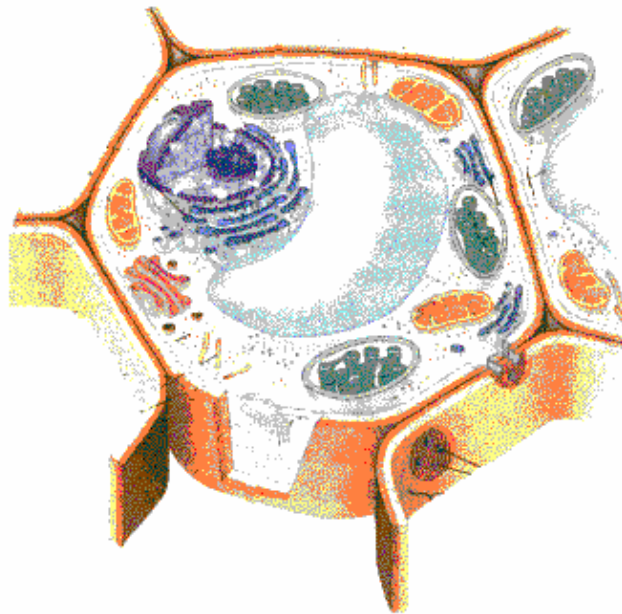


Apunte Teórico:



EVOLUCIÓN CELULAR

Dra Ofelia Ana Naab

2005

EVOLUCIÓN CELULAR

Según Carl Woese (1980), el antepasado común de todos los seres vivos sería una unidad viviente capaz de realizar transcripción y traducción genética, a la que denominó protobionte o progenote. A partir de este primitivo ser vivo surgieron evolutivamente diferentes modelos de células procariotas.

Las células procariotas sobrevivieron durante más de 2000 años, adaptándose a diversos ambientes y adoptando diferentes mecanismos para realizar su metabolismo. Esta evolución celular se produjo en estrecha relación con los cambios que tuvieron lugar en la atmósfera y en los océanos.

Las hipótesis más aceptadas sostienen que:

Las primeras células fueron **heterótrofos anaerobias** (utilizaban como alimento las moléculas orgánicas presentes en el “caldo primitivo”). Ante el agotamiento de esa fuente de alimento, aparecen células capaces de sintetizar moléculas orgánicas mediante la fijación y reducción del CO₂, iniciando así la fotosíntesis como proceso de **nutrición autótrofa**. Como consecuencia del empleo de agua como donante de electrones en la fotosíntesis, se inicia la liberación de O₂ hacia la atmósfera, transformándola de una atmósfera reductora a una oxidante, tal como persiste actualmente. Esta **atmósfera oxidante** llevó a la muerte a muchas formas celulares. Sin embargo, otras se adaptaron a la presencia de oxígeno y además lo utilizaron para sus reacciones metabólicas para liberar energía química de los compuestos químicos y tenerla disponible para su utilidad, lo que dio lugar a la **respiración aerobia** la que junto a una nutrición a partir de otros organismos dio lugar a organismos **heterótrofos aerobios**. De modo tal que convivieron células autótrofas fotosintéticas con heterótrofas aerobias y anaerobias. A partir de estas formas celulares procariotas de pequeño tamaño, evolucionaron las células eucariotas hace aproximadamente 1500 millones de años.

Historia

La idea de que las células eucarióticas son un conjunto de microorganismos fue primeramente sugerida por el biólogo americano Ivan Wallin en la década del 1920. La teoría endosimbiótica referida al origen de mitocondrias y cloroplastos como organelas de células eucarióticas, fue propuesta posteriormente por Lynn Margulis. En 1981 Margulis publicó “Simbiosis in Cell Evolution”, libro en el cual propuso que las células eucarióticas se originaron de endosimbiontes procarióticos, que pasaron a vivir dentro de otra célula. Los elementos procarióticos pueden haber penetrado en una célula

hospedante, posiblemente como una presa ingerida o como un parásito. Durante ese tiempo, los elementos y el hospedante pudieron desarrollar una interacción mutua benéfica que se convirtió más tarde en una obligatoria simbiosis.

La Dra. Margulis también propuso que el flagelo y cilia de células eucarióticas pudo haber surgido a partir de endosimbiosis con espiroquetas, pero estas organelas no contienen ADN y no muestran ninguna similitud estructural con ninguna procariota, por lo que esta idea no tiene amplio soporte. Margulis reivindica a las relaciones simbióticas como las más importantes fuerzas que impulsan a la evolución. De acuerdo con Margulis y Sagan (1996) “la vida no tiene lugar en el mundo por el combate sino por el trabajo conjunto” (cooperación, interacción y dependencia mutua entre los organismos vivientes), considerando como incompleta la noción de evolución de Darwin a partir de la competencia.

El Dr. Christian de Duve (Premio Nobel 1974 en Fisiología y Medicina) propuso que los peroxisomas fueron los primeros endosimbiontes, los que permitieron a las células soportar cantidades de oxígeno molecular libre en la atmósfera. Como los peroxisomas no tienen ADN en su interior, esta propuesta es más especulativa que las restantes ideas.

Teoría Endosimbiótica

Endo: dentro)

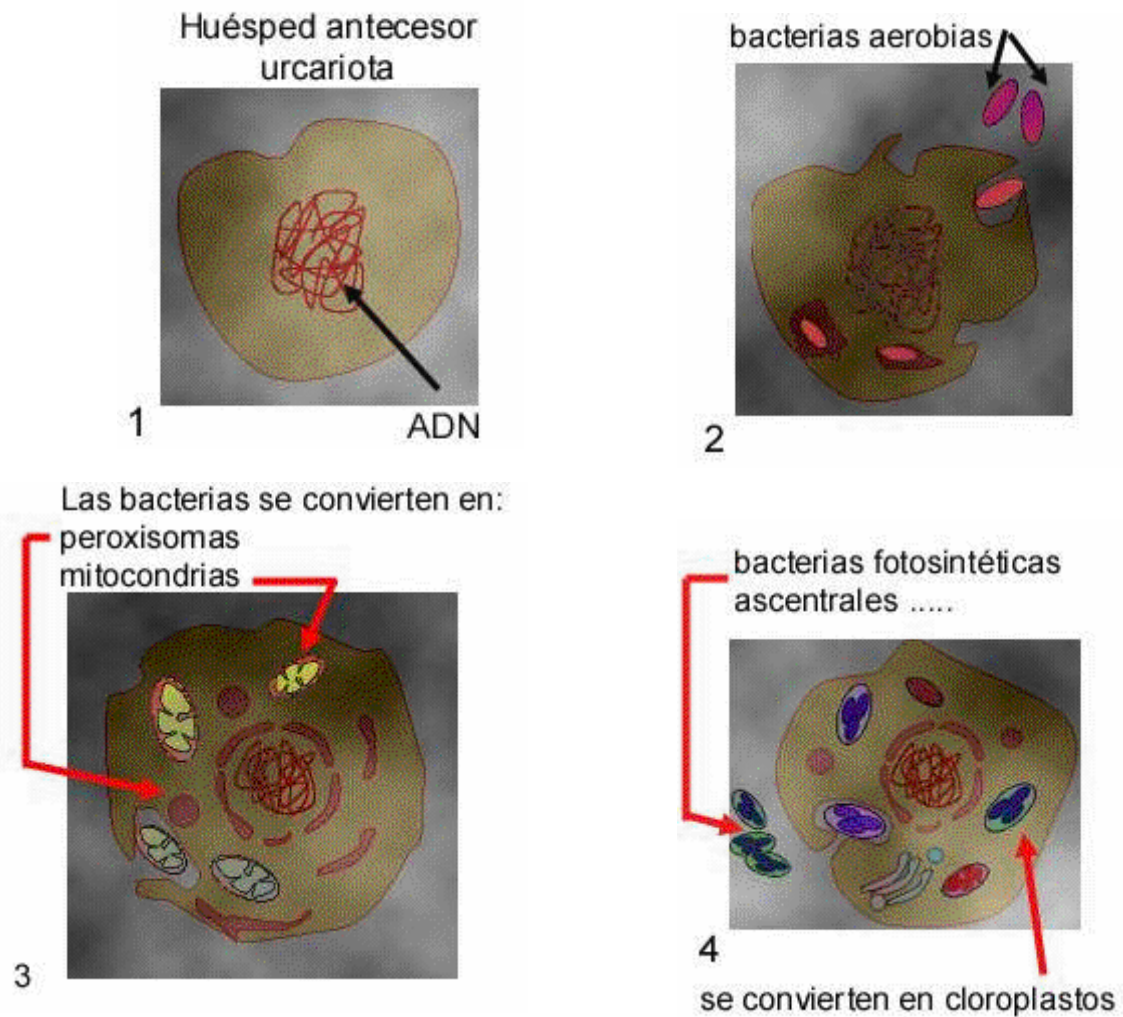
Endocitosis = (Cyto = célula) proceso de alimentación celular, la célula es englobada pero usualmente es digerida como comida

Endosimbiosis = la célula es englobada, pero no digerida, de modo que viven juntas en una relación mutuamente beneficiosa, llamada simbiosis.

La Teoría postula que la mitocondria evolucionó a partir de una bacteria aeróbica (probablemente proteobacteria, afín a las rickettsias) y que los cloroplastos evolucionaron a partir de cianobacterias endosimbióticas (procariotas autótrofos).

Propone que las células eucariotas se originaron a partir de una primitiva célula procariota, que perdió su pared celular, lo que le permitió aumentar de tamaño, esta primitiva célula conocida con el nombre de **urcariota**. Esta célula en un momento dado, englobaría a otras células procarióticas, estableciéndose entre ambos una relación endosimbionte. Algunas fueron las precursoras de los **peroxisomas**, con capacidad para eliminar sustancias tóxicas formadas por el creciente aumento de oxígeno en la atmósfera. Otras fueron las precursoras de las **mitocondrias**, encargadas en un principio de proteger a la célula huésped contra su propio oxígeno. Por último, algunas células

procariotas fueron las precursoras de los **cloroplastos** .De hecho, mitocondrias y cloroplastos son similares a las bacterias en muchas características y se reproducen por división. Poseen su propio ADN y poseen ARN ribosómicos semejantes a los de las bacterias.



La incorporación intracelular de estos organismos procarióticos a la primitiva célula urcariota, le proporcionó dos características fundamentales de las que carecía:

1. La capacidad de un **metabolismo oxidativo**, con lo cual la célula anaerobia pudo convertirse en aerobia.
2. La posibilidad de **realizar la fotosíntesis** y por tanto ser un organismo autótrofo capaz de utilizar como fuente de carbono el CO_2 para producir moléculas orgánicas.

Asimismo, la célula primitiva le proporcionaba a las procariotas simbiotes un entorno seguro y alimento para su supervivencia.

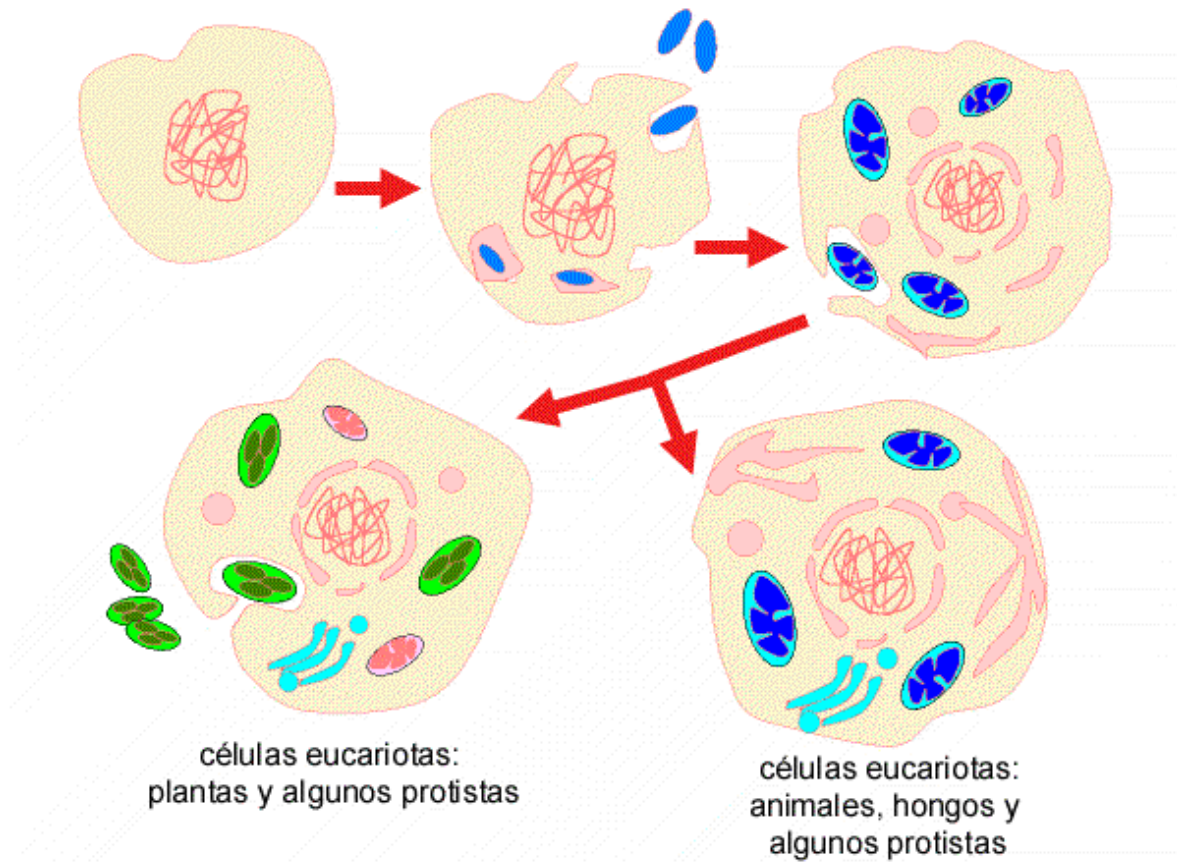
Se trataría de una endosimbiosis altamente ventajosa para los organismos implicados, ya que todos ellos habrían adquirido particularidades metabólicas que no poseían por sí mismos separadamente, ventaja que sería seleccionada en el transcurso de la evolución.

Caracteres comunes y diferenciales entre tipos celulares y organelas

Hay un conjunto de diferencias entre células procariotas y eucariotas que tienen que ver con el tamaño, complejidad y compartimentos internos. Sin embargo, hay una curiosa similitud entre células procariotas y organelas de células eucariotas. Algunas de estas similitudes fueron notadas ya en 1880 pero se ignoraron durante casi un siglo. El cuadro siguiente resume las mismas:

	Procariotas	Eucariotas	Mitocondria de célula eucariota	Cloroplasto de eucariota fotosintética
DNA	Cromosoma 1 simple, circular	Cromosomas múltiples, lineares, en el compartimento nuclear	Cromosoma 1 simple, circular	Cromosoma 1 simple, circular
Replication	Fisión binaria (1 célula se divide en 2)	Mitosis	Fisión binaria (1 célula se divide en 2)	Fisión binaria (1 célula se divide en 2)
Ribosomas	"70 S"	"80 S"	"70 S"	"70 S"
Cadena transportadora de electrones	Localizada en la membrana plasmática que rodea la célula	No localizada en la membrana plasmática que rodea la célula (se encuentra solo en mitocondrias y cloroplastos)	Localizada en la membrana plasmática que rodea la célula	Localizada en la membrana plasmática que rodea la célula
Tamaño (aproximado)	~1-10 micrones	~50 - 500 micrones	~1-10 micrones	~1-10 micrones
Aparición en la Tierra	Bacteria anaeróbica: hace ~3.8 billones de años Bacteria fotosintética: hace ~3.2 billones de años Bacteria aeróbica: hace ~2.5 billones de años	Hace ~1.5 billones de años	Hace ~1.5 billones de años	Hace ~1.5 billones de años

Esquema general que refleja la Teoría Endosimbiótica

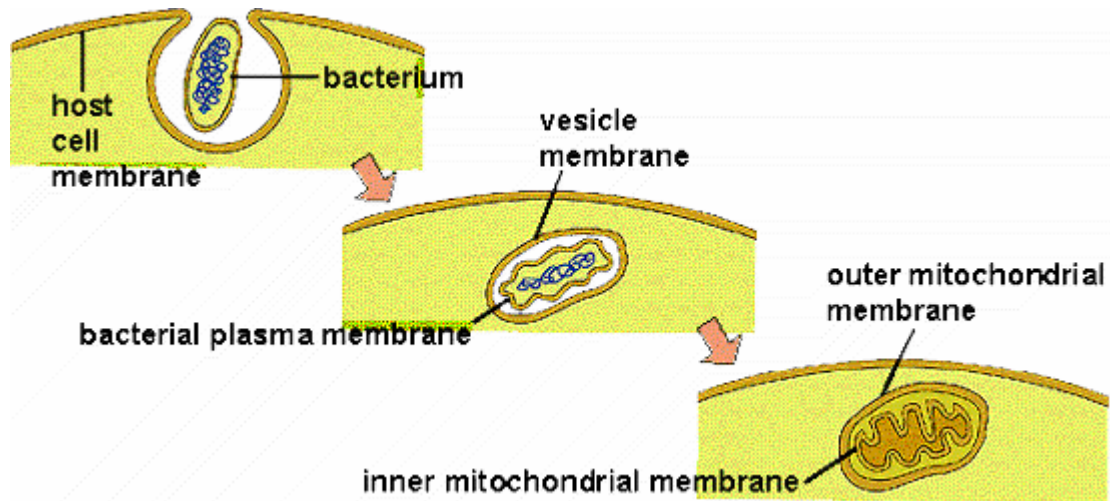


En la hipótesis original Margulis propuso que la bacteria aeróbica (que requiere oxígeno) fue ingerida por una bacteria anaeróbica (intoxicada por el oxígeno) y que pudieron tener una ventaja en su supervivencia en tanto continuaran acompañándose.

Cada una pudo realizar funciones mutuamente benéficas a partir de esa relación simbiótica. La bacteria aeróbica pudo utilizar el oxígeno, tóxico para la bacteria anaeróbica y , la bacteria anaeróbica pudo ingerir alimento y proteger al “simbionte” aeróbico. El resultado es una célula con una organela con dos membranas que la rodean. La bicapa interior pudo haber sido la membrana plasmática de la célula bacteriana y la bicapa lipídica externa proviene de la célula que la englobó.

Evidencias de la Teoría Endosimbiótica

Esta Teoría, está actualmente aceptada por la comunidad científica y cuenta con una amplitud de datos que la soportan obtenidos por Margulis y otros investigadores en los últimos 30 años.



Lynn Margulis en sus investigaciones tomó en cuenta la similitudes entre procariotas, eucariotas y organelas. Propuso que la similitudes entre procariotas y organelas, al igual que sus apariencias en el registro fósil, pueden ser explicadas por una “endosimbiosis”

Las evidencias de que mitocondrias y cloroplastos surgieron a partir de una antigua endosimbiosis con bacterias son las siguientes:

- Ambas, mitocondrias y cloroplastos contienen AND, que es diferente del ADN nuclear y que además se presentan en cantidad similar al de una bacteria.
- La mitocondria utiliza un código genético diferente al de las células eucarióticas hospedantes y este código es similar al de Bacteria y Archaea.
- Estas organelas están rodeadas por 2 o más membranas que muestran diferencias en composición comparadas con las otras membranas de la célula y que se parecen a las de células procarióticas.
- Las nuevas mitocondrias y cloroplastos se forman únicamente a partir de un proceso similar a la fisión binaria.
- Gran parte de la estructura interna y bioquímica de los cloroplastos, como la presencia de tilacoides y clorofilas particulares, es muy similar a la de cianobacterias. Las filogenias construidas con genomas de bacterias, cloroplastos y genomas eucarióticos también sugieren que los cloroplastos están más estrechamente relacionados con las cianobacterias. El análisis de las secuencias de ADN y la filogenia sugiere que el ADN nuclear contiene genes que probablemente provengan del cloroplasto.
- Algunos genes del núcleo fueron transportados de las organelas y ambos, mitocondrias y cloroplastos tienen usualmente pequeños genomas comparados

con otros organismos. Esto es consistente con una dependencia creciente en el hospedante eucariótico después de realizarse la endosimbiosis.

- Los cloroplastos aparecen en diferentes grupos de protistas, los que en general están más estrechamente relacionados a formas que carecen de ellos más que con otras formas. Esto sugiere que si los cloroplastos se originaron como partes de las células, ello debió ocurrir en múltiples momentos, y por lo tanto la estrecha similitud entre ellos sería difícil de explicar.
- Evidencias en relación a la época en que se originó cada grupo: los científicos encontraron evidencia fósil de vida bacteriana en la Tierra de aproximadamente 3,8 billones de años. En ese momento, la atmósfera no contenía oxígeno y toda la vida (células bacterianas) era anaerobia. Existe evidencia fósil de fotosíntesis en bacterias o cianobacterias de hace alrededor de 3.2 billones de años. Estas bacterias utilizaron la energía del sol para sintetizar azúcares. El oxígeno liberado como un subproducto, comienza a acumularse en la atmósfera. Sin embargo sabemos que el oxígeno es bastante tóxico para las células. En consecuencia, las células anaeróbicas tuvieron desventaja en una atmósfera oxidante y comenzaron a morir cuando los niveles de oxígeno se incrementaron. Las células aeróbicas aparecen en el registro fósil un poco más tarde (hace aproximadamente 2.5 billones de años). Estas células pudieron utilizar el oxígeno tóxico y convertirlo en energía (ATP) y agua. Los organismos que prosperaron en una atmósfera oxidante fueron más adaptados al ambiente.
- Las organelas tienen su propio ADN y se dividen independientemente de la célula en la cual viven.

Cuando Margulis inicialmente propuso la Teoría Simbiótica, ella predijo que, si las organelas fueron realmente bacterias (procarióticas) simbiotes, ellas deberían tener su propio ADN. Además si su teoría explica el origen de células eucarióticas, Margulis consideró que las organelas debieran tener ADN de tipo bacteriano, diferente del ADN propio de la célula (localizado dentro de la membrana nuclear). Asombrosamente, en 1980, esto pudo probarse en dos tipos de organelas, la mitocondria y el cloroplasto.