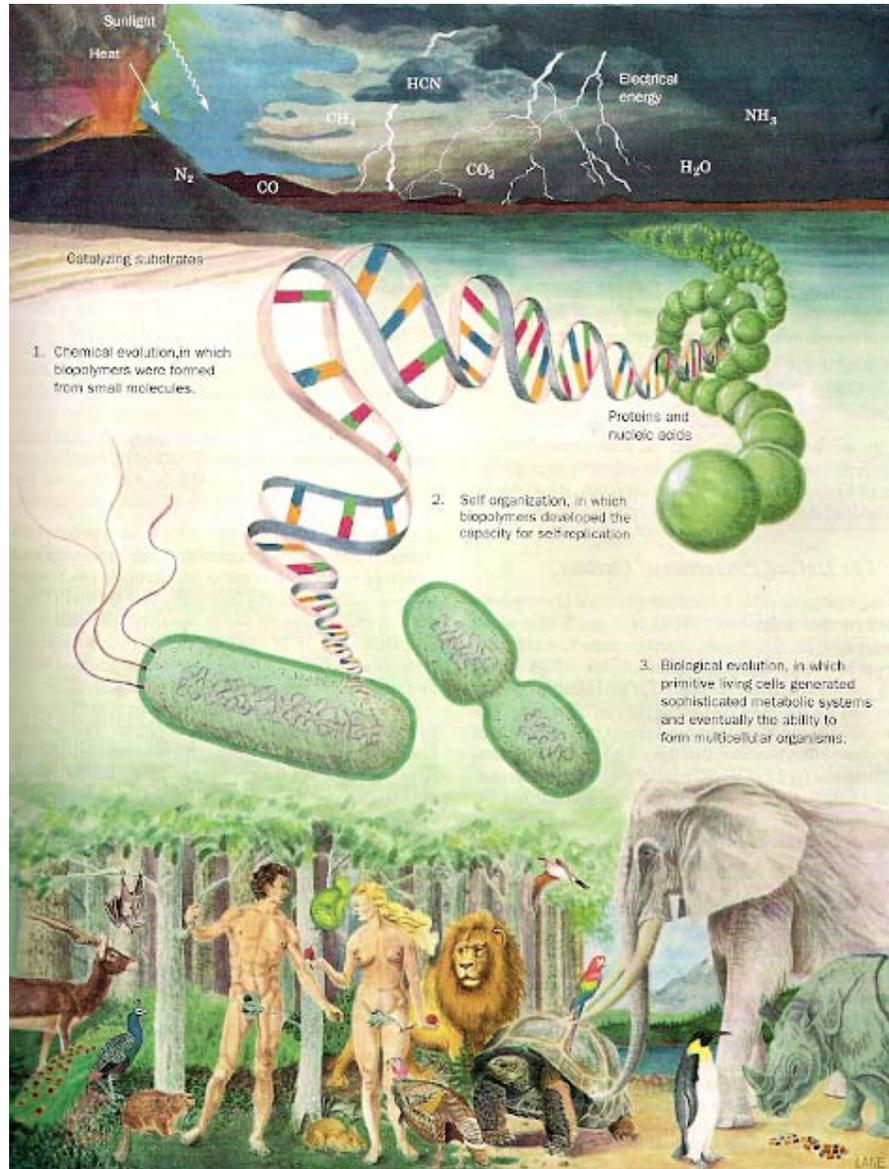
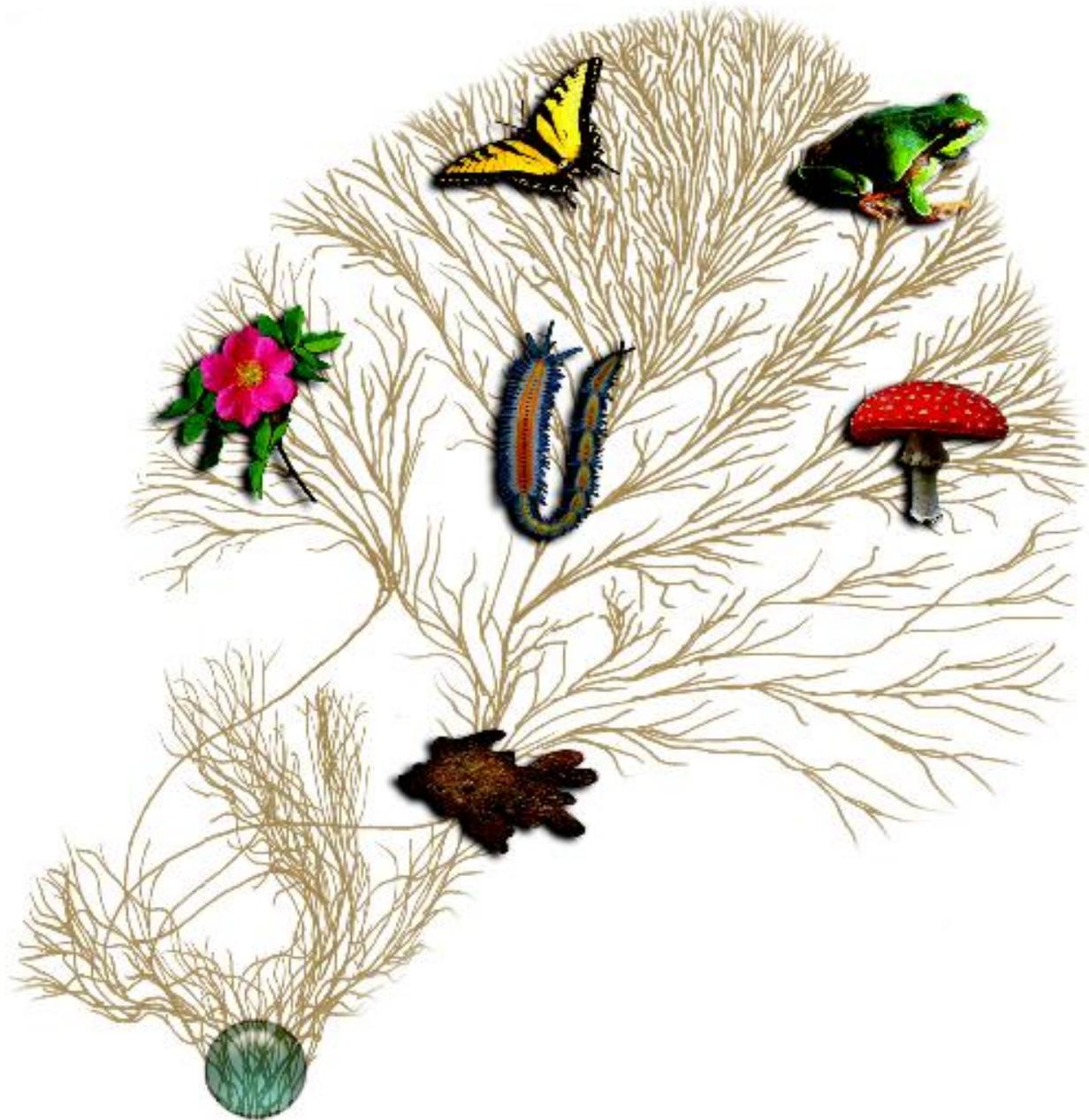


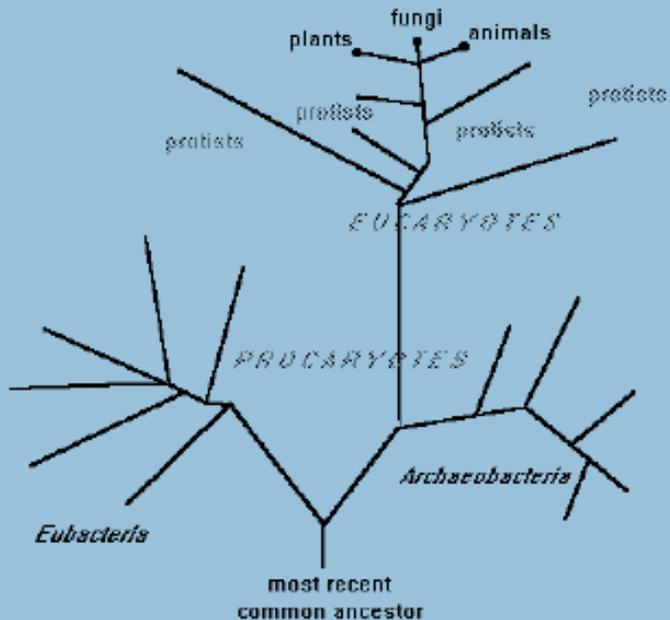
# INTRODUCCIÓN



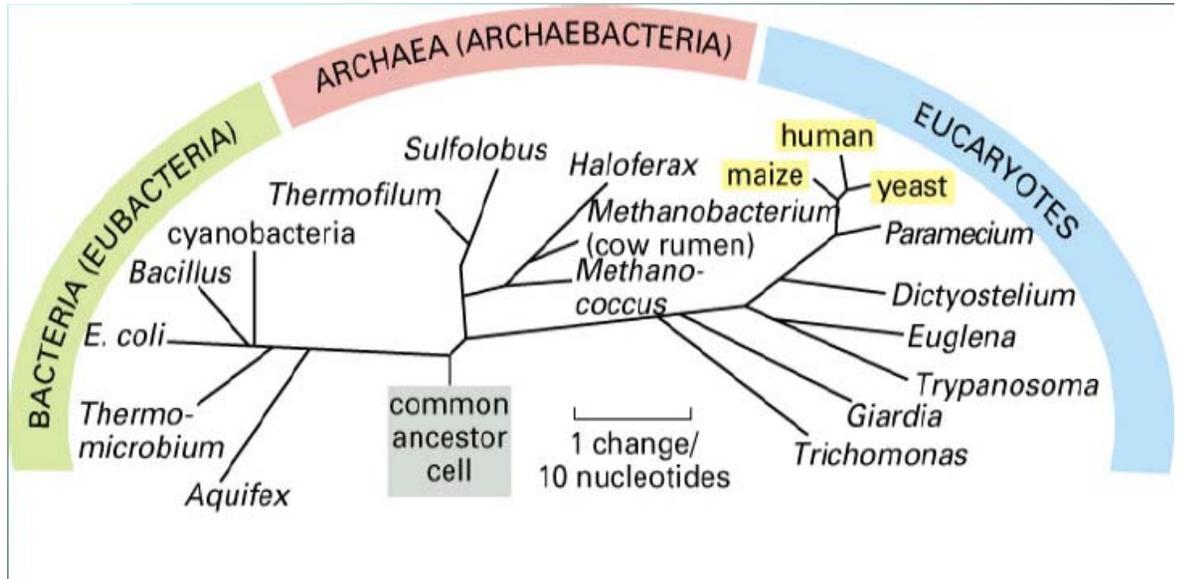
1. Diversidad es la base de la evolución.



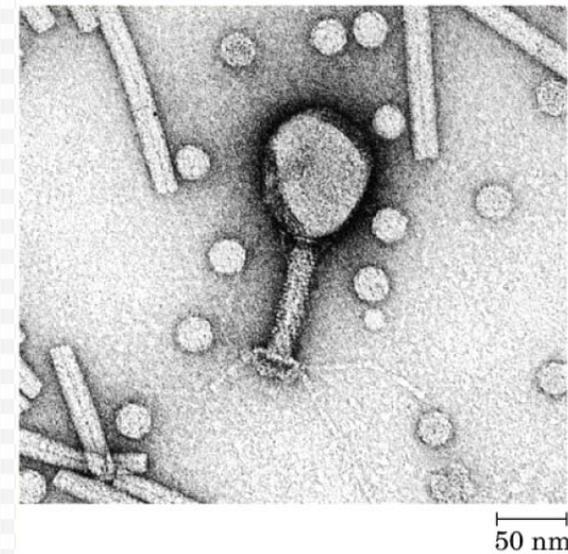
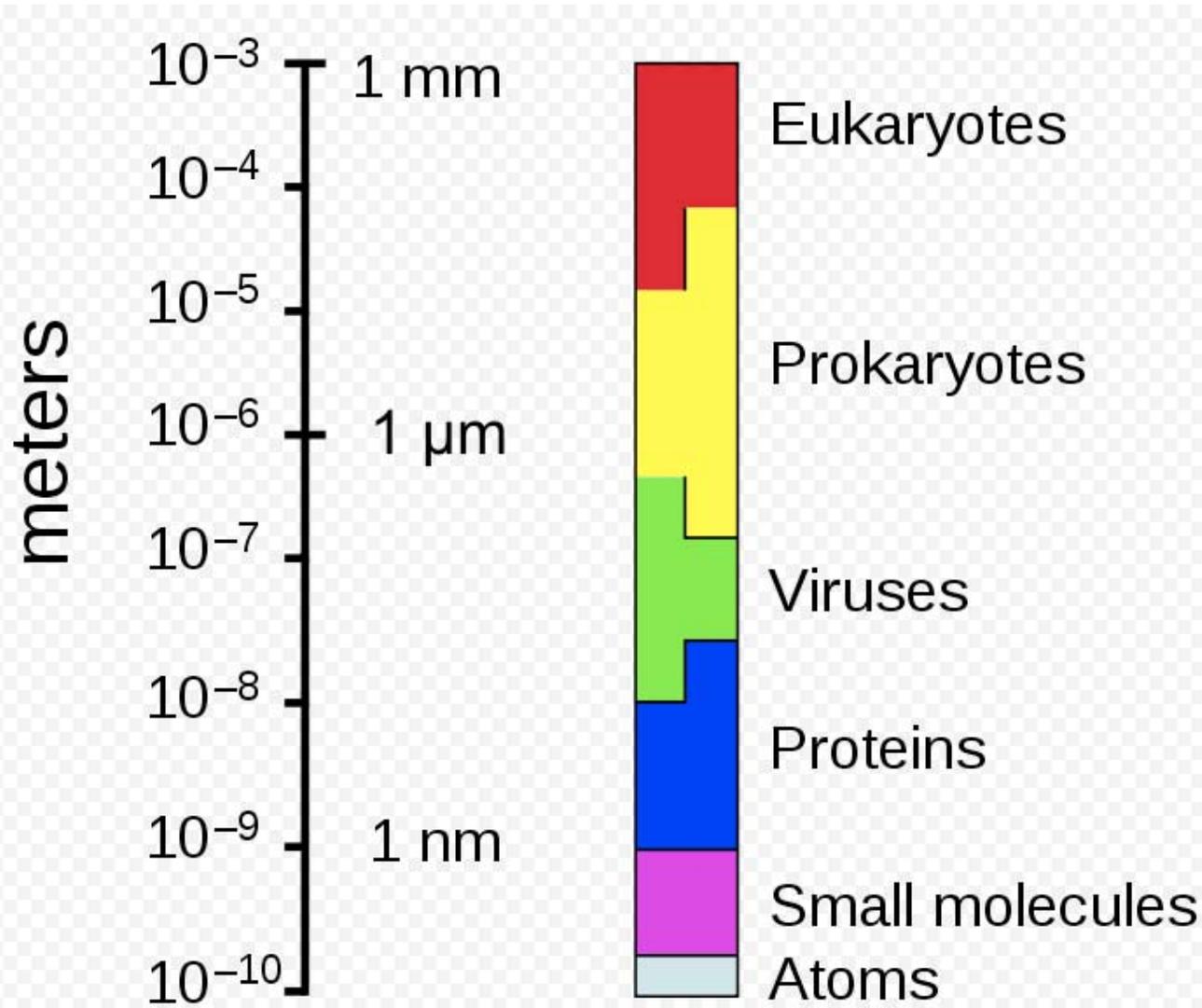
Sketch of "rooted" Universal Phylogenetic Tree\*



Length of lines correspond to inferred evolutionary distances.  
 Based on 16S rRNA sequence data.  
 \*based on Carl R. Woese [1994]. Microbiological Reviews 58:1-9.



# Tamaño: 50 nm a 50 metros



# Células procariotas

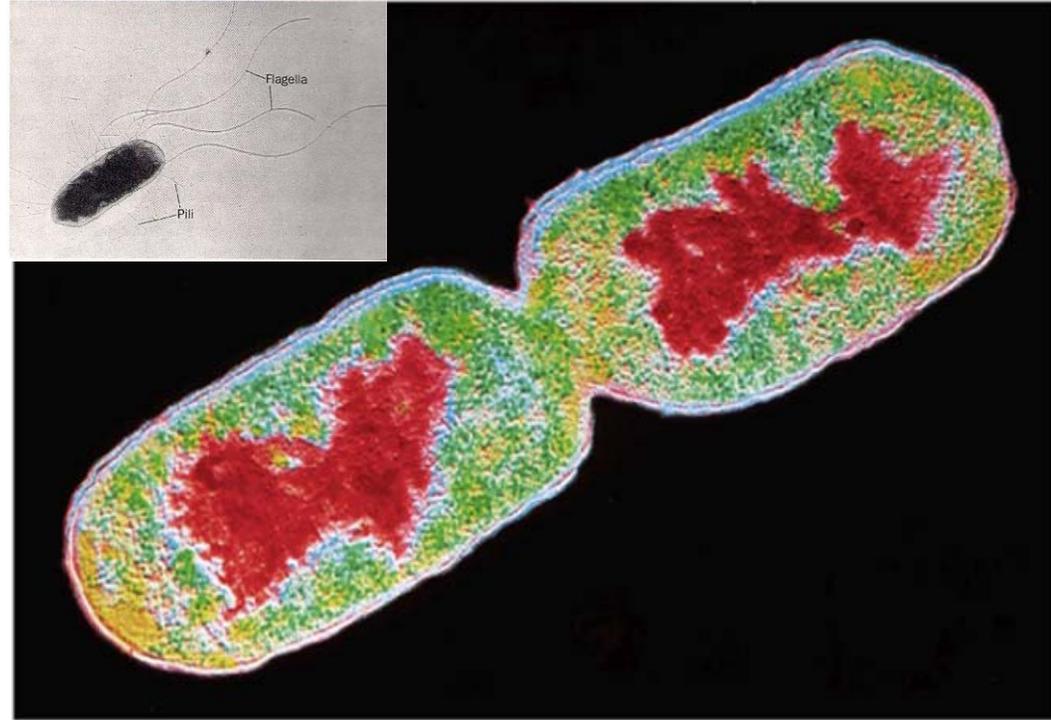
Células sin membrana nuclear.

Material genético está “libre” dentro del citoplasma.

El ADN se encuentra en forma circular.

Ausencia de organelos diferenciados.

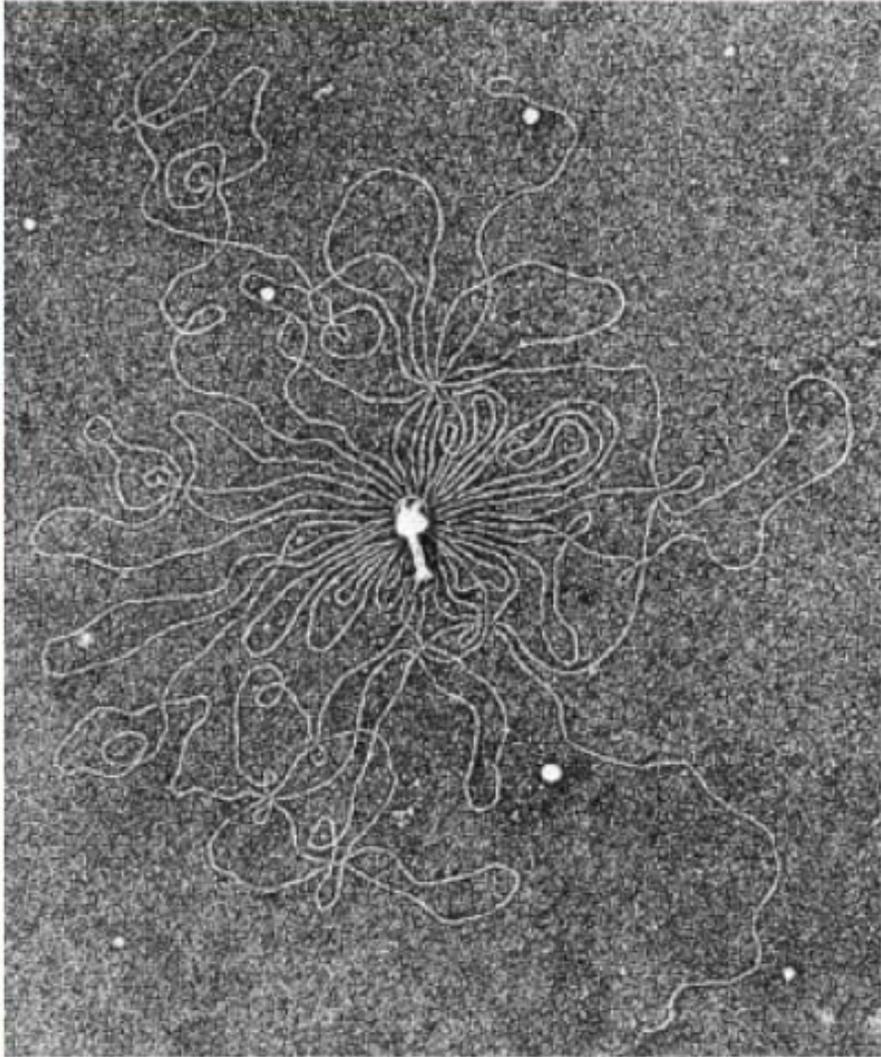
Los procariontes son una clasificación poli-filética. Es decir, incluyen dos (o más) grupos de origen evolutivo diferente (Arquea y Bacteria)



Micrografía Electrónica de E.Coli

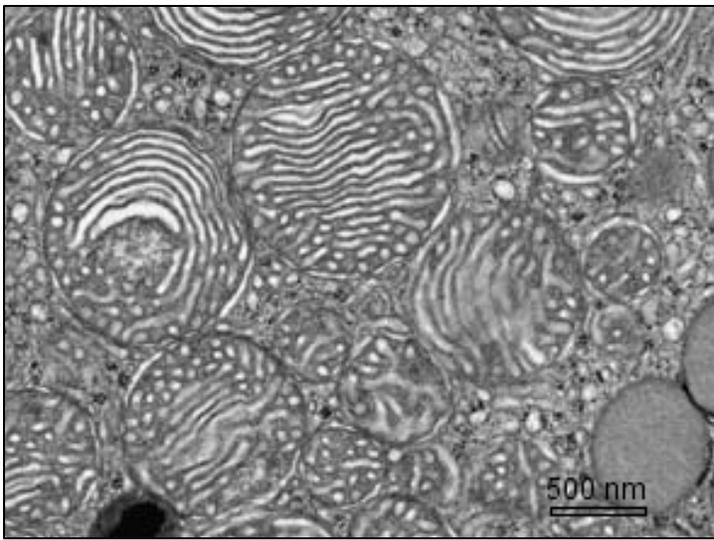
0.6  $\mu\text{m}$

# Comparación de la información: ¿Cantidad de ADN? ¿Cantidad de Genes?

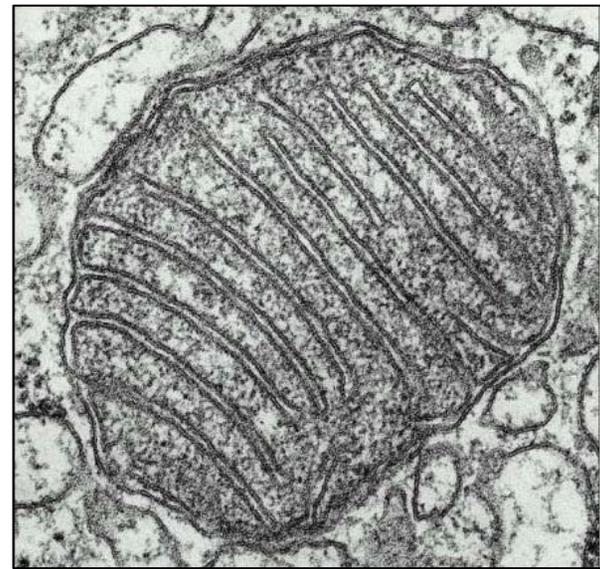


0.5  $\mu\text{m}$

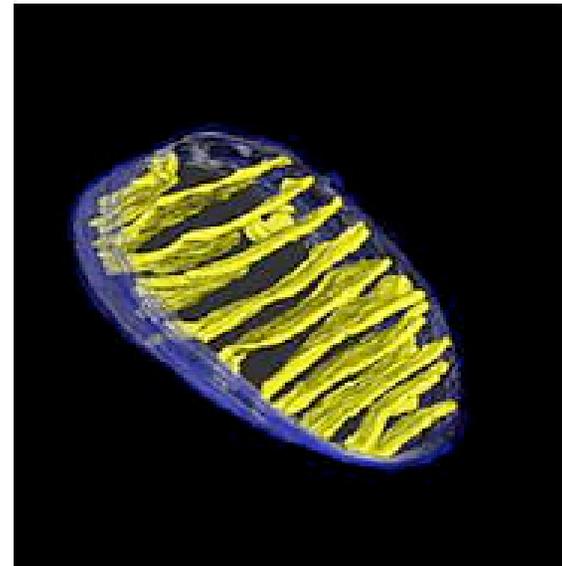




Mitocondrias de crestas tubulares.  
Glándula suprarrenal

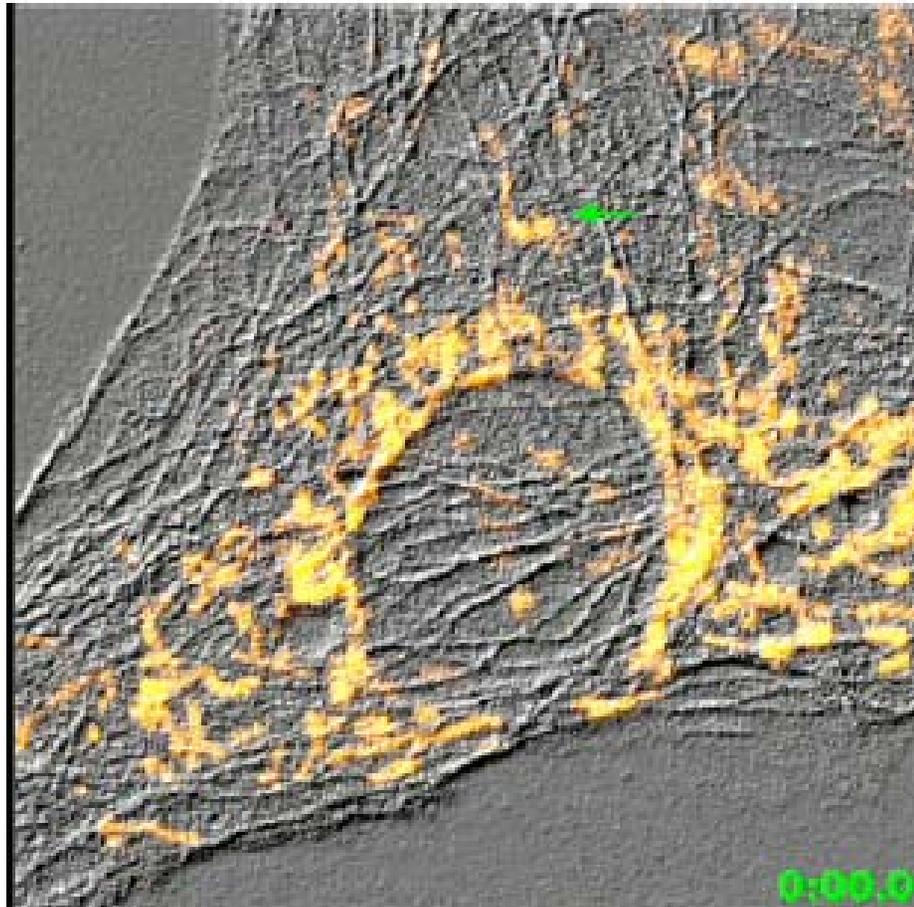


Mitocondrias de crestas Laminares



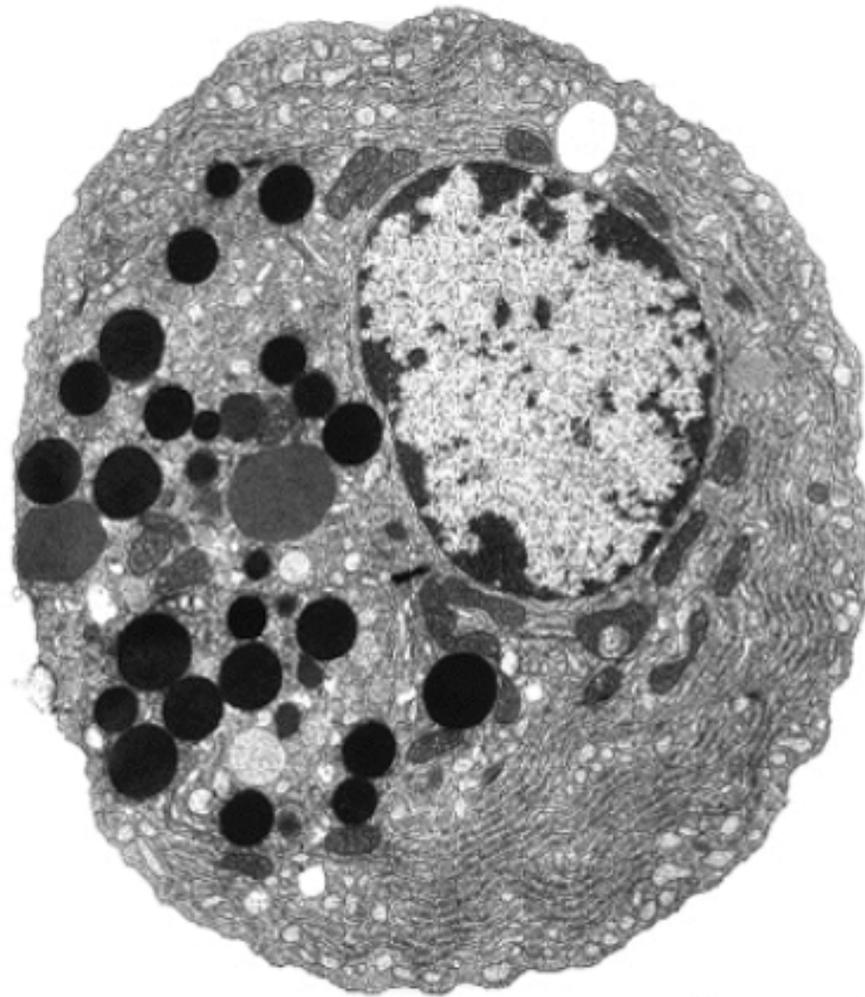
Reconstrucción de tomografía de mitocondrias  
con crestas laminares. Tejido: grasa parda.  
Perkins et al (1998). J. Bioenergetics and Biomembranes, 30, 431-442.

# ¿Seres vivos dentro de otros seres vivos?



Mitocondrias en movimiento por sobre citoesqueleto de microtúbulos. Células H9c2 expresan tubulinaGFP, con las mitocondrias marcadas con mitoDsRed.  
Yi et al, 2004. JCB, Volume 167, Number 4, 661-672

# Células eucariontes



0.5  $\mu\text{m}$

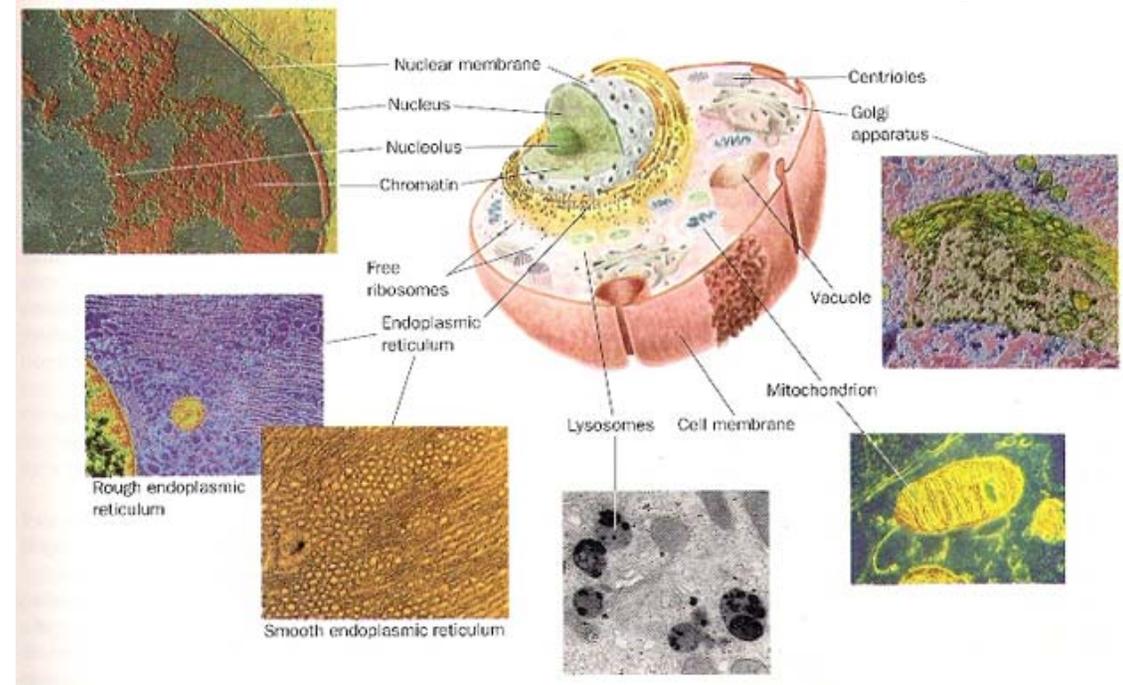
# Características:

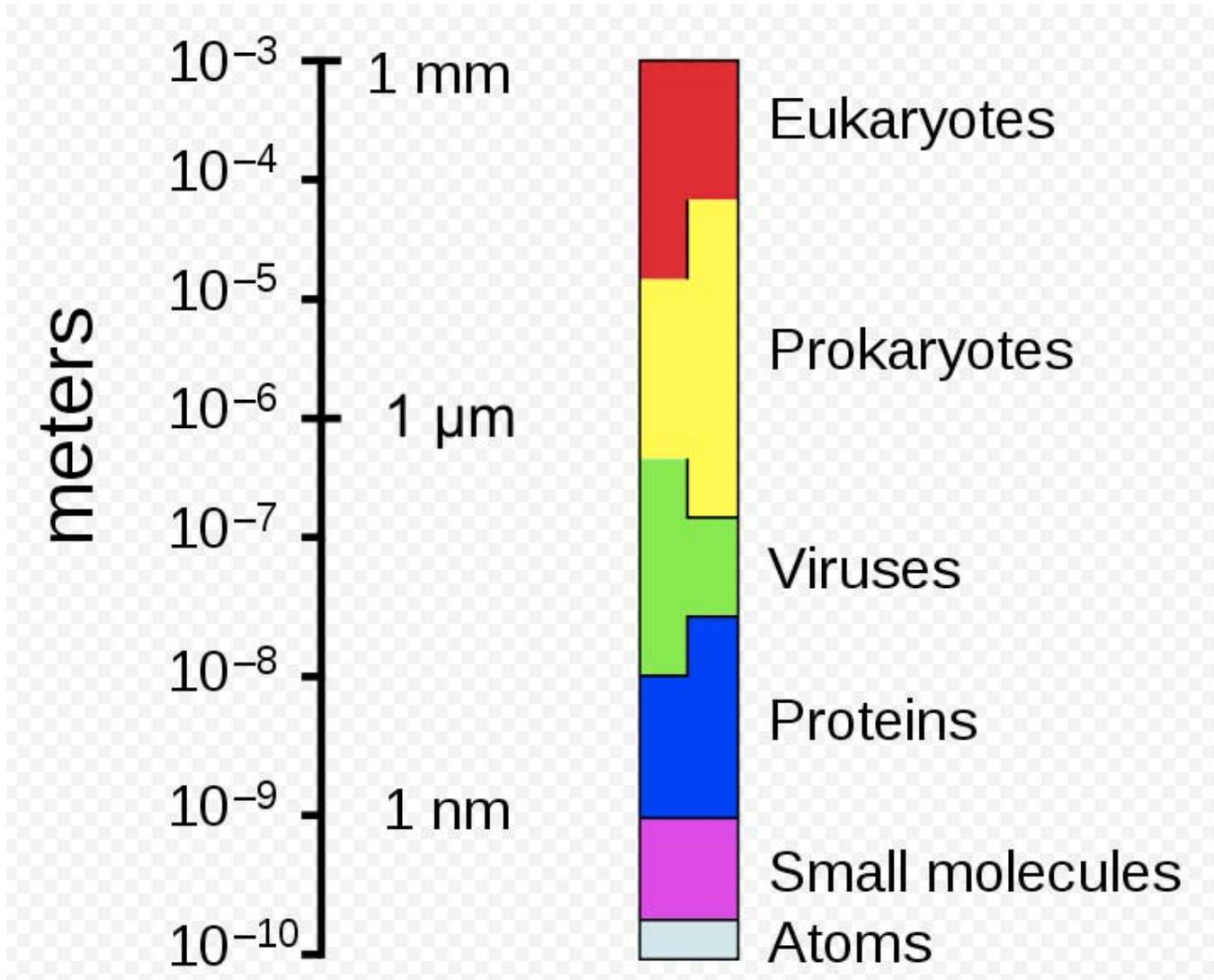
Membrana nuclear que envuelve (y protege) el material genético.

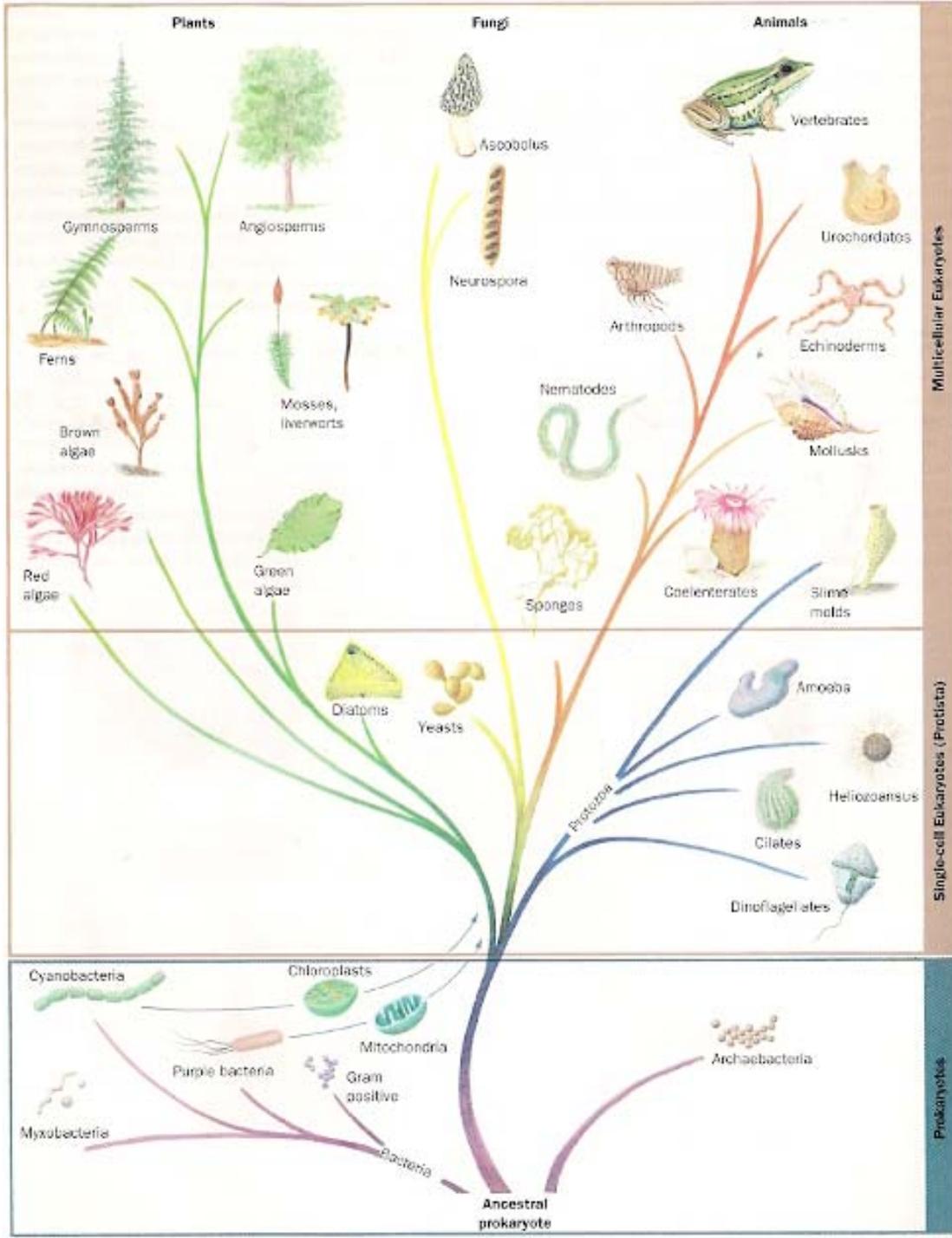
ADN en forma de cromosomas (no circular).

Organelos delimitados por Membranas Intracelulares (retículos, lisosomas, peroxisomas)

Organelos rodeados de dobles membranas (mitocondrias y cloroplastos). ¿por qué?

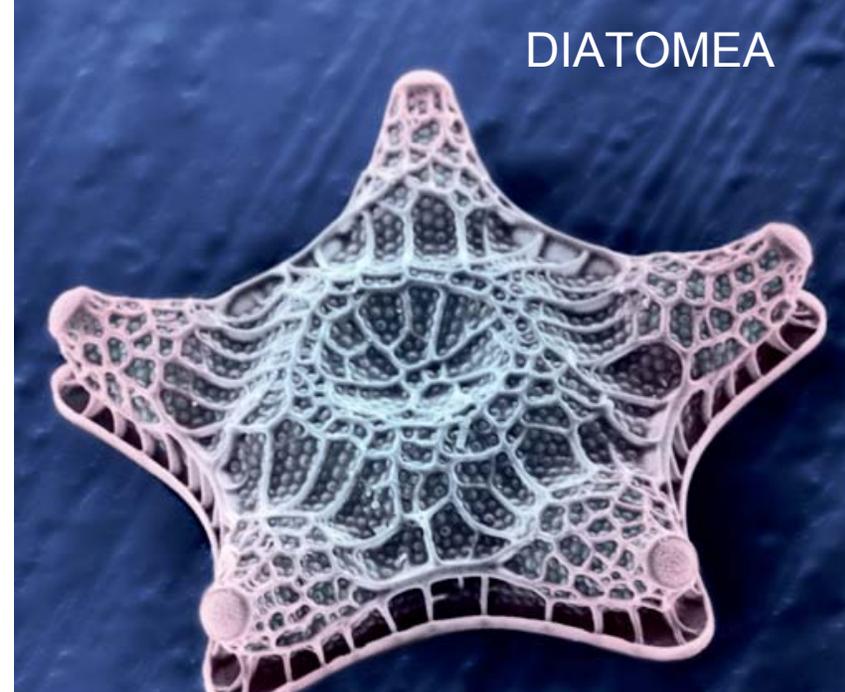






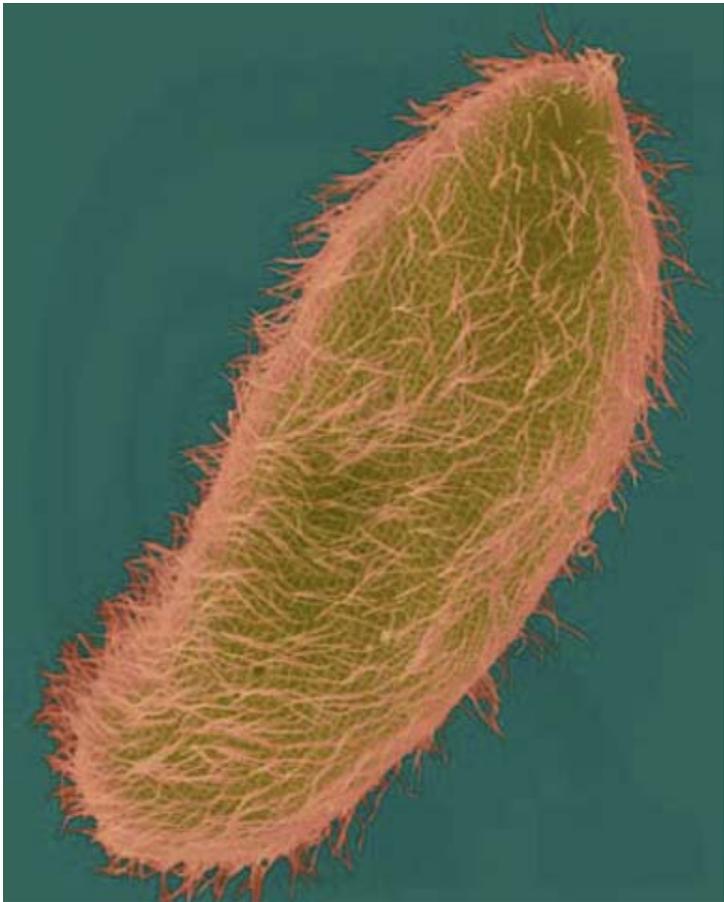
# Eucariontes Unicelulares

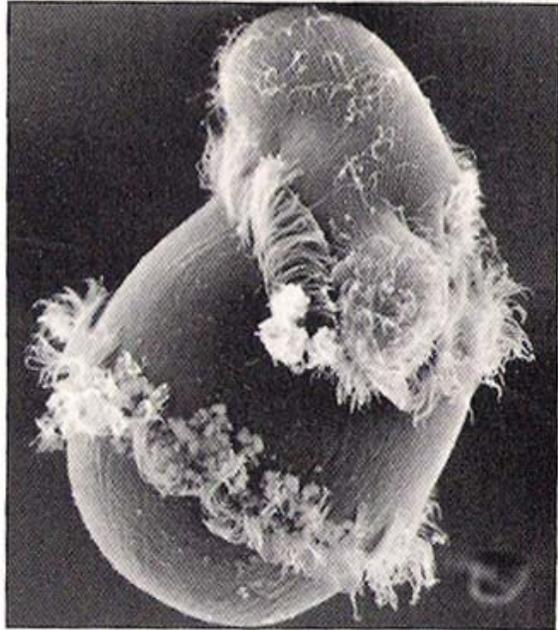
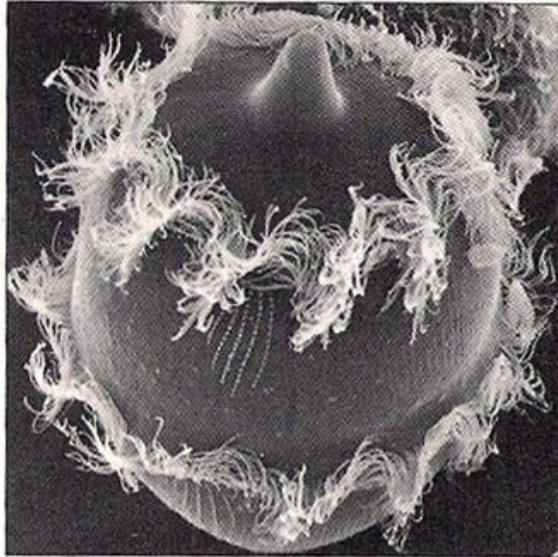
- Amebas
- Paramecios
- Hongos y Levaduras
- Algas
- Dinoflagelados
- Diatomeas





PARAMECIO





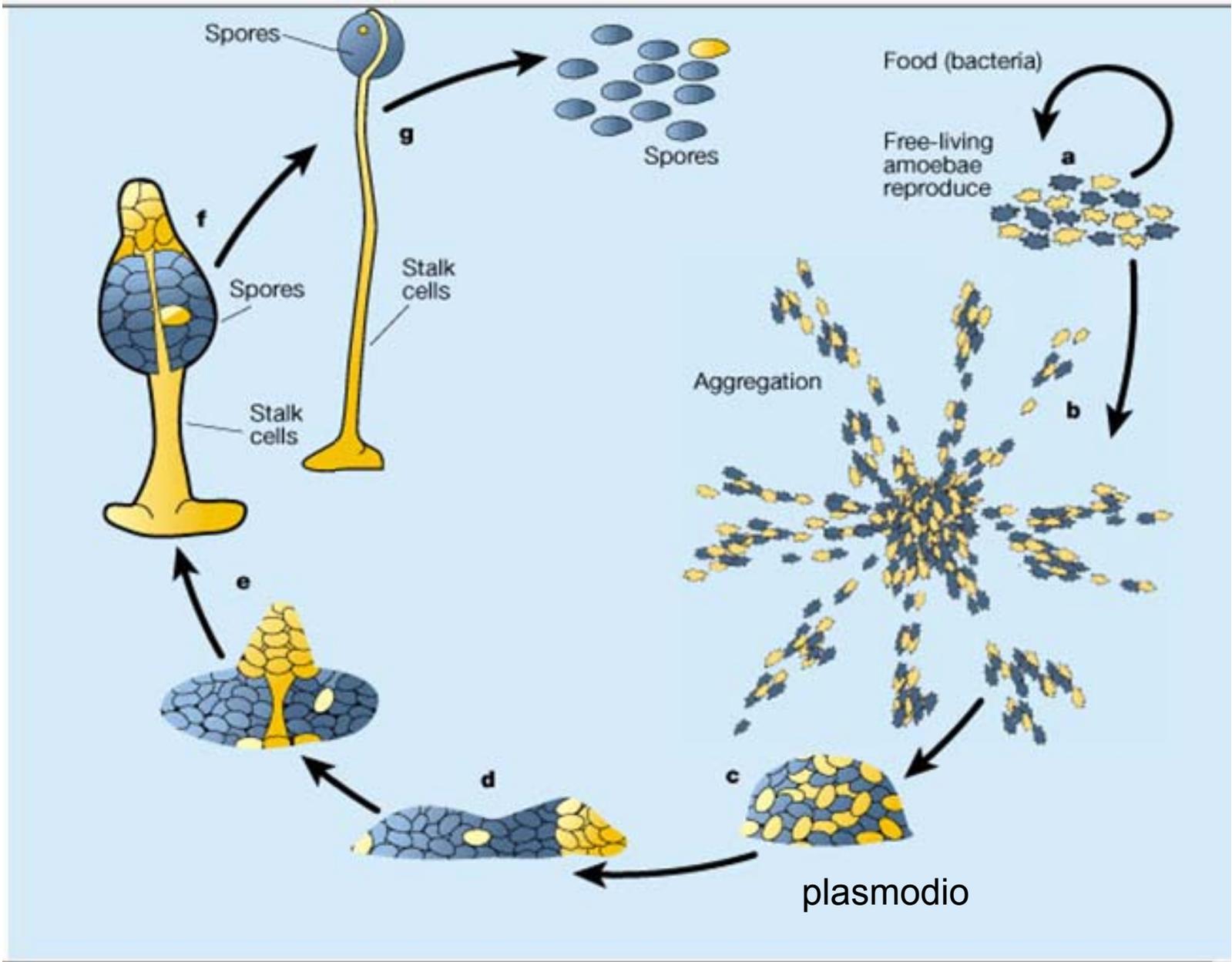
100  $\mu\text{m}$

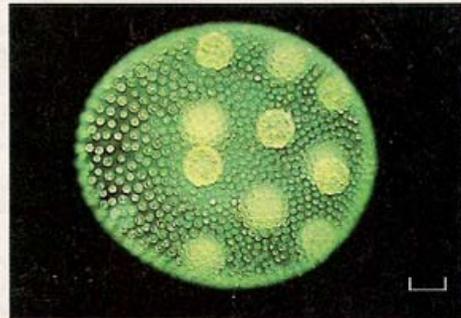
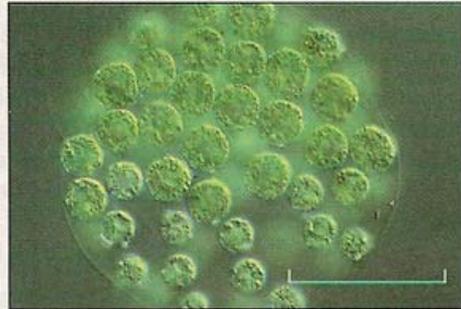
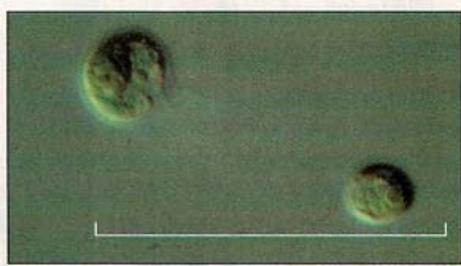
## “Un protozoo comiendo a otro”

Didinio: Organismo unicelular ciliado que posee dos anillos de cilios que permiten su movimiento en el agua. En un extremo se encuentra una protuberancia similar a un hocico desde donde libera dardos paralizantes para atacar a su presa (normalmente un paramecio) y luego lo envuelve.

# Rumbo a multicelular







the scale bar shown represents  
50  $\mu\text{m}$  in each case

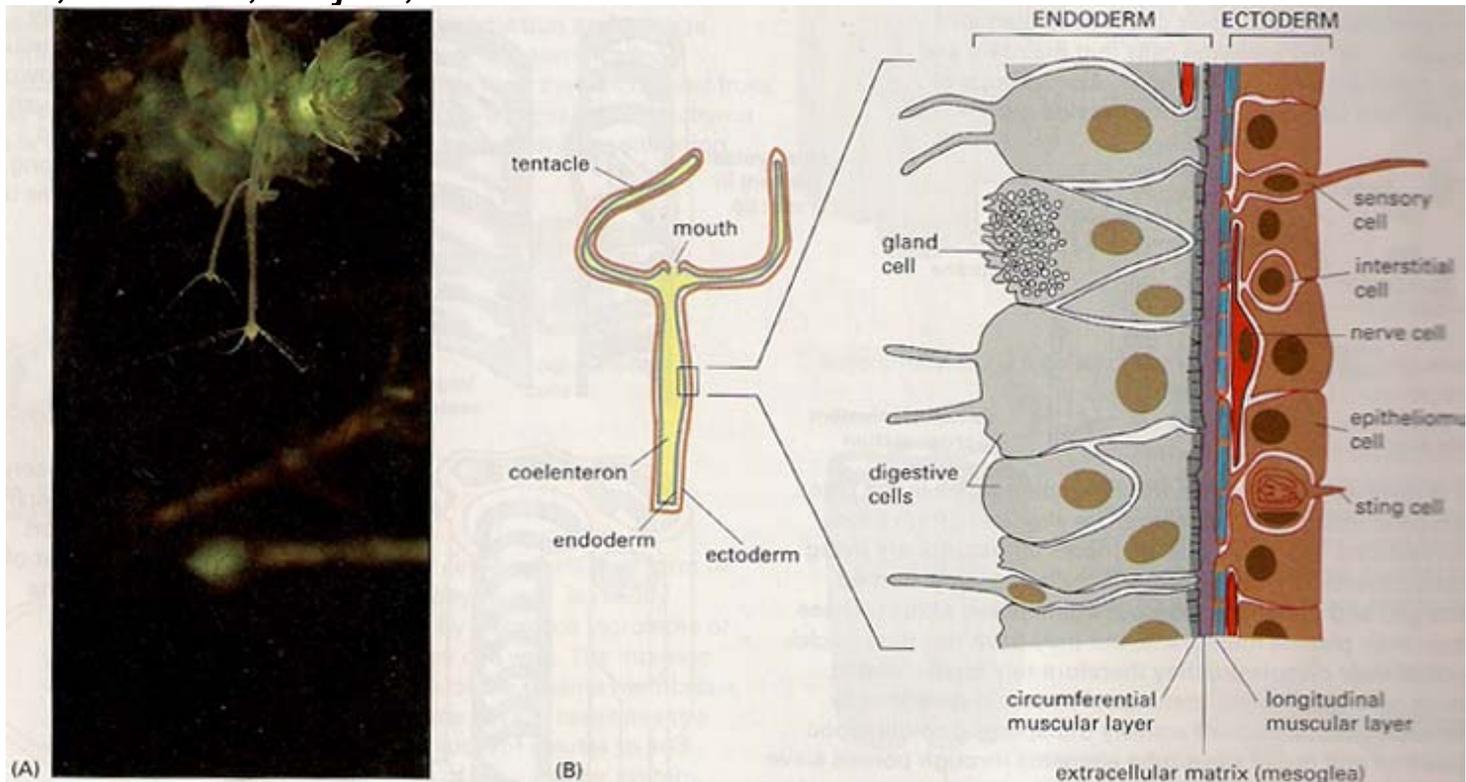
Algas verdes: Distintos niveles de organización.

Se aprecian de manera unicelular hasta formar colonias y grupos de colonias, donde adquieren funciones diferenciadas para preservar el organismo.

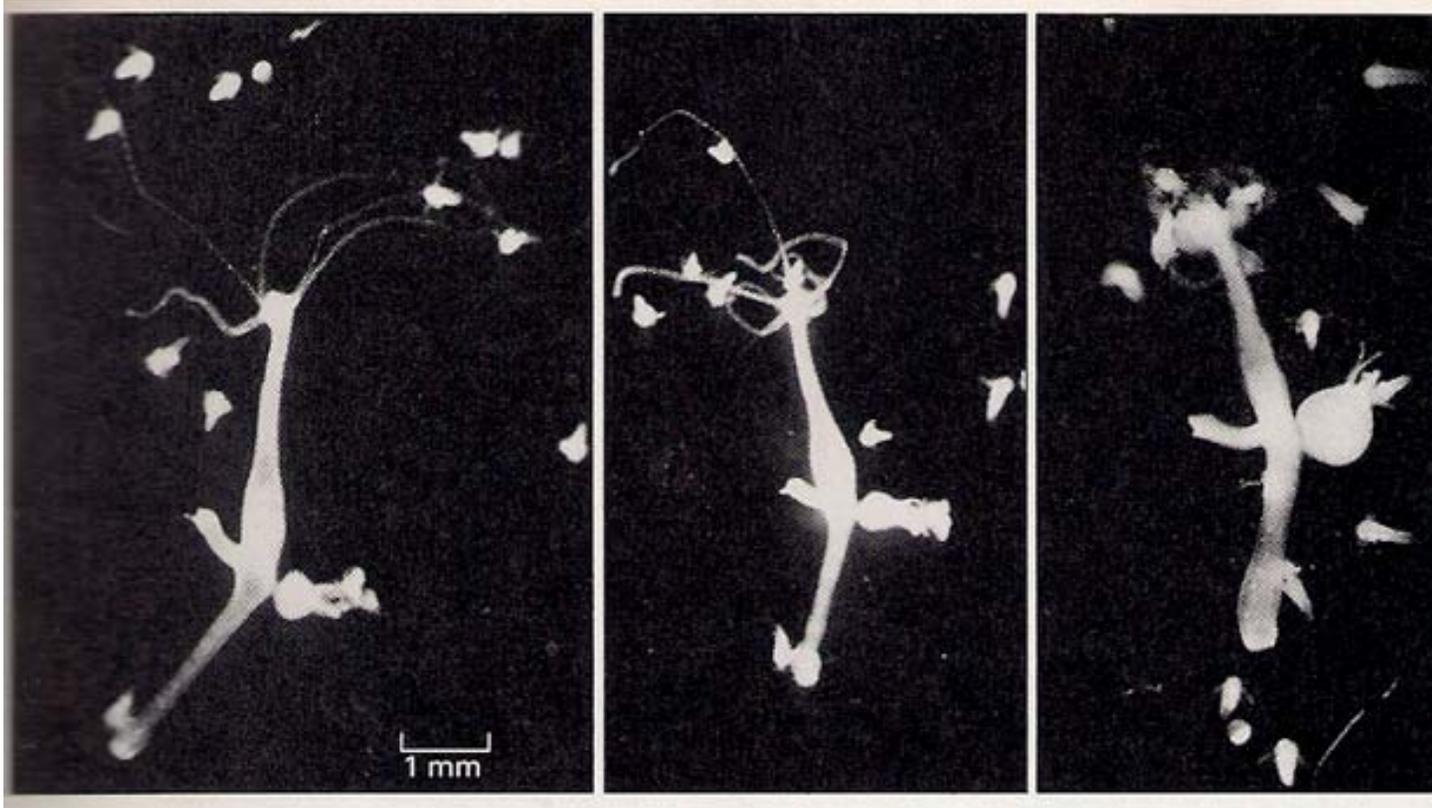
# Organismos multicelulares

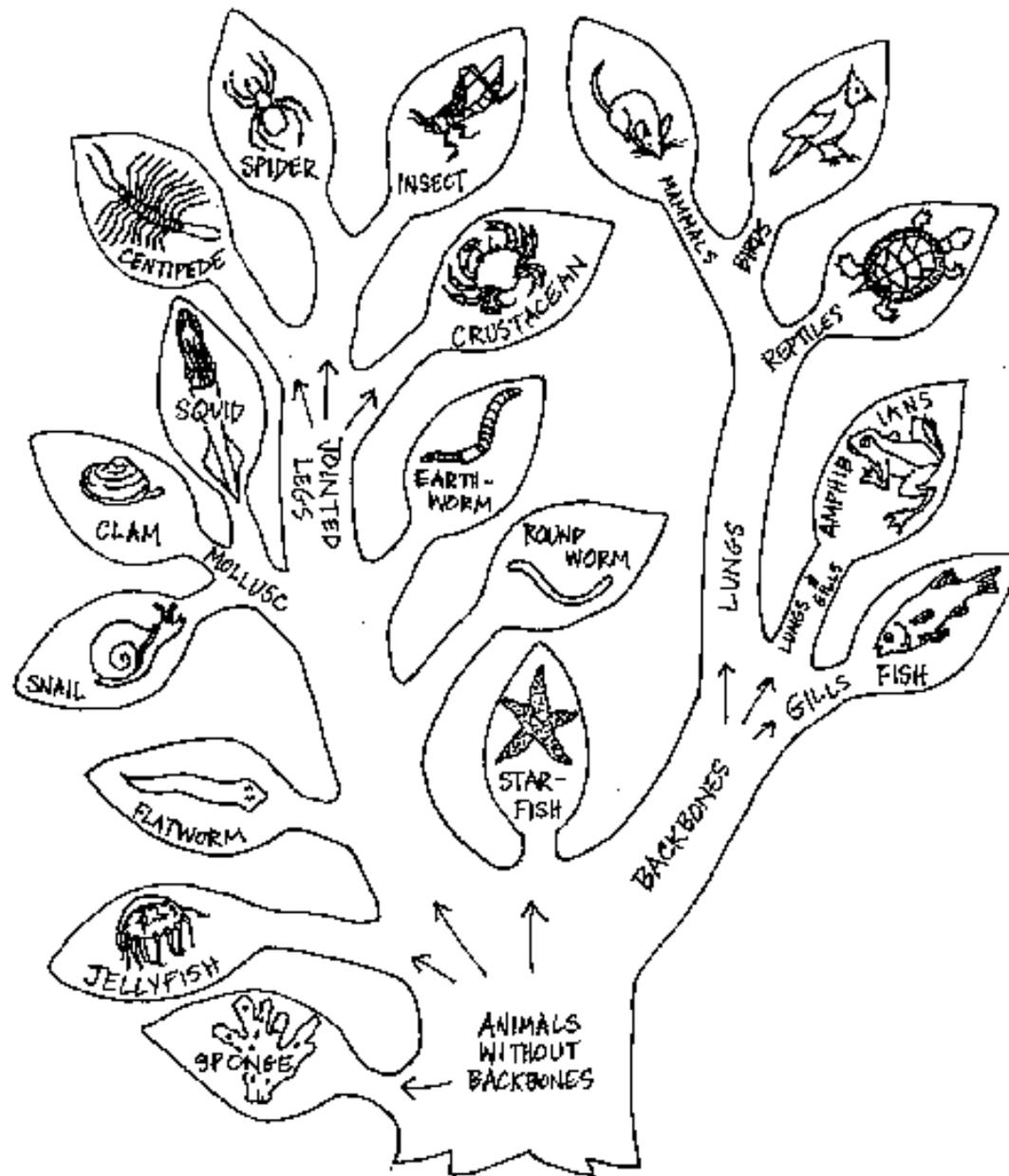
- Organización de tejidos:
  - Muscular, Nervioso, Conectivo, Epitelio, sanguíneo.
  - Floema, Xilema, hojas, etc..

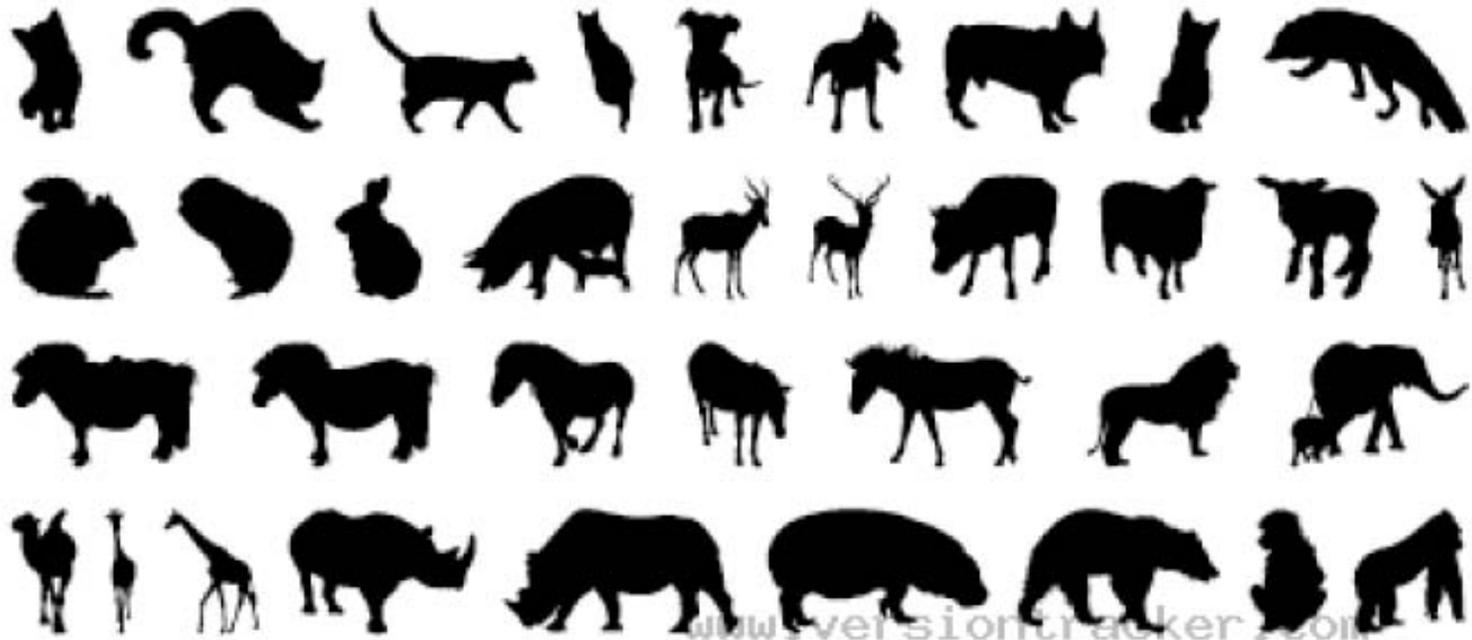
Hidra: (A) estado natural  
(B) Diagrama de la arquitectura celular del cuerpo de una Hidra típica



# Hidra comiendo pequeñas pulgas de agua

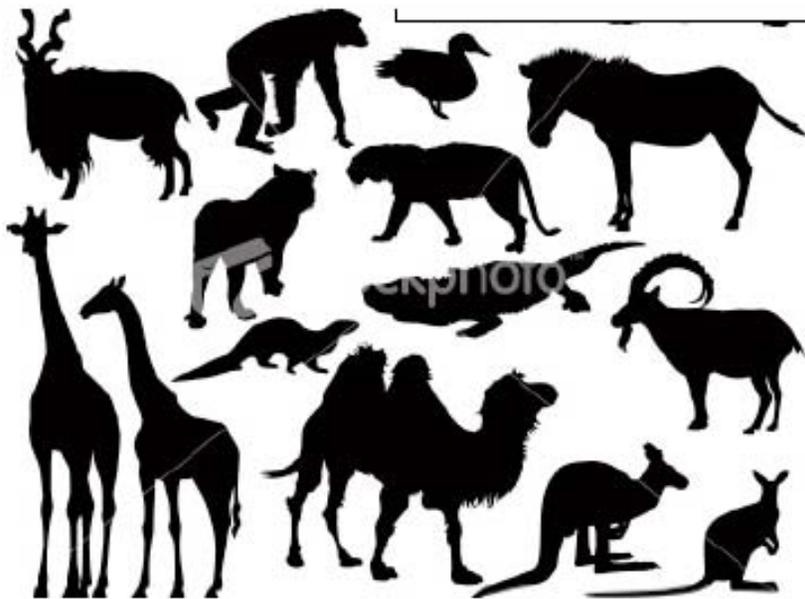






www.versiontracker.com

05-26-08 © Julie Fisher



SHUTTERSTOCK

1. ¿Cómo percibimos y describimos la diversidad?

2. ¿Cómo la estudiamos?

¿Es la percepción y la descripción un método adecuado?

¿cuándo sí? ¿cuándo no?

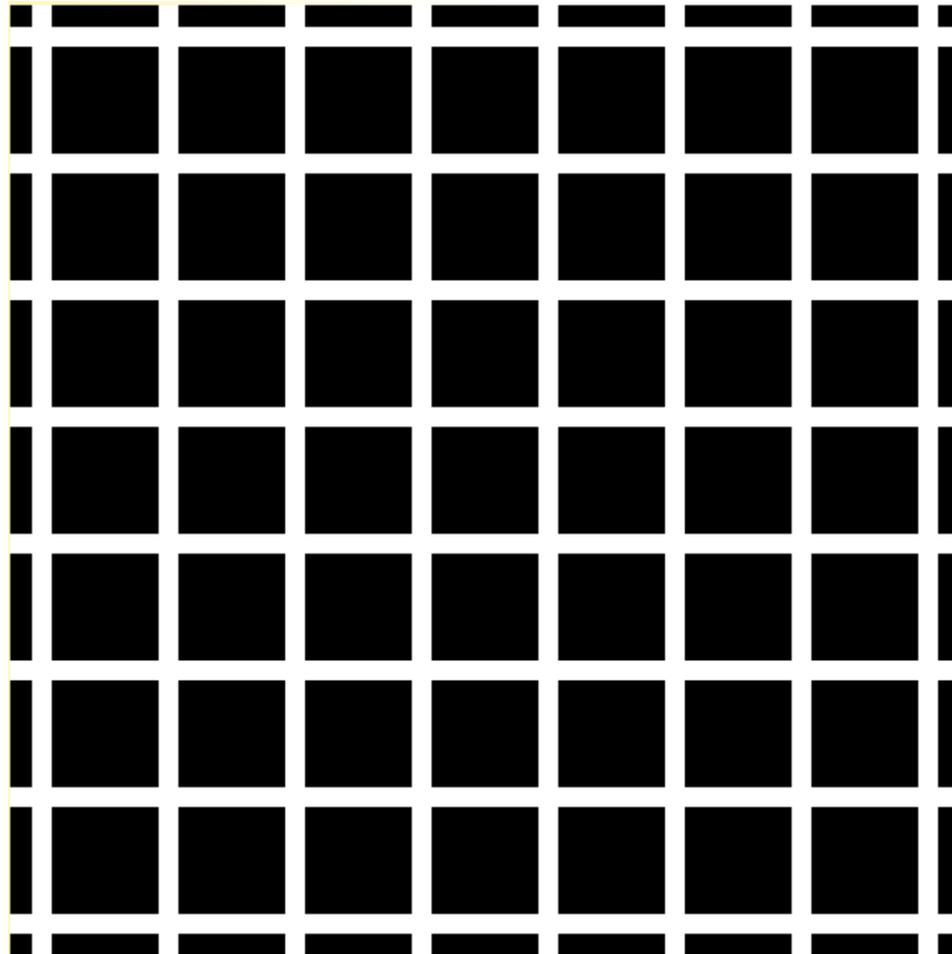
¿podemos SISTEMATIZAR?

Cuántas veces se pasan la pelota las personas con poleras blancas?

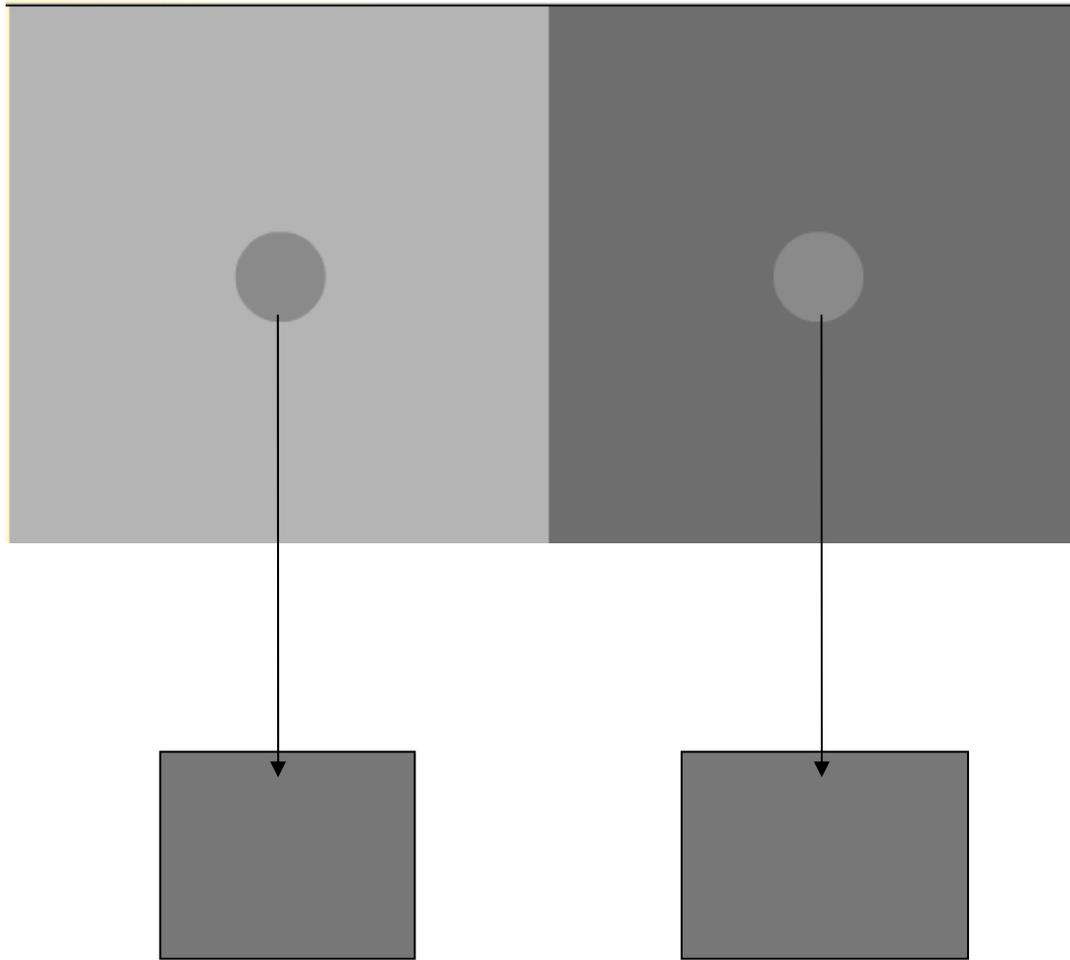
¿Son más rápidos que los de polera negra?

# Otros ejemplos

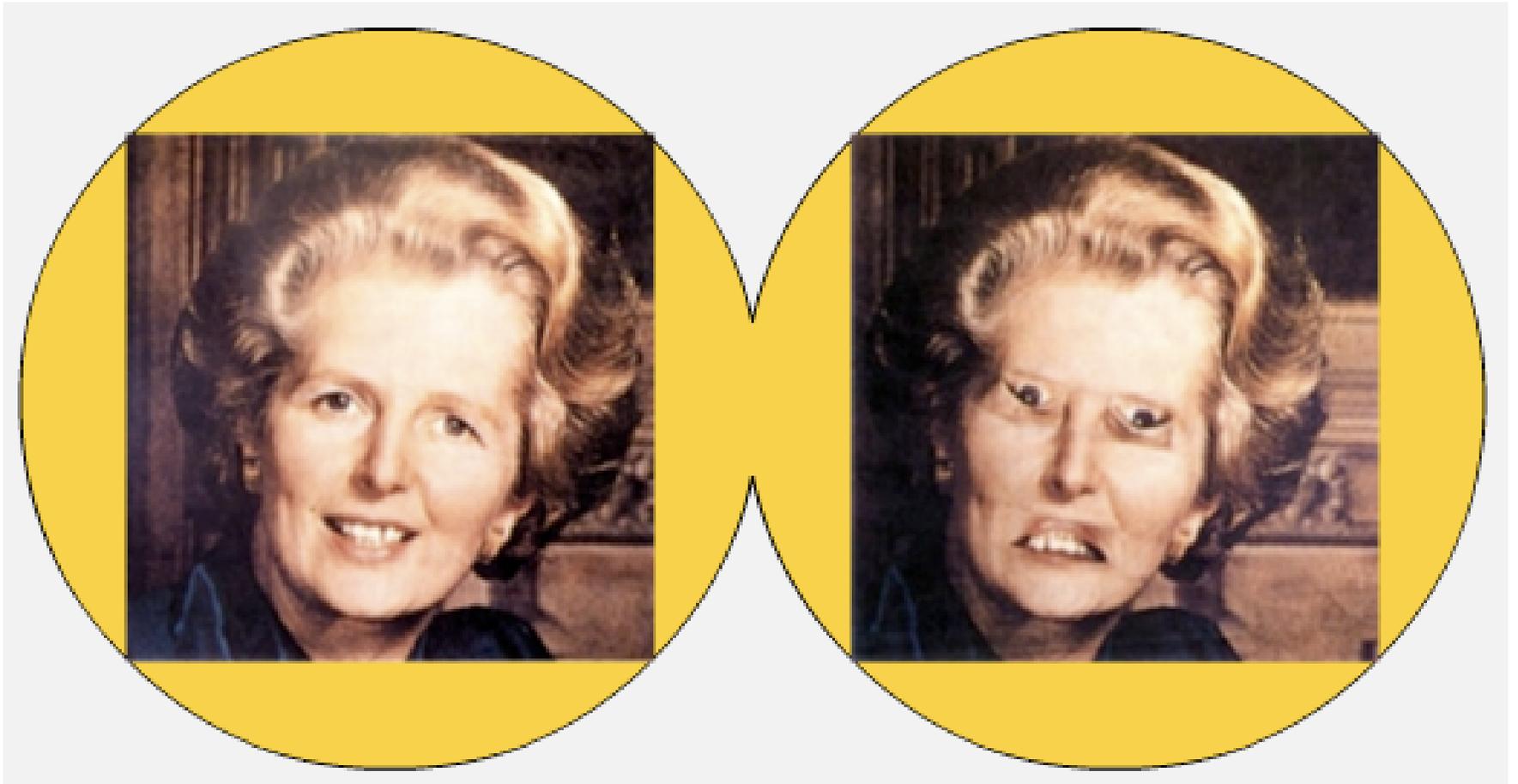
[http://www.uniklinik-freiburg.de/augenklinik/live/homede/mit/bach\\_en.html](http://www.uniklinik-freiburg.de/augenklinik/live/homede/mit/bach_en.html)



# Otros ejemplos







Thompson P (1980) Margaret Thatcher: a new illusion.  
Perception 9:483–484

Si la realidad es subjetiva,

**¿Cómo la estudiamos?**

# BIOLOGÍA

- Estudio de la vida
- **CIENCIA: Un método para descubrir información confiable sobre la naturaleza.**
- Información confiable: conjunto de conocimientos con una alta probabilidad de ser reales gracias a que han sido generados y confirmados por varios observadores utilizando métodos conocidos y validados.
- Abarca desde estudio de pequeñas moléculas hasta sistemas más complejos como ecosistemas
- ¿Cómo la estudiamos?

# Método Científico

Conjunto de procedimientos utilizados para la búsqueda sistemática de conocimiento a partir de:

1. Reconocimiento y formulación de un problema
2. Recolección de datos a través de la observación y la experimentación
3. Formulación y reexaminación de hipótesis

(Diccionario Merriam-Webster)

# Aplicación del Método Científico

## 1. **Percepción de una dificultad**

El individuo reconoce un problema ya que:

- a) Carece de los medios para resolver una interrogante (no existe información)
- b) Tiene dificultad para determinar el carácter del problema
- c) No puede explicar un acontecimiento inesperado

## 2. **Identificación y definición de la dificultad**

El individuo registra hechos, realiza observaciones que le permiten definir el problema con mayor exactitud.

### **3. Propone hipótesis (o soluciones) para el problema**

A partir de los hechos registrados, se formulan conjeturas que dan posibles soluciones al problema. Estas generalizaciones, se denominan Hipótesis y deben ser comprobables.

### **4. Deducción de las consecuencias a partir de las soluciones propuestas**

Deductivamente, ¿qué eventos serán observados si la hipótesis es correcta? Idealmente, que los eventos sean excluyentes entre dos hipótesis diferentes.

## **5. Verificación de la(s) hipótesis mediante la acción.**

- El individuo somete a prueba cada una de las hipótesis buscando hechos observables (experimentos) que permitan confirmar si las consecuencias de la hipótesis se mantienen. ¿concuerdan los hechos con las consecuencias deducidas? ¿Cuál es la solución más confiable al problema?

### **Consecuencias y condiciones:**

- Comunicación de los resultados
- Reproducibilidad de los resultados
- Intento de objetividad (sabemos que no somos objetivos, pero intentamos serlo).
- Generalización: Las TEORIAS engloban campos más amplios del conocimiento, uniendo varias hipótesis en una estructura coherente. Dicha estructura permite generar nuevas hipótesis o contextualizar eventos y/u otras hipótesis.

# Biología: estudio de la vida

- ¿Qué es vida?
- ¿Qué es un ser vivo?
  
- ¿Podemos llegar a una definición de la vida que nos permita generar hipótesis? ¿Cómo podemos generalizar?
  
- EJERCICIO:

# Ejercicio: Concepto de ser vivo

- ¿Quiénes hicieron la tarea?
- Discutir las definiciones entregadas. Tomar en cuenta los pasos del método científico.

# Definiciones de la vida (cuidado, traducciones libres)

- Listado de requerimientos de los seres vivos:
  - Los seres vivos requieren adquirir energía (¿cómo?).
  - Los seres vivos necesitan eliminar sus desechos.
  - Los seres vivos crecen y se desarrollan.
  - Los seres vivos responden a su medio ambiente.
  - Los seres vivos se reproducen y heredan sus características (preservación).
  - Los seres vivos tienen márgenes de adaptación y de acuerdo a la selección pueden ir adaptándose a cambios en su medio.

# Definiciones de la vida

## (cuidado, traducciones libres)

- Jean Baptiste Lamarck (1802):

La vida es un fenómeno natural consistente en un modo peculiar de organización de la materia. Los organismos vivos están formados por los mismos elementos y las mismas fuerzas físicas que componen la materia inanimada; los reinos animal y vegetal sólo difieren, por tanto, del reino mineral por el modo de organización interna de los mismos elementos. La vida ocurre siempre y cuando persista en oponerse a la muerte.

- Ludwig Büchner (1855):

La generación espontánea existe. Las formas de vida más avanzadas se han desarrollado gradual y lentamente a partir de formas de vida más básicas por efecto de los estados del planeta, sin intervención de una fuerza superior.

- L.S. Beale(1871):

La vida es un poder, una fuerza o propiedad con condiciones especiales y particulares, la cual influencia a la materia y a las fuerzas ordinarias; sin embargo, es diferente de ellas y no se le puede correlacionar.

- Re. Bastian (1872):

Los seres vivos son agregados peculiares de materia común y de fuerzas ordinarias que en estados separados no poseen las cualidades agregadas (emergentes) que conocemos como vida.

# Definiciones de la vida (cuidado, traducciones libres)

- Ernst Haeckel (1866)

Cualquier hipótesis detallada que concierna el origen de la vida debe ser considerada inútil debido a que, hasta ahora, no contamos con información adecuada acerca de las condiciones extremadamente peculiares de la tierra durante el tiempo en que se desarrollaron los primeros organismos.

- Claude Bernard (1878):

La vida no es un principio o una resultante. No es un principio porque, de estar dormante o expectante, no podría actuar por su cuenta. Tampoco es un resultado porque las condiciones fisicoquímicas que gobiernan su manifestación no pueden darle una direccionalidad o forma definitiva. Ninguno de estos factores, la dirección de fenómenos o el ensamblaje de condiciones materiales puede explicar la vida. Se requiere la Unión, por lo tanto, la vida es para nosotros un conflicto.

- Claude Bernard (1878b):

En una sola frase: la vida es creación.

- F. Engels(c1880):

No existe fisiología que sea científica si no considera la muerte como una parte esencial de la vida. Vivir significa morir.

# Definiciones de la vida (cuidado, traducciones libres)

- Wilhem Pfeffer (1897)

De la misma manera en que los conocimientos más completos de la química del carbón y del acero son insuficientes para entender un motor a vapor, la descripción química más completa de los cuerpos presentes en el protoplasma (lo vivo de la célula) es una explicación insuficiente de los procesos vitales. ‘

- J.H. Woodger (1929)

No es necesario detenerse a examinar la palabra VIDA ya que este término puede ser completamente eliminado del vocabulario científico. Es una abstracción indefinible y nos podemos arreglar perfectamente con el término “organismo viviente”, el cual puede ser demostrado.

- Niels Bohr (1933)

La existencia de la vida debe ser considerada un hecho elemental que no puede ser explicado, pero que debe ser tomado como el punto de partida en la biología, de manera similar a los eventos cuánticos, que aparecen como elementos irracionales desde un punto de vista de la física clásica

# Definiciones de la vida (cuidado, traducciones libres)

- Erwin Schrödinger, (1944).

Un organismo vivo continuamente aumenta su entropía acercándose al punto de equilibrio u orden (muerte). Sólo puede mantenerse alejado de este punto al tomar de su medio entropía negativa. Lo esencial del metabolismo es que el organismo logra liberarse de la entropía que no puede evitar generar al estar vivo.

- J. Perrett (1952)

La vida es un sistema abierto potencialmente autoperpetuante compuesto de reacciones químicas orgánicas catalizadas por complejos catalíticos generados por el sistema mismo.

- RD. Hotchkiss (1956)

La vida es la producción repetitiva de heterogeneidad ordenada.

- Herman Muller (1966)

Vivo es cualquier entidad que posee las propiedades de multiplicación, variabilidad y herencia.

- Lynn Margulis:

La unidad de la vida es la célula (The units of life are cells)

# Definiciones de la vida

## (cuidado, traducciones libres)

- Jacques Monod (1970)

Los seres vivos son máquinas teleonómicas, auto construídas y auto replicantes. Son las tres características fundamentales a todos los seres vivos: teleonomía, morfogénesis autónoma y reproducción invariante. (Teleonomía: que parece tener un propósito).

- Francisco Varela (1996)

Un sistema físico se puede considerar vivo si es capaz de transformar energía/materia externas a un proceso interno de auto mantenimiento y auto-generación. Esta definición es aplicable a niveles macro y micro, y puede generalizarse a un patrón general de vida mínima que podría incluir vida artificial.

- Tito Ureta

Son seres vivos aquellos sistemas teleonómicos que generan y mantienen un borde mediante procesos recursivos especificados y controlados por un programa que además contiene instrucciones para la copia del programa.

# Definiciones de la vida (cuidado, traducciones libres)

- Carole Cleland:
- La búsqueda de una definición es inútil o científicamente trivial.
- No podemos comenzar a entender los seres vivos desde sus propiedades ya que cometeremos el mismo error que los alquimistas al describir el agua como aquello que moja. Hoy entendemos que agua= $H_2O$ .
- Debemos generar una teoría de la vida de la misma manera en que los químicos construyeron una teoría de los elementos y los físicos una teoría del electromagnetismo.
- Las definiciones sólo tienen que ver con el lenguaje y los conceptos, no con el comprender.

# ¿Qué criterio usaremos en ESTE curso?

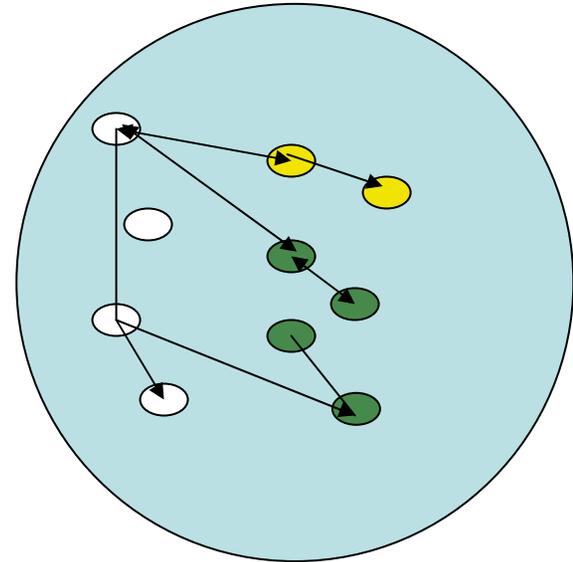
- Los postulados de Varela y Maturana tienen la ventaja de ser evaluables mediante hipótesis.
- Podemos considerarlos un paso en el establecimiento de una teoría de la vida.

Entonces:

- Criterio de definición:
- Organización:
  - un ser vivo es una máquina autopoietica

# Máquina autopoietica

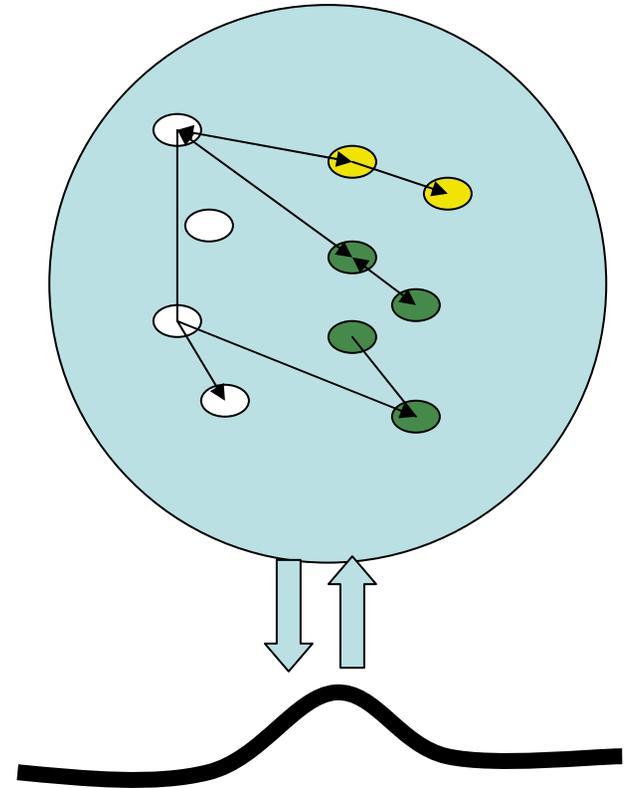
- Máquina organizada como un sistema de procesos de producción de componentes concatenados
- De tal manera que generan los procesos (relaciones) de producción que los producen a través de sus continuas interacciones y transformaciones.
- Estas constituyen a la máquina como una unidad en el espacio físico.
- Una máquina autopoietica continuamente especifica y produce su propia organización a través de la producción de sus propios componentes, bajo condiciones de continua perturbación y compensación de esas perturbaciones



Una máquina autopoietica  
tiene a su propia  
organización como la variable  
que mantiene constante.

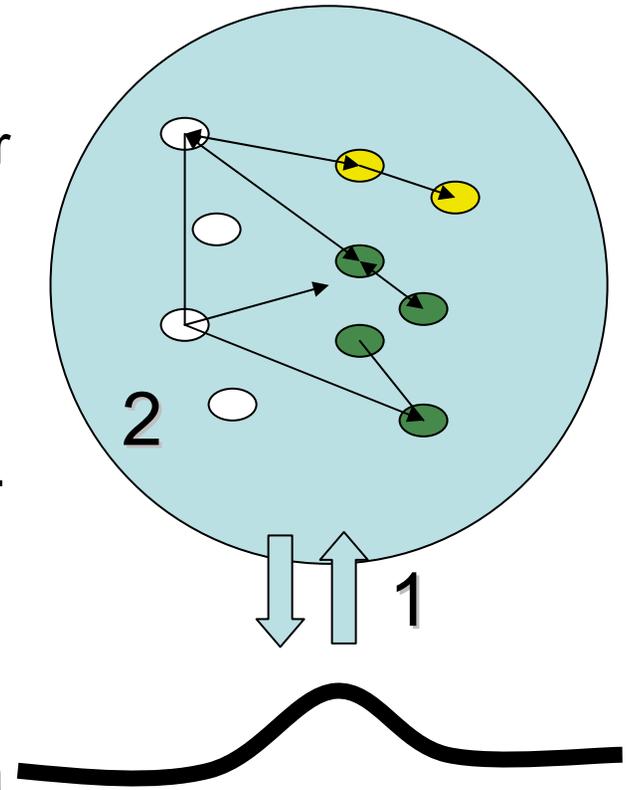
# ¿Qué es un ser vivo?

- Una unidad autopoiética:
- Un sistema organizado como una red de procesos de producción de componentes (síntesis) en forma tal que estos componentes:
  - Se regeneran continuamente e integran la red de transformaciones que los produjo.
  - Constituyen al sistema como una unidad distinguible en su dominio de existencia.



## Criterios de “validación” para la autopoiesis:

- Borde semipermeable:
  - verifique que el sistema se define por un límite o borde semipermeable constituido por componentes moleculares que permite discriminar entre el interior y el exterior del sistema en relación con los componentes relevantes del sistema.
- Red de reacciones:
  - Verifique que los componentes de la barrera son producto de una red de reacciones que opera al interior de la barrera
- Interdependencia:
  - verifique que la red de reacciones es regenerada por condiciones producidas por la existencia de la misma barrera, es decir que los criterios 1 y 2 son interdependientes. Si es así, el sistema es autopoietico



## **ETAPAS PROPUESTAS PARA EXPLICAR EL ORIGEN DE LA VIDA**

**Formación del planeta con atmósfera de gases que podrían servir como materias primas ( $4.5 \times 10^9$  años)**

**Síntesis de monómeros con “actividad biológica”**

**Polimerización de los monómeros en un medio acuoso (que favorece la despolimerización)**

**Segregación de gotitas de la sopa de Haldane con formación de protobiontes dotados de química e identidad propias**

**Desarrollo de algún tipo de maquinaria reproductora capaz de asegurar que los descendientes adquieran las mismas capacidades químicas y metabólicas de quienes los originaron**

# ETAPAS PROPUESTAS PARA EXPLICAR EL ORIGEN DE LA VIDA

**Formación del planeta con atmósfera de gases que podrían servir como materias primas ( $4.5 \times 10^9$  años)**

**Síntesis de monómeros con “actividad biológica”**

- Atmósfera primitiva formada principalmente por  $N_2$  y  $CO_2$ .
- Se postula además (Kasting, 1993) una importante presión atmosférica por alta concentración de  $CO_2$  (10 – 100 atm).
- Efecto invernadero que permitió el calentamiento del planeta.
- Fuerte actividad eléctrica y volcánica que aportaría componentes químicos y energía.
- Formación de múltiples compuestos orgánicos.

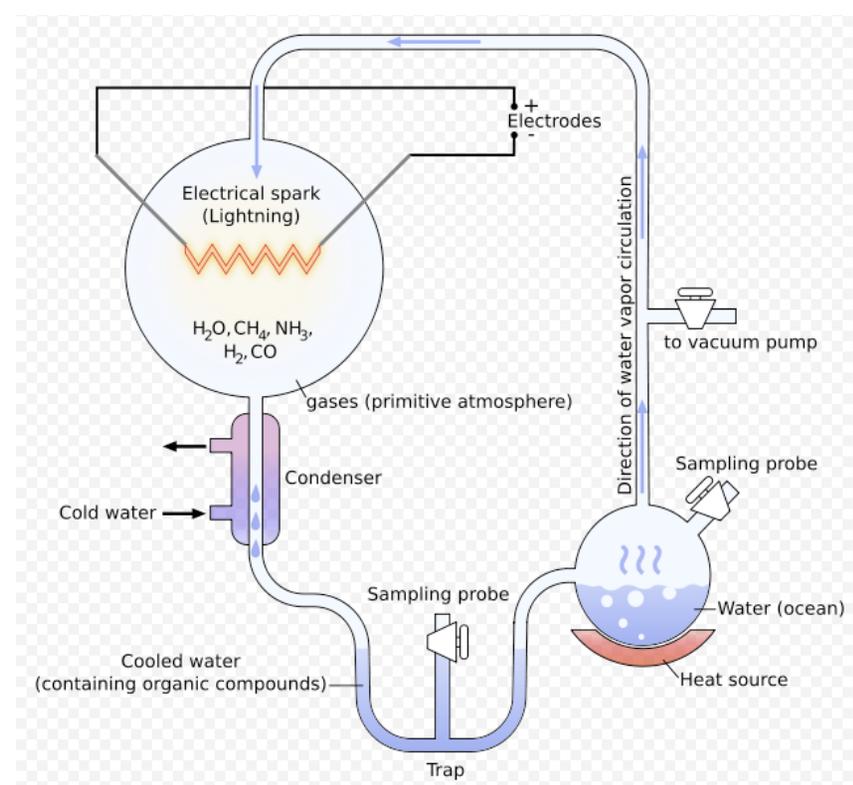
¿Que evidencia tenemos?

# Se han podido generar compuestos orgánicos básicos a partir de compuestos inorgánicos

- Oparin y Haldane (c1930)

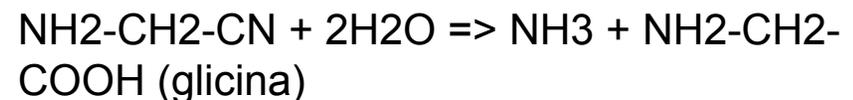
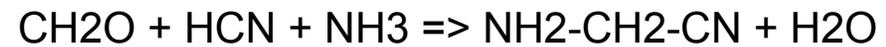
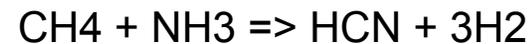
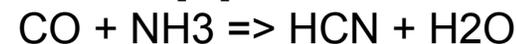
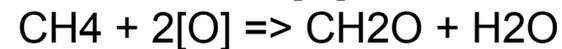
La vida no podría surgir en una atmósfera oxidante (el oxígeno capta al hidrógeno libre imposibilitando la formación de molec. orgánicas) atmósfera primordial reductora (rica en H y dadores : CH<sub>4</sub>, NH<sub>3</sub>).

- Miller (1953): tomar los componentes de la atmosfera pre-biótica y someterlo a condiciones similares: 1 semana despues: 5 aminoácidos (hoy se detectan 22 aa en ese mismo tiempo)



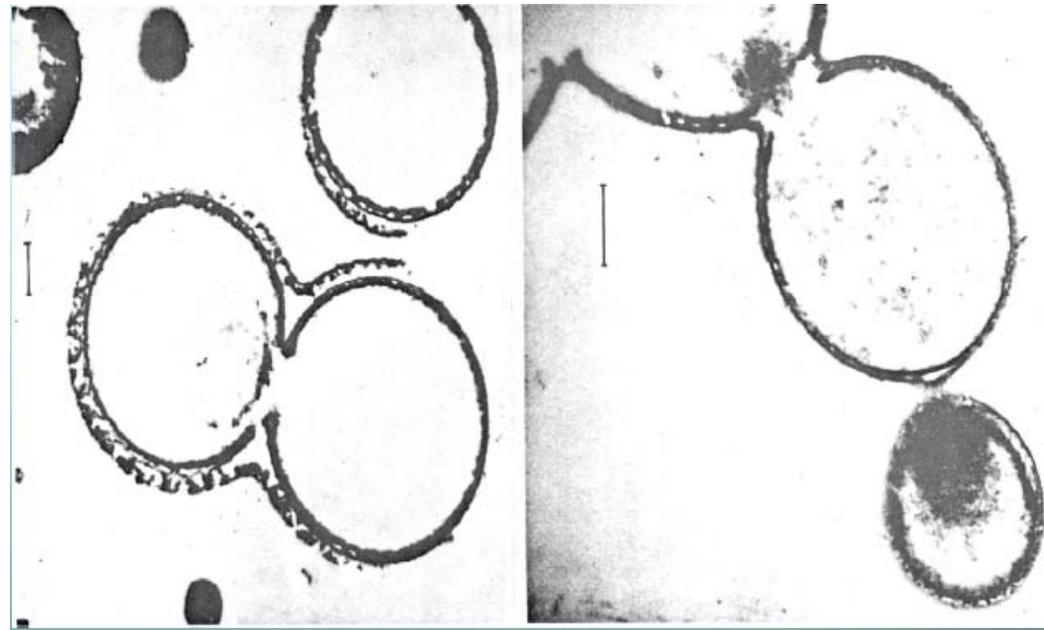
Reacción inicial:

H<sub>2</sub>O, metano (CH<sub>4</sub>), amoniaco (NH<sub>3</sub>) e hidrógeno (H<sub>2</sub>).



## Otras evidencias

- Microesferas de Sidney Fox:
- Mezclas de aminoácidos (secos) sometidos a temperatura y luego solubilizados en agua caliente forman microesferas de 2  $\mu\text{m}$ , las cuales pueden ser estimuladas a crecer y dividirse al agregarles más material.



Izquierda. Límites bilamelares en microesferas de proteínoides teñidos con ácido ósmico y examinados al microscopio electrónico (Tomada de Fox, 1965).

Derecha. Microesfera de proteínoides sometida a un cambio de pH de dos unidades hacia el lado alcalino. Las líneas verticales indican 1  $\mu\text{m}$ . Tomada de Fox (1965).

## **ETAPAS PROPUESTAS PARA EXPLICAR EL ORIGEN DE LA VIDA**

**Formación del planeta con atmósfera de gases que podrían servir como materias primas ( $4.5 \times 10^9$  años)**

**Síntesis de monómeros con “actividad biológica”**

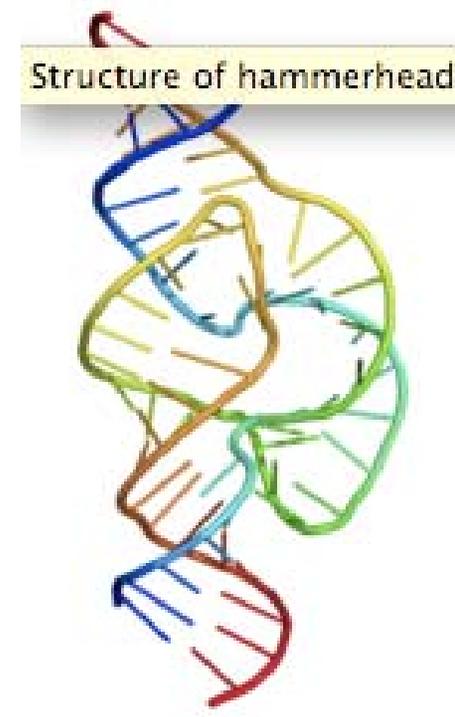
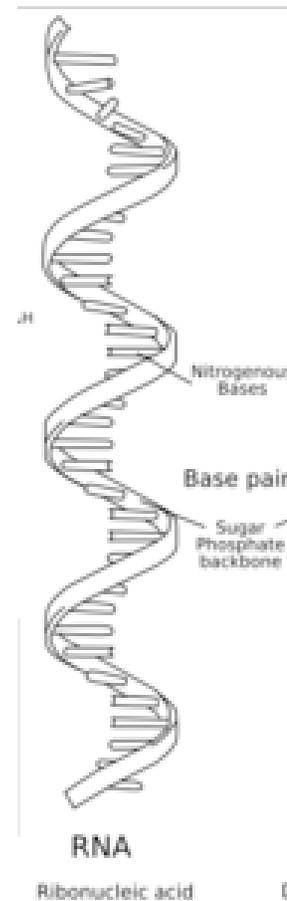
**Polimerización de los monómeros en un medio acuoso (que favorece la despolimerización)**

**Segregación de gotitas de la sopa de Haldane con formación de protobiontes dotados de química e identidad propias**

**Desarrollo de algún tipo de maquinaria reproductora capaz de asegurar que los descendientes adquieran las mismas capacidades químicas y metabólicas de quienes los originaron**

# Primeras maquinarias: Mundo ARN

- La hipótesis del mundo ARN sugiere que estas moléculas fueron las primeras en actuar de manera autocatalítica.
- Las moléculas de ARN no sólo contienen información (secuencia), sino que adquieren conformaciones tridimensionales que les permiten catalizar procesos (ej:ribosomas).
- Existen RNAs pequeños que autocatalizan su propia síntesis.
- Teorías alternativas sugieren la existencia de polímeros pre-ARN (por ejemplo: peptido-acido nucléico, glicero-ácido nucléico)



# Etapas

**Evolución química**

**Auto-organización**

**Aislamiento en compartimientos**

**Aparición de la traducción**

**Desarrollo evolutivo desde los primeros organismos unicelulares hasta la biósfera actual**

# Requerimientos mínimos:

## BARRERA DE PERMEABILIDAD

Una bicapa lipídica como barrera de permeabilidad para la mayoría de las moléculas hidrofílicas pequeñas y las macromoléculas

## ENZIMAS PARA TRANSPORTE

Enzimas para transporte activo insertas en la bicapa lipídica y capaces de bombear protones, otros iones y moléculas pequeñas a través de la bicapa

## TOPOGÉNESIS

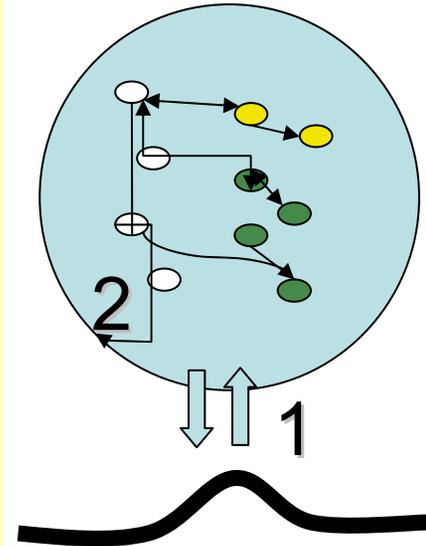
Mecanismos topogénicos de inserción y secreción que insertan proteínas en, o través de, membranas unidas a ribosomas (membrana plasmática en procariontes; retículo endoplásmico en eucariontes)

## ESQUELETO CELULAR

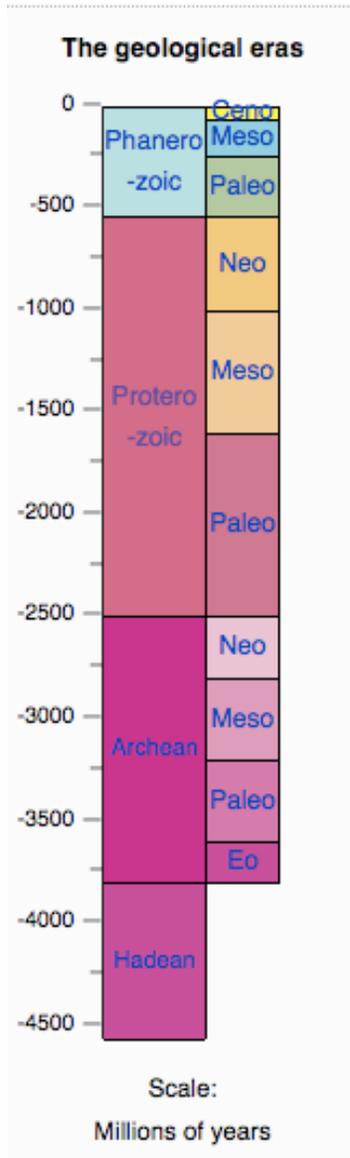
Un “esqueleto celular” como marco rígido para la segregación apropiada de las moléculas “hijas” de DNA y una base mecánica para la división celular. En eucariontes es un endoesqueleto (el citoesqueleto) y en bacterias es un exoesqueleto (la pared celular)

## GENERACIÓN DE ATP

Hay al menos un mecanismo que genera ATP

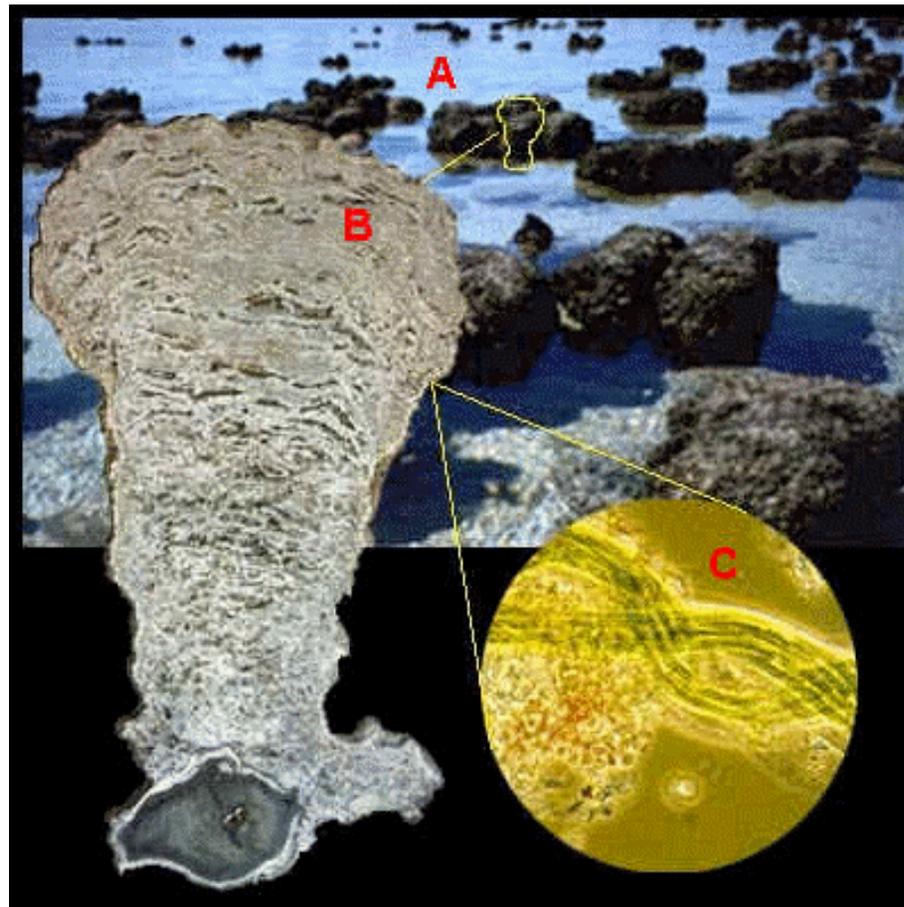


# Evidencias más antiguas



## Estromatolitos:

Láminas de roca formados por la captura y fijación de carbono por parte de algas. Hace 2.7 mil millones de años



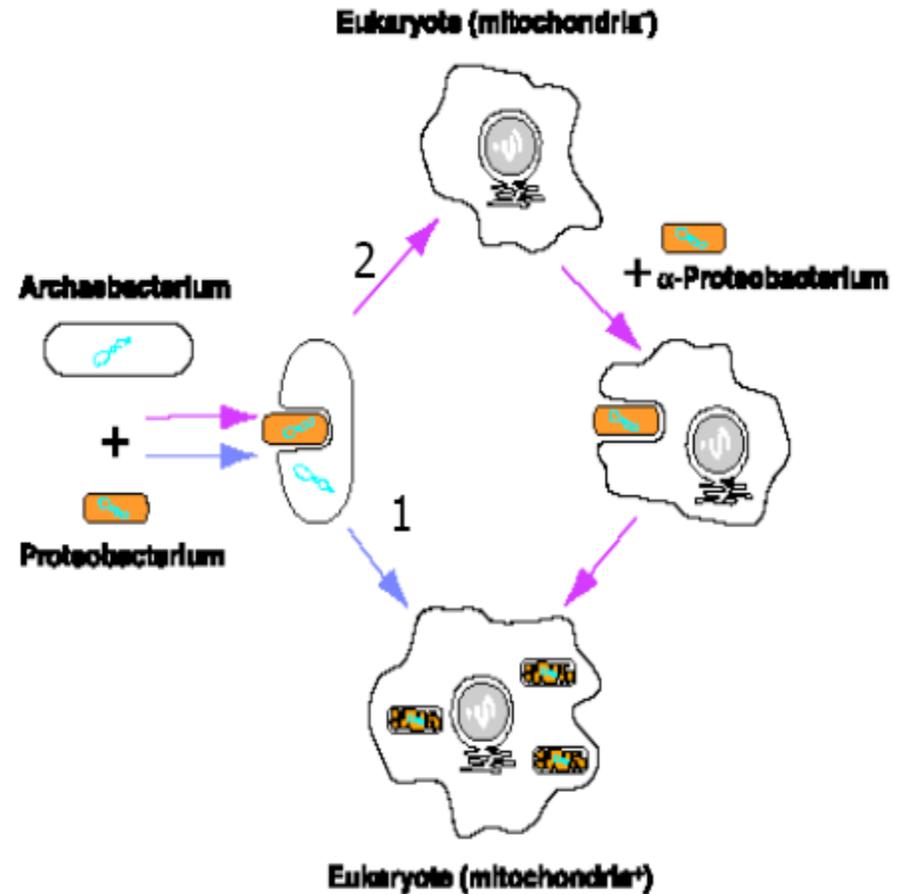
# Origen de las células eucariontes:

# Características probables de los protoeucariontes

1. Células Depredadoras:
  - Sin pared celular, por lo tanto, capaces de fagocitar.
  - Gran Tamaño,
  - Citoesqueleto
  - Núcleo protegido (de las presas y de las enzimas digestivas).

## Características probables de las protomitochondrias

1. No habrían sido parásitos intracelulares por su eficiente metabolismo.
2. Habrían tenido una cadena transportadora de H<sup>+</sup> en la mb.
3. Sin núcleo definido.

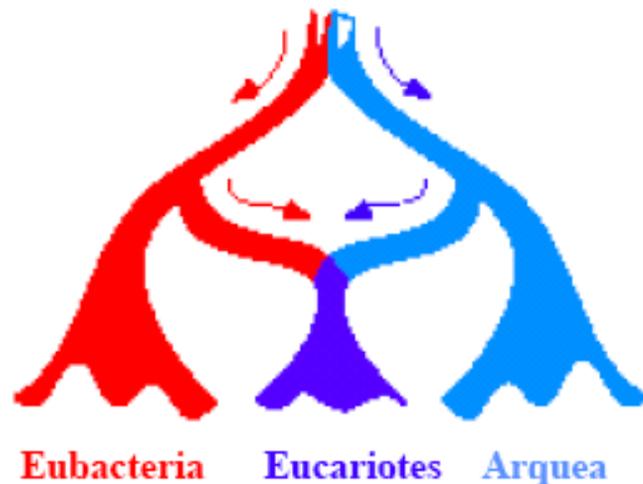


### Hipótesis alternativas que describen el origen de las células eucariontes.

1. Fusión de un Archaeobacterio metanogénico (huesped que requiere H) con Proteobacterium (simbionte productor de hidrógeno)
2. Eucarionte amitocondrial producido por la fusión de Archaeobacterio con un Proteobacterium, adquisición de mitocondrias por endosimbiosis con un alpha-Proteobacterium.

(a)

Ancestro común



(b)

Fusión



Zillig

Una bacteria y una arquea se amalgaman para generar la célula eucarionte

(c)

“Engullimiento”



Lake y Rivera

Una bacteria “engulle” un eocito



Gupta y Golding  
Una bacteria Gram (-) “engulle” un eocito

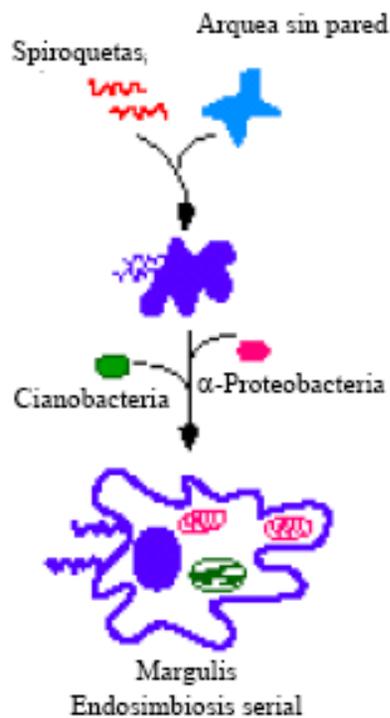


Sogin

Un proto-eucariote (ribocito) fagocita una arquea

(d)

Simbiosis



# Características comunes de todas las células

- Todas las células “guardan” su información en el mismo código químico lineal (DNA)
- Todas las células “copian” su información hereditaria por medio de una polimerización “dirigida” por un molde
- Todas las células transcriben porciones de su información hereditaria en una misma forma de intermediario (RNA)
- Todas las células utilizan proteínas como catalizadores
- Todas las células traducen el RNA en proteínas de la misma manera
- El fragmento de información génica que corresponde a una proteína es un gen
- Los organismos vivos requieren de energía libre
- Todas las células funcionan con el mismo conjunto de moléculas básicas
- Todas las células están delimitadas por una membrana a través de la cual deben pasar los nutrientes y los productos de desecho
- Una célula puede existir con un poco menos de 500 genes