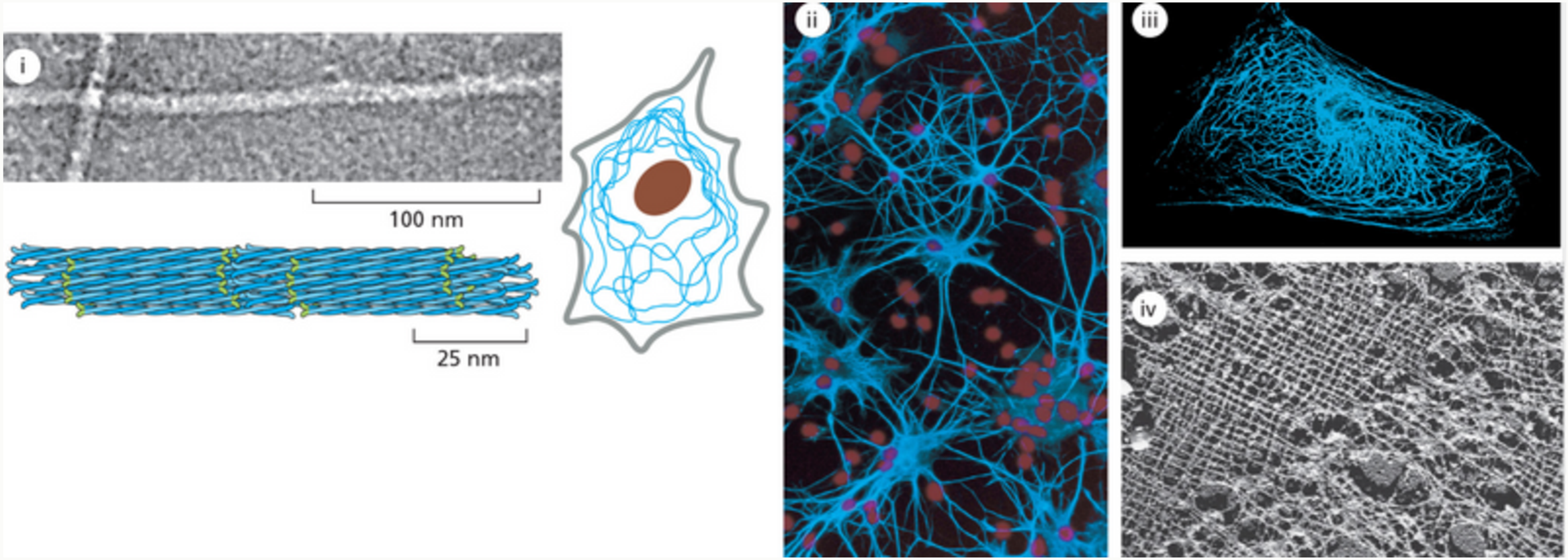


La actina refuerza la bicapa lipídica, forma proyecciones superficiales y participa en movimiento



Los microtúbulos están formados por tubulina. Son huecos.

Participan en mitosis y en el movimiento (cilios y flagelos)



Los filamentos intermedios están formados por distintas proteínas. Forman una red bajo la envuelta nuclear. Dan fuerza mecánica al epitelio y permiten el crecimiento de axones.

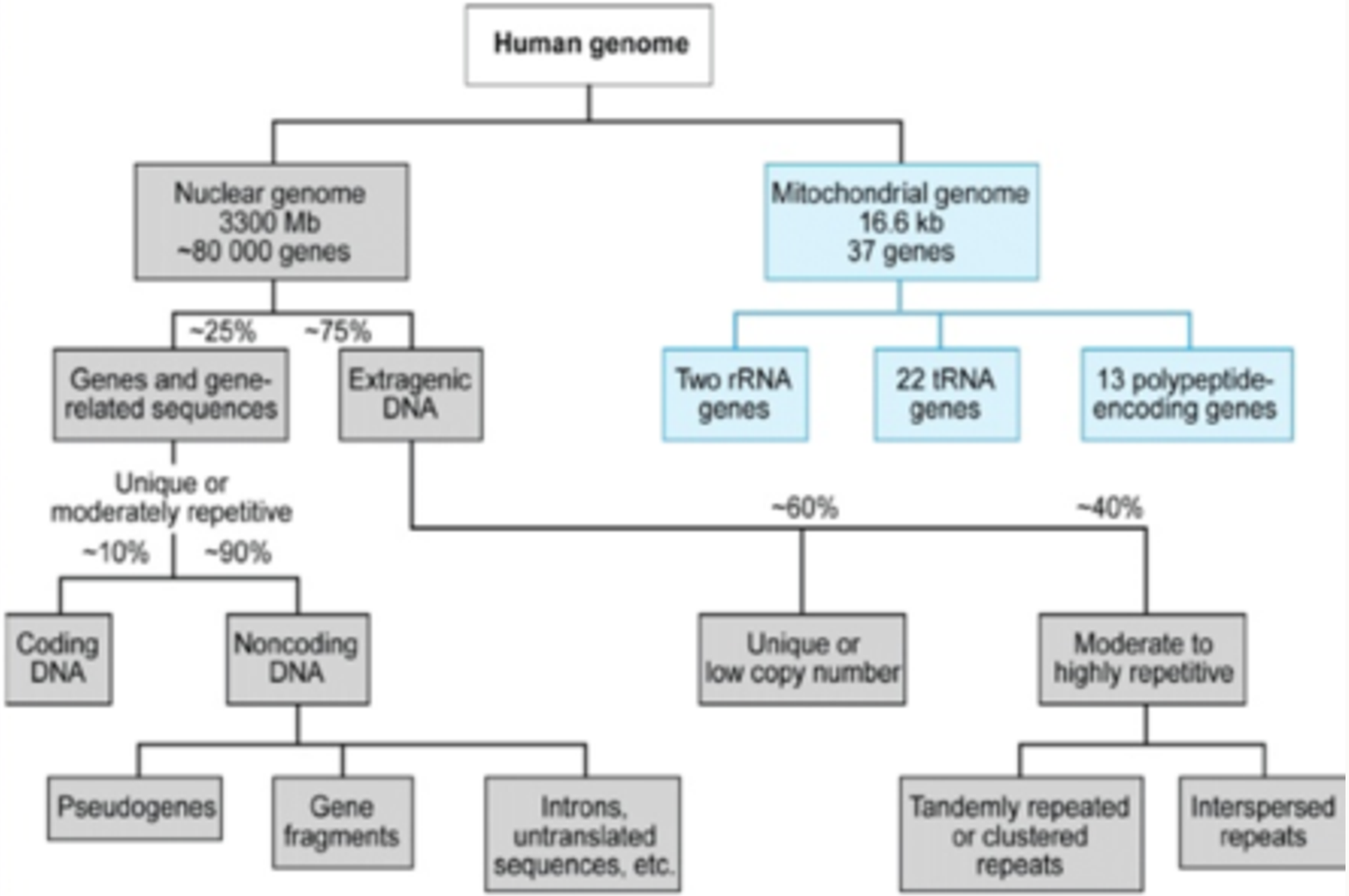
Los genomas eucariotas son más complejos

Comparison of prokaryotic and eukaryotic genomes

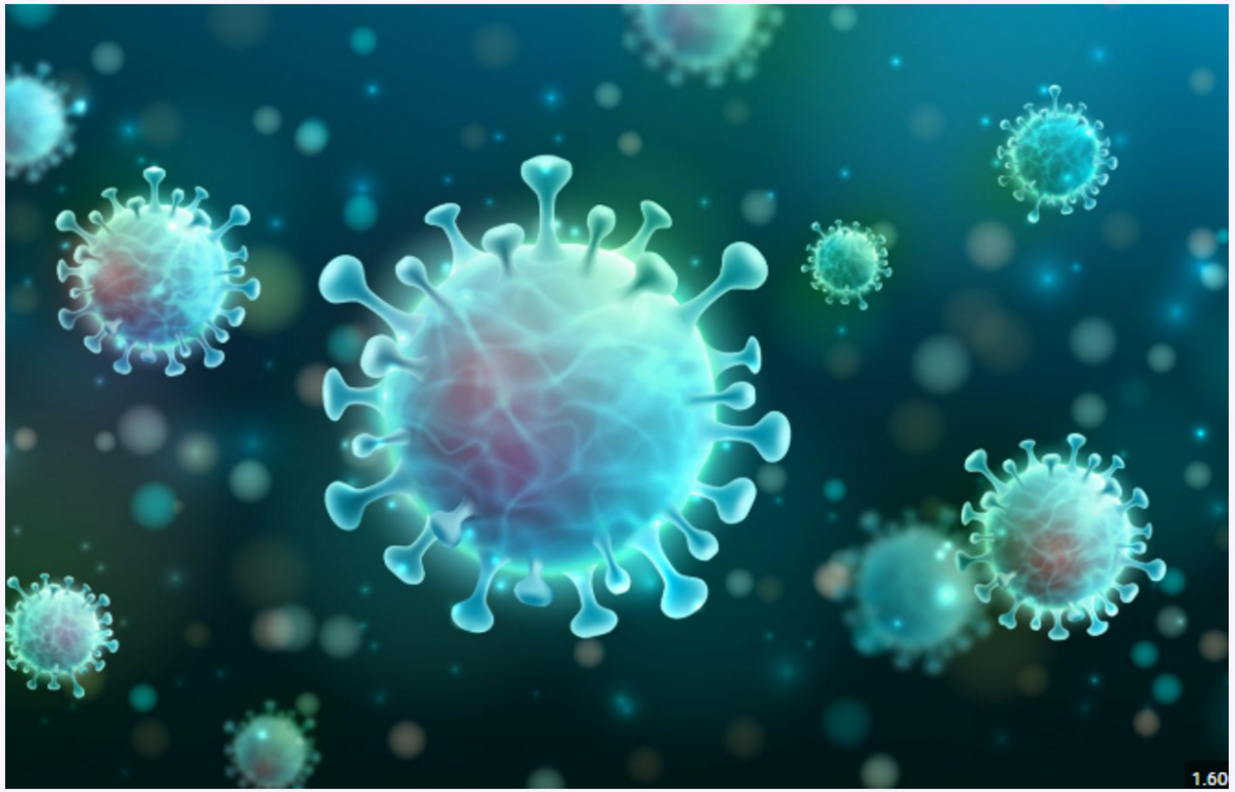
Category	Prokaryotes	Eukaryotes
Size	Small (1–10 Mb)	Large (3–5,000 Mb)
Gene number	Small (<10,000)	Many (often > 10,000)
Topology	Mostly circular	Linear
Intergenic region	Short (<100 bp)	Long (often >100 kb)
Repeat sequence	Minor component	Major component
Pseudogene	Few	Many
Intron	Few	Usually exit
Complexity	Low	High
Horizontal gene transfer	Frequent	Rare
Gene duplication	Rare	Frequent
Genome duplication	None	Frequent (especially in plants and vertebrates)

PMCID: PMC7119937

HUMAN GENOME STRUCTURE



VIRUS



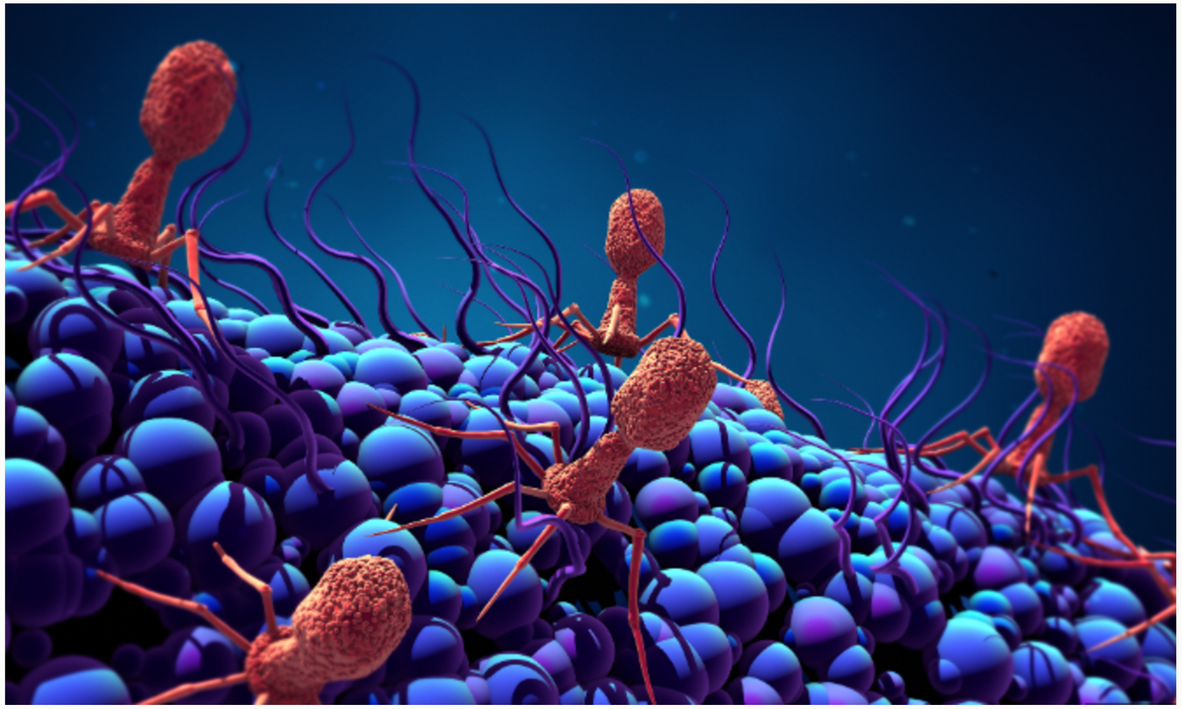
1. Estructura

2. Virus de bacterias y Archeae

3. DNAvirus de eucariotas

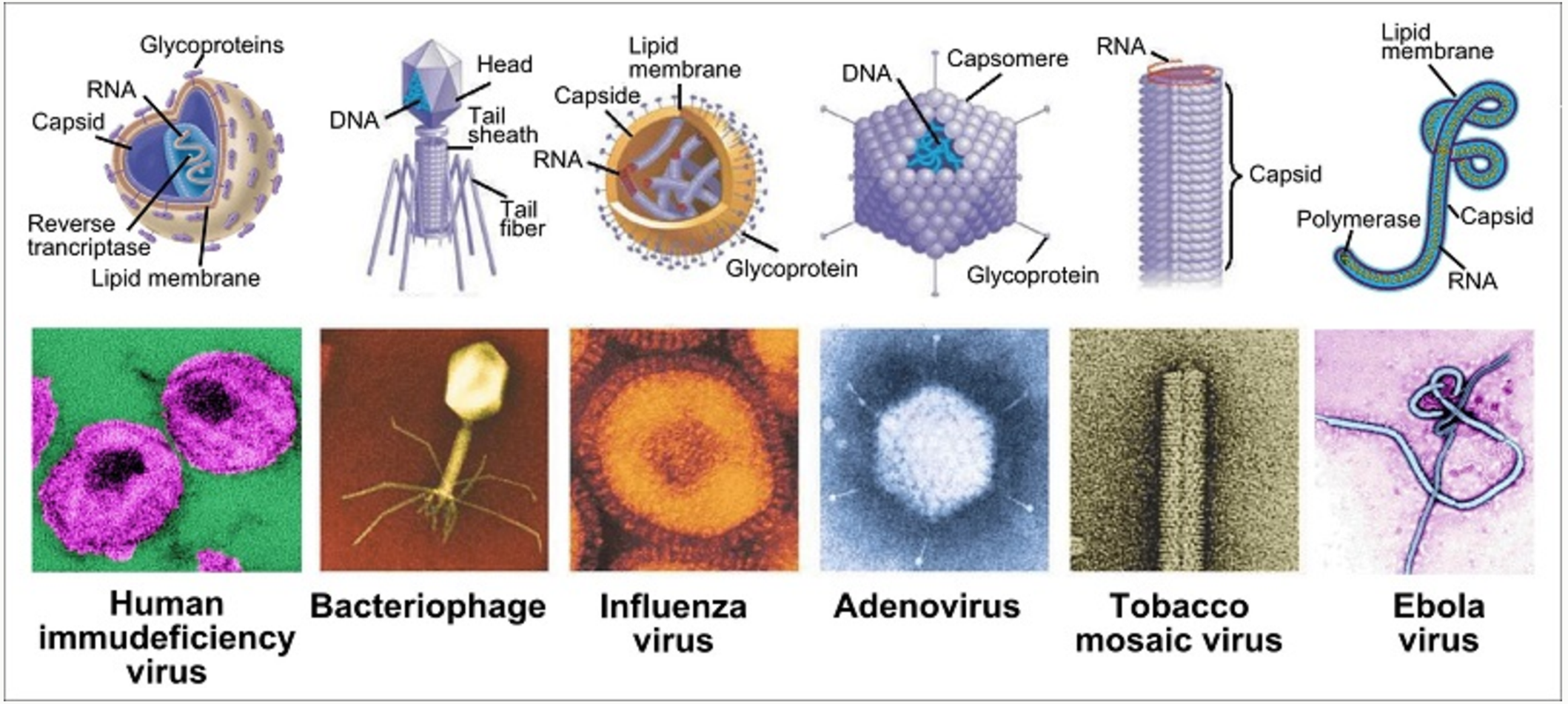
4. RNAvirus de eucariotas

Los virus son elementos genéticos con una forma extracelular

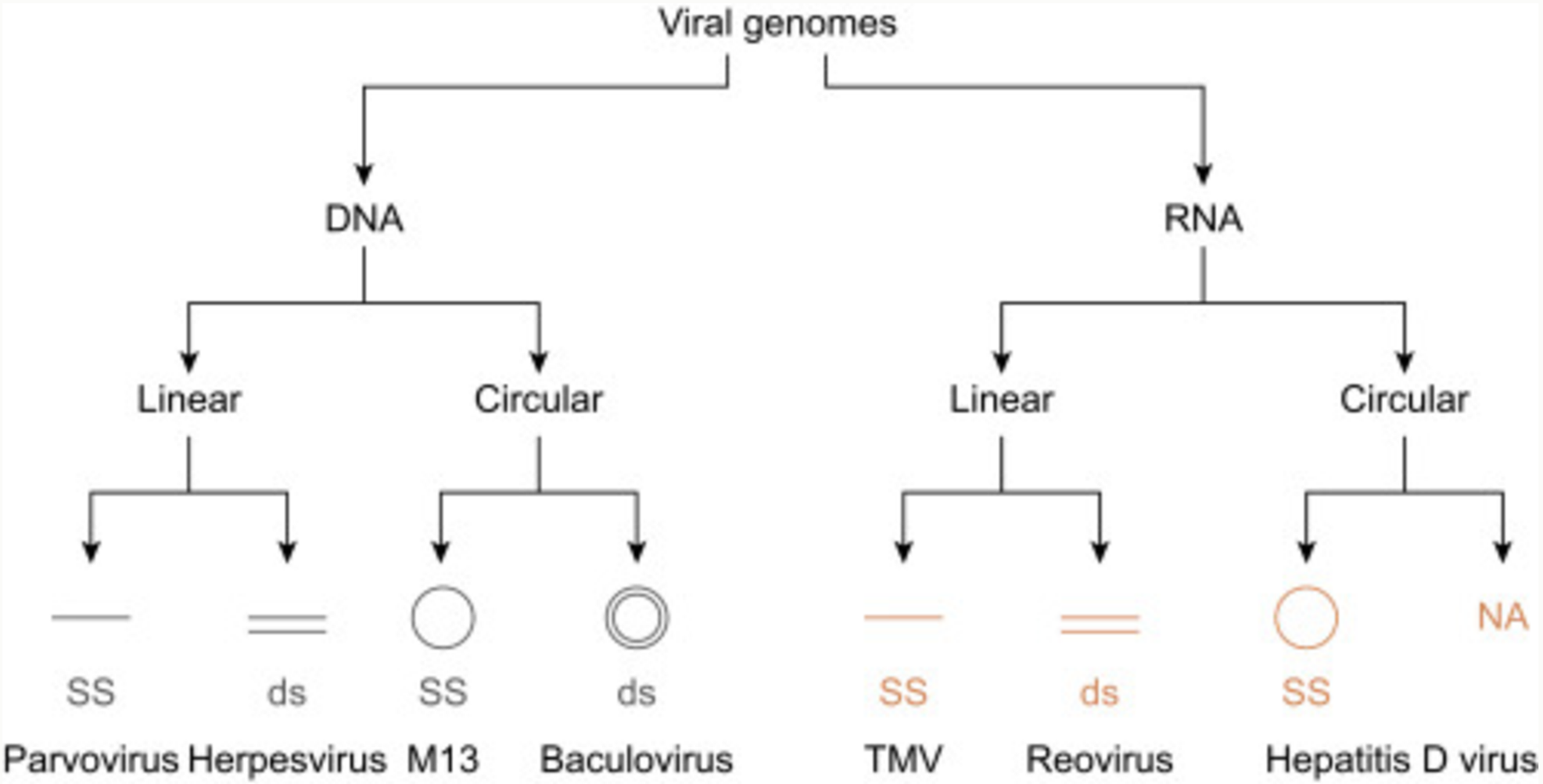


- No se replican de forma independiente, necesitan la maquinaria de una célula huésped
- Tienen las instrucciones para hacer más virus y, en ocasiones, modificar la función celular.
- Muchos (no todos) destruyen a la célula al replicarse

La morfología es muy diferente

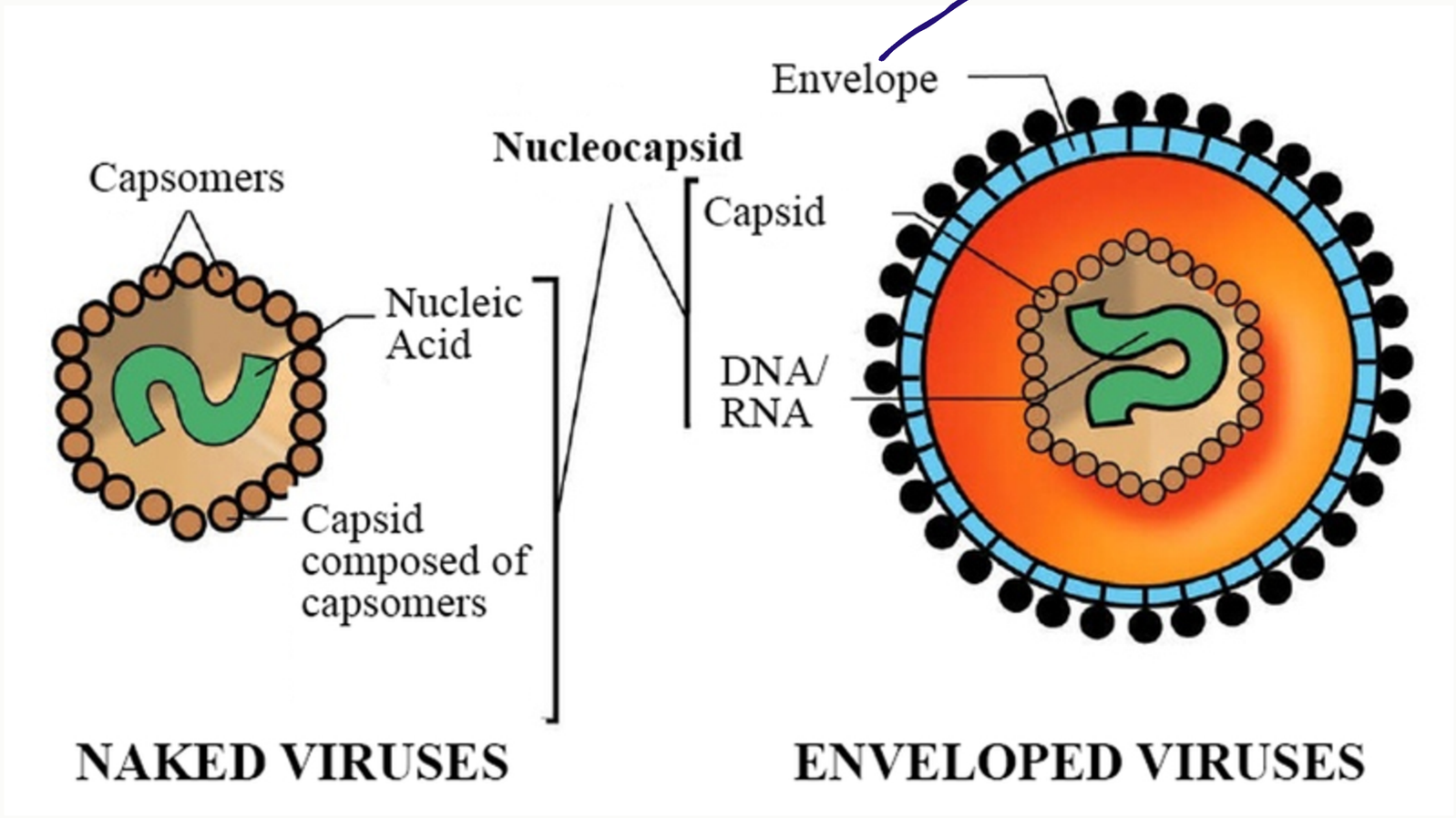


Y también los genomas

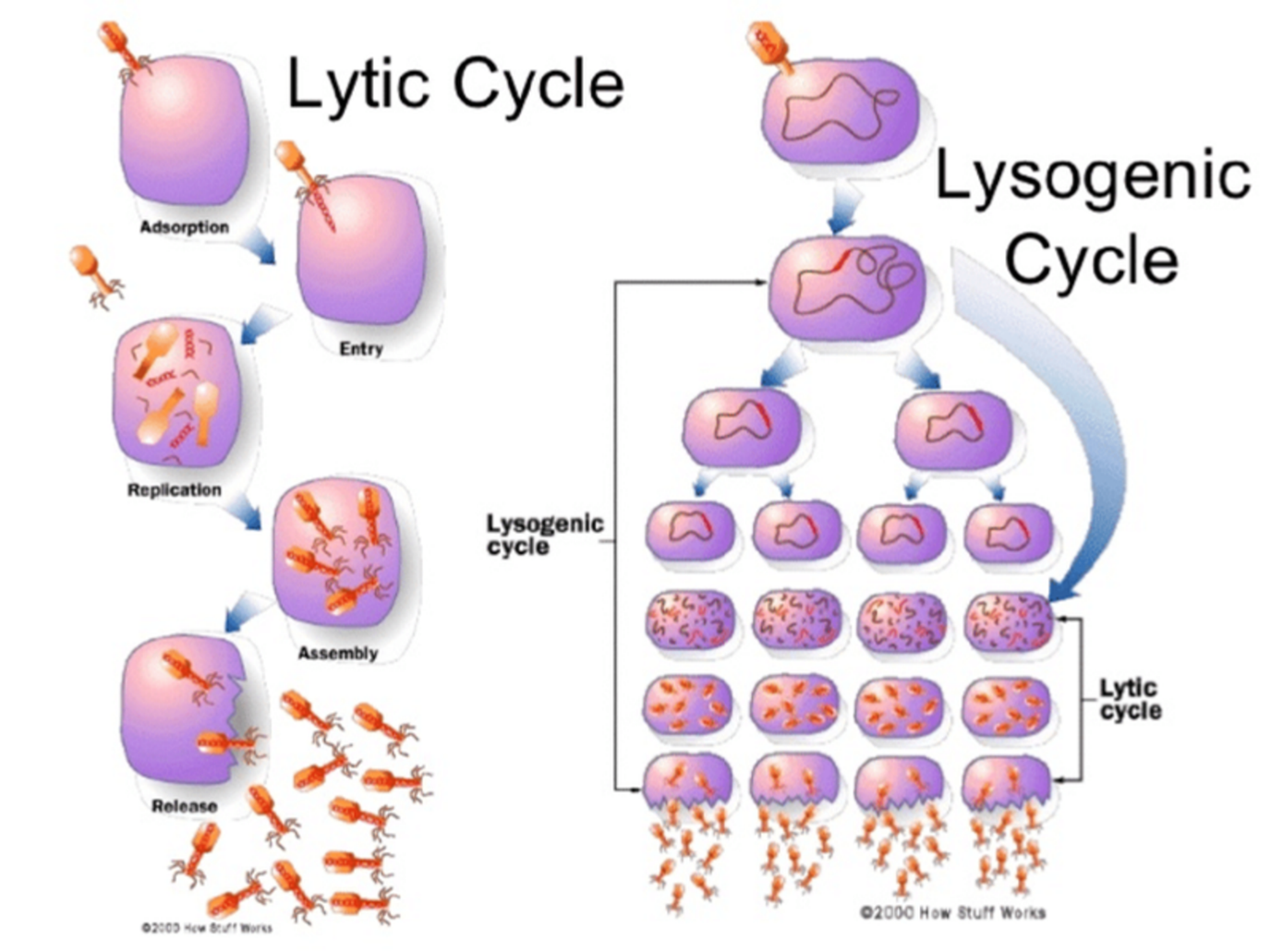


Los virus pueden estar desnudos o encapsulados

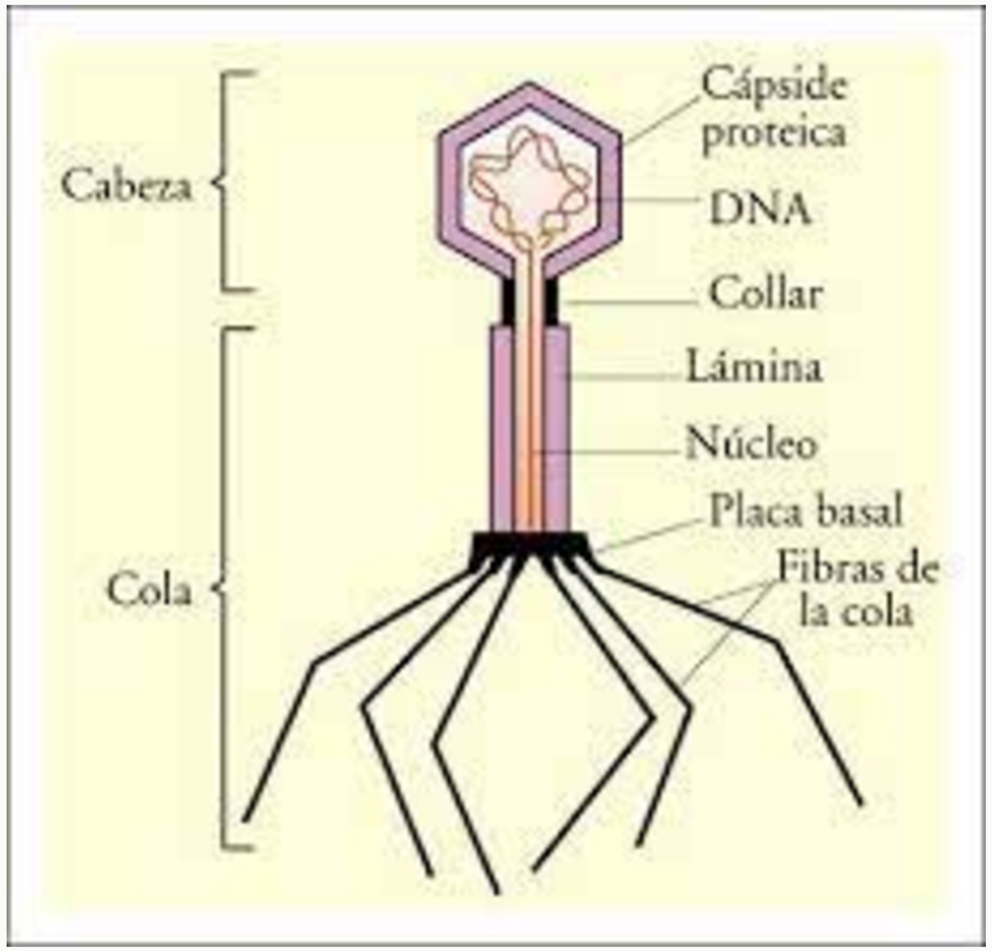
Bicapa lipídica con glicoproteinas



Según el ciclo de vida, pueden ser líticos o lisogénicos

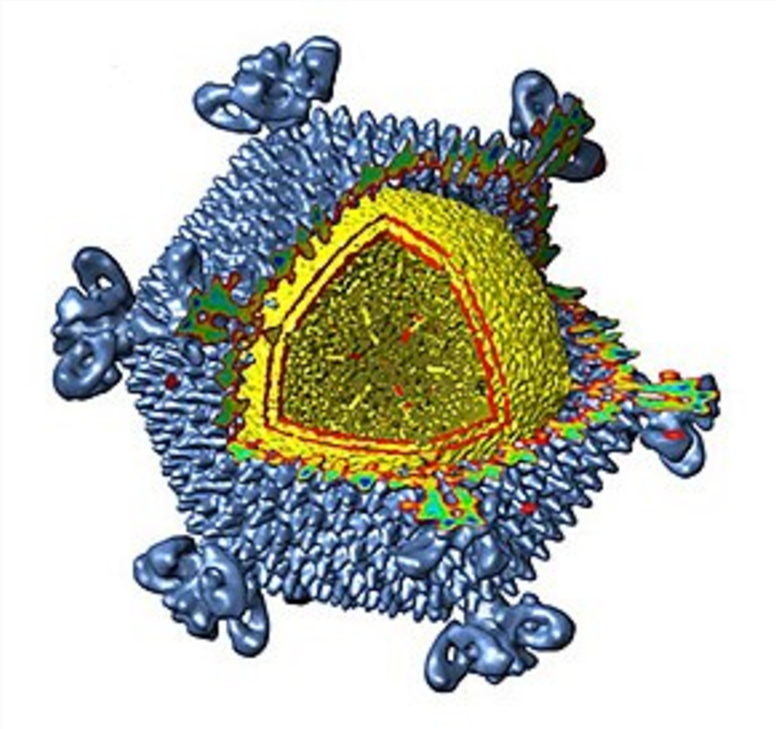


Los virus de bacterias son bacteriófagos

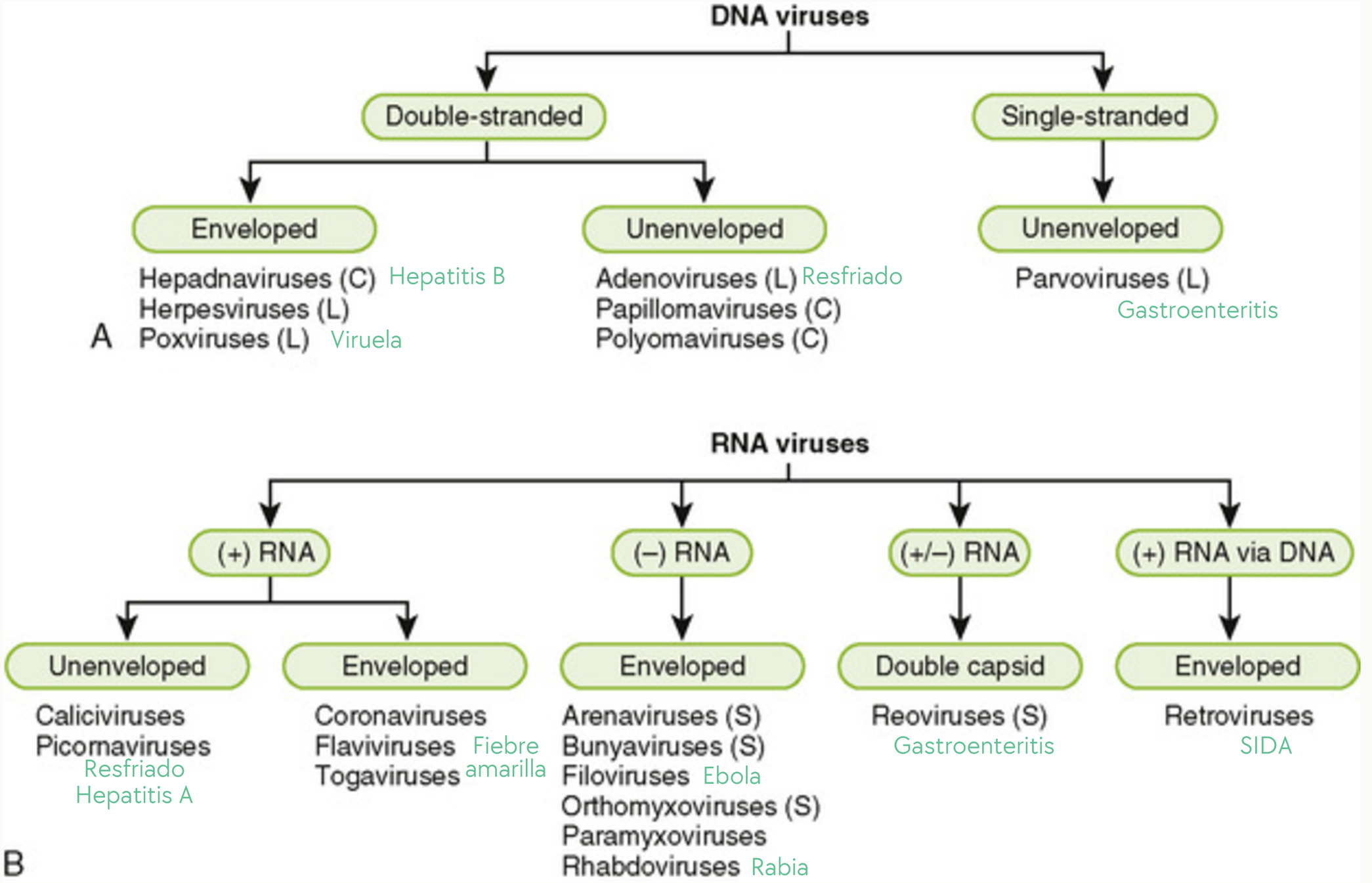


- La mayoría son desnudos
- Pueden ser de RNA o DNA, ss o ds
- Los más complejos funcionan como una jeringa, que inyecta el DNA dentro de la célula

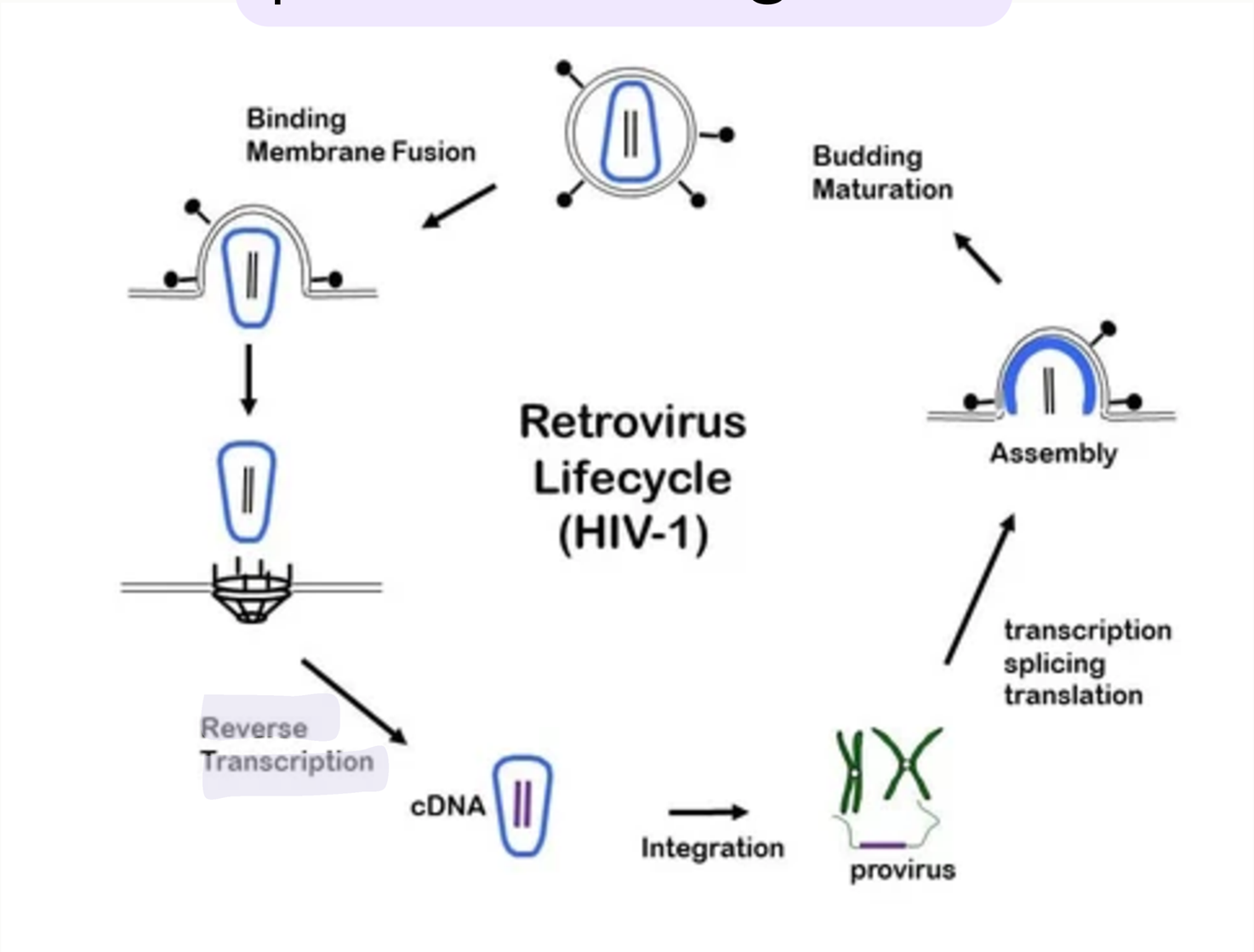
Virus de Arqueas



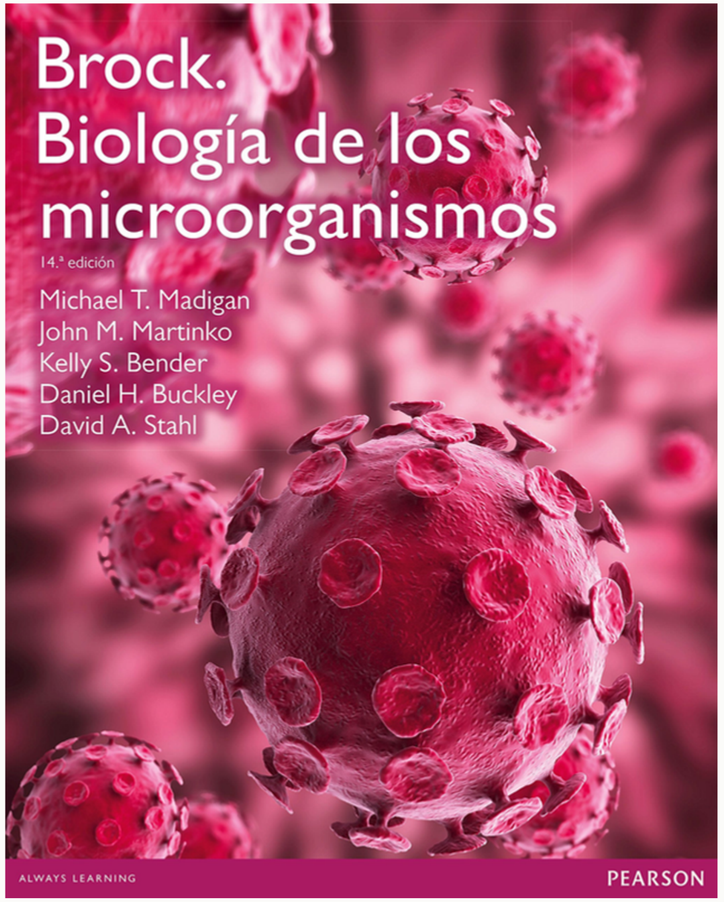
- Pocos, pero con gran variabilidad
- Solo de DNA, ss o ds
- Comparten las características ambientales de sus huéspedes


DNA viruses
Double-stranded
Single-stranded
Enveloped
Unenveloped
Unenveloped
Hepadnaviruses (C) Hepatitis B
Herpesviruses (L)
Poxviruses (L) Viruela
Adenoviruses (L) Resfriado
Papillomaviruses (C)
Polyomaviruses (C)
Parvoviruses (L)
Gastroenteritis
A
RNA viruses
(+) RNA
(–) RNA
(+/–) RNA
(+) RNA via DNA
Unenveloped
Enveloped
Enveloped
Double capsid
Enveloped
Caliciviruses
Picornaviruses
Resfriado
Hepatitis A
Coronaviruses
Flaviviruses Fiebre amarilla
Togaviruses
Arenaviruses (S)
Bunyaviruses (S)
Filoviruses Ebola
Orthomyxoviruses (S)
Paramyxoviruses
Rhabdoviruses Rabia
Reoviruses (S)
Gastroenteritis
Retroviruses
SIDA
B

El ciclo de replicación de los retrovirus es interesante para la investigación




OMEGA
Biología molecular de
LA CÉLULA
Sexta edición
ALBERTS JOHNSON LEWIS MORGAN RAFF ROBERTS WALTER


Brock.
Biología de los microorganismos
14.ª edición
Michael T. Madigan
John M. Martinko
Kelly S. Bender
Daniel H. Buckley
David A. Stahl
ALWAYS LEARNING
PEARSON