Colegio de
San Francisco de Paula

Tema 13. Biología Celular

13.4 Origen de las células[DP/PAU]

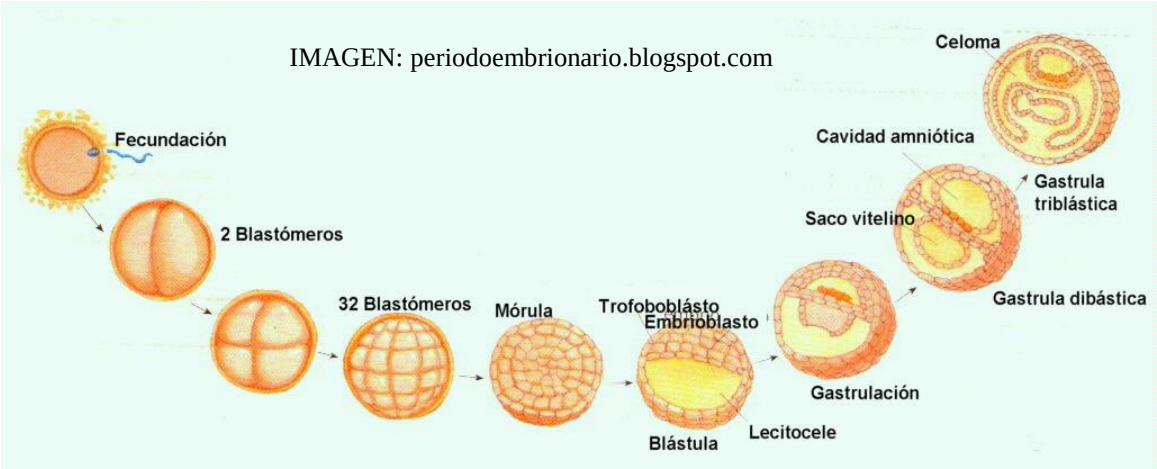
Germán Tenorio
Biología NS-Diploma BI
Curso 2014-2016

"There's been no living with him since he started to evolve."

Idea Fundamental: Se ha mantenido una cadena vital ininterrumpida desde las primeras células que se desarrollaron en la Tierra hasta la totalidad de células de los organismos actualmente vivos.

Origen de la vida[DP]

- Uno de los principios de la teoría celular indica que **"Las células solo pueden formarse por división de células preexistentes"**.
- Así, si consideramos que un humano está formado por 30 billones de células, todas estas células han ido apareciendo por sucesivas divisiones durante el desarrollo embrionario a partir de una única célula inicial, el **cigoto**, formado a partir de la fusión de un óvulo y un espermatozoide.
- A su vez, estos gametos proceden de nuestros progenitores, cada uno procedente de un cigoto, formado por la fecundación de los gametos de sus padres.



- Por tanto, podemos decir que **existe una continuidad de la vida** desde su origen en la Tierra hasta las células que nos forman en la actualidad.

Origen de la vida[DP]

- Existen diferentes pruebas que evidencian que todos los seres vivos hemos evolucionado a partir de un mismo ancestro común.
- Una prueba de ello, lo proporciona la **universalidad del código genético**, dado que los 64 codones en el código genético tienen el mismo significado en prácticamente todos los organismos, a pesar de lo cual hay algunas variaciones menores que probablemente se han acumulado desde los orígenes comunes de la vida en la Tierra.

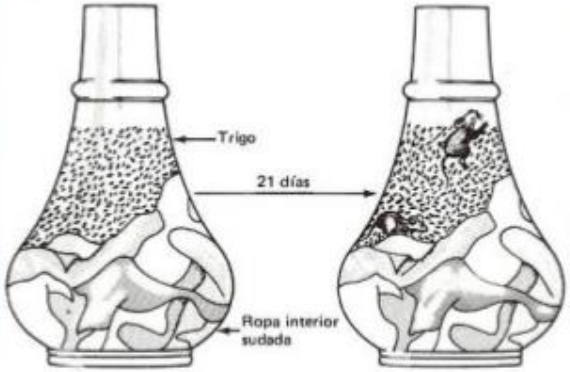
Organismo	Codón	Significado en Código Nuclear	Significado en Código Mitocondrial
Todos	UGA	FIN	Trp
Levadura	CUX	Leu	Thr
Drosophila	AGA	Arg	Ser
Humao, bovino	AGA, AGC	Arg	FIN
Humano, bovino	AUA	Ile	Met (iniciación)
Ratón	AUU, AUC, AUA	Ile	Met (iniciación)

IMAGEN: monografías.com

NATURALEZA CIENCIAS: Puesta a prueba de los principios que subyacen al mundo natural[DP]

- Hasta el siglo XIX se creía que la vida se originaba de forma espontánea. Esta **teoría de la generación espontánea**, fue propuesta por Aristóteles, cuando observó la aparición de insectos a partir de heces de animales, hojas caídas de los árboles, etc.
- Esta teoría se basa en la **aparición de la vida a partir de materia no viva**.
- Hay que tener en cuenta que en esta época todavía no se sabía de la existencia de los microorganismos ni de las naturaleza de la reproducción sexual.

1667 Van Helmont: origen espontáneo de los ratones



Helmont creo una " receta" para producir ratones por generación espontánea. consistió en poner en contacto semillas de trigo con una camisa bañada en sudor, al cabo de 21 días aparecían ratones.

- Desde el siglo XVII varios científicos intentaron probar esta teoría, dado que **debe verificarse el principio de que las células solo proceden de células preexistentes.**

NATURALEZA CIENCIAS: Puesta a prueba de los principios que subyacen al mundo natural[DP]

- Así, **Francesco Redi** en 1668 demostró que los gusanos sólo aparecen en la carne en putrefacción si antes las moscas no han entrado en contacto con ella.
- Por otro lado, **Lazzaro Spallanzani** en 1765 hirvió sopa en 8 contenedores, dejando posteriormente 4 de ellos completamente sellados y los otro 4 abiertos al aire libre, comprobando que solo en estos últimos crecieron organismos.
- Finalmente, **Louise Pasterur** realizó un experimento decisivo para confirmar que la generación espontánea no era posible, ni aún cuando estuviera en contacto con el aire.
- Las células solo pueden aparecer a partir de otras preexistentes, pero ¿cómo apareció la primera?

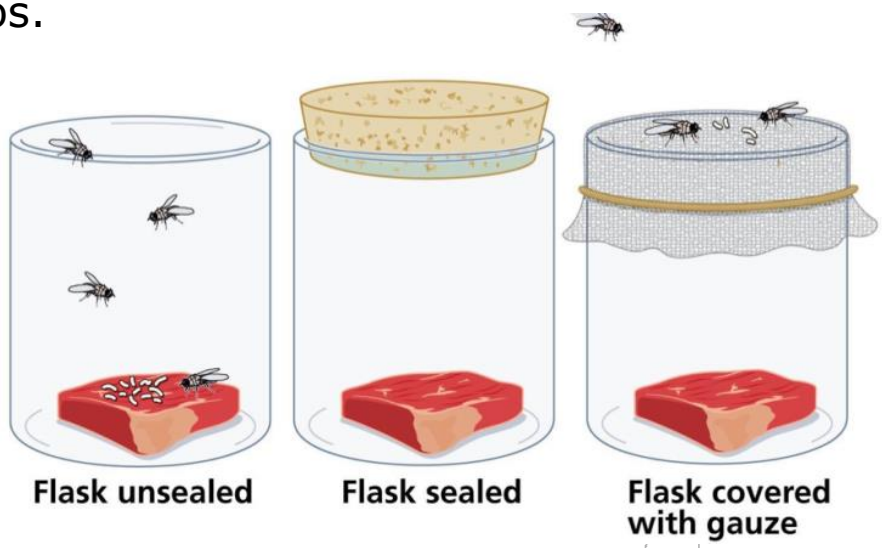


IMAGEN: biologuitoevolu.wordpress.com

APLICACIÓN: Experimentos de Pasteur[DP]

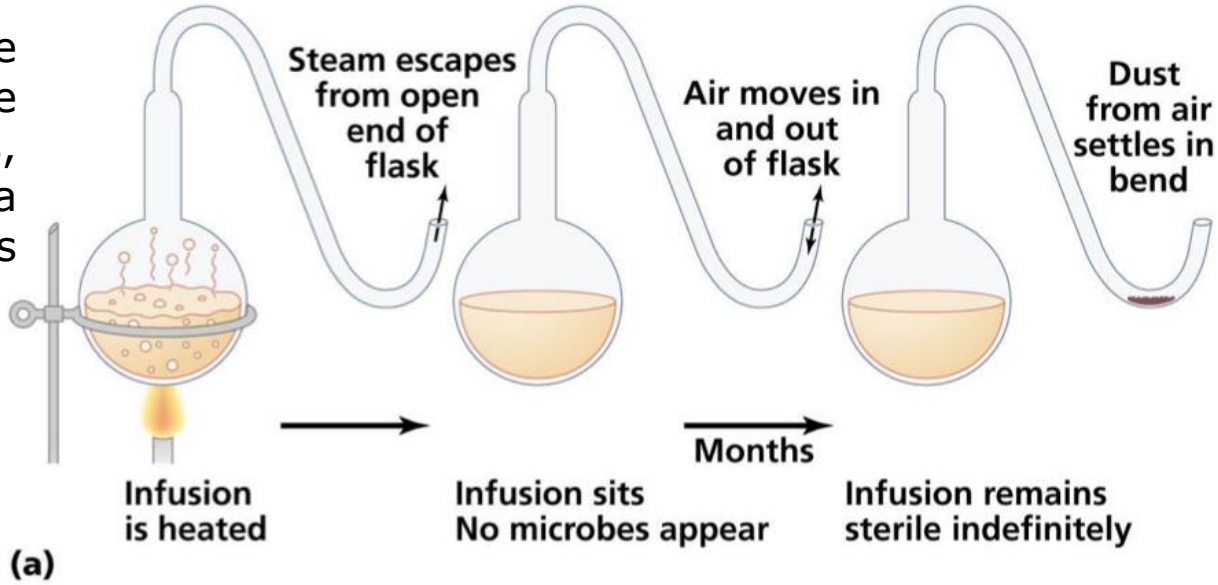
- **Louis Pasteur** demostró en 1861 de manera concluyente la imposibilidad de la generación espontánea de la vida, es decir, el origen de la vida solamente es posible a partir de la materia viva, de un ser vivo preexistente.

- En el experimento, Louis Pasteur añadió un caldo de cultivo a un matraz de cuello largo. A continuación, calentó el cuello, imprimiendo a ese un formato de tubo curvado (cuello de cisne). Después del modelado, continuó con el caldo hirviendo, sometiéndolo a una temperatura hasta el estado estéril (ausencia del microorganismo), pero permitiendo que el caldo tuviera contacto con el aire.

APLICACIÓN: Experimentos de Pasteur[DP]

- Después de hervir, dejando el recipiente de cristal en reposo por mucho tiempo, percibió que el líquido permanecía estéril. Esto fue posible debido a dos factores:

  - El primero fue consecuencia de las trabas físicas, causadas por la sinuosidad de los cuellos de botella.

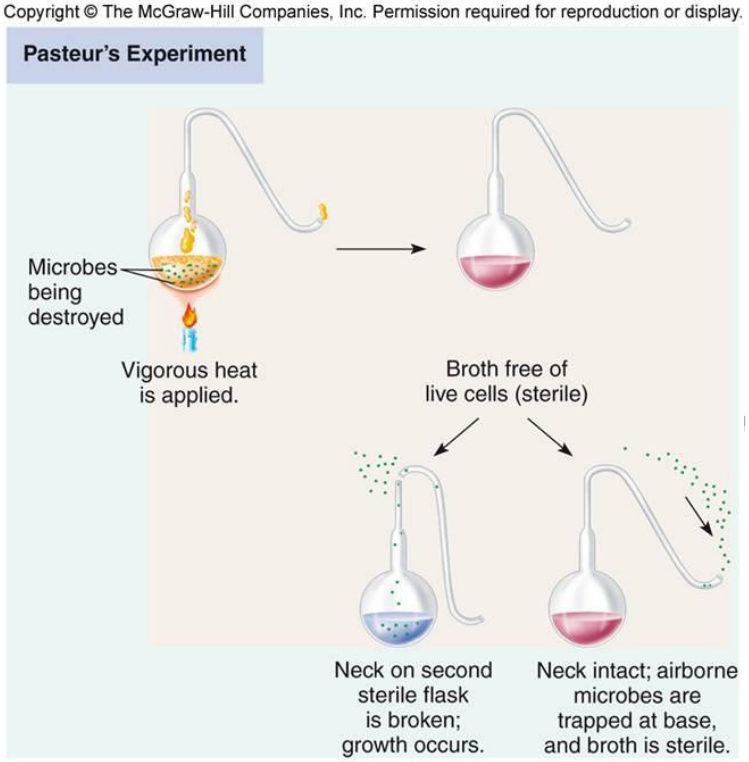


Copyright © 2006 Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.

  - El segundo, ocasionado por la adhesión de partículas de impurezas y microorganismos de las gotas de aguas formadas en la superficie interna del cuello durante la condensación del vapor emitido por la calefacción y la refrigeración cuando está en reposo.

APLICACIÓN: Experimentos de Pasteur[DP]

- Después de unos días para verificar la no-contaminación, Pasteur rompió la parte superior del recipiente de cristal (cuello), exponiendo el líquido inerte a los microorganismos suspendidos en el aire, favoreciendo las condiciones para la propagación de gérmenes.
- El problema es que la Tierra era estéril cuando se originó hace 4 600 Ma., pero de algún modo se originaron moléculas orgánicas. Para que ese planeta rocoso sin vida se convirtiera en lo que hoy conocemos, **las primeras células deben haber surgido de materia no viva.**
- La pregunta es, ¿cómo una estructura compleja como una célula ha podido surgir a partir de materia sin vida? Al menos, los siguientes 4 pasos son cruciales para este logro.



Web1

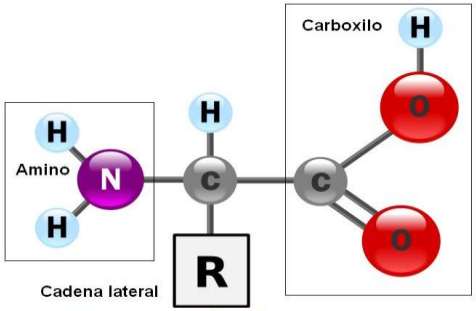
Origen espontáneo de la vida[DP]

- Cuatro son los **procesos necesarios para el origen espontáneo de la vida** en la Tierra:

1) La síntesis abiótica de moléculas orgánicas simples.

- La vida tal como la conocemos está basada en moléculas orgánicas como los aminoácidos o glúcidos.

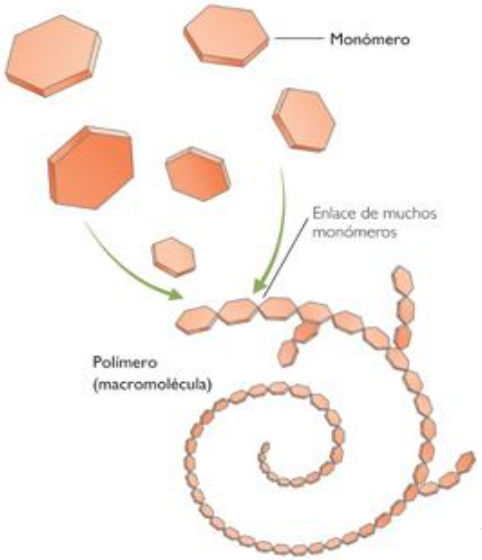
- Si la Tierra primitiva solo tenía materia inorgánica (minerales, rocas, gases y agua), ¿de dónde vino la primera molécula orgánica?



2) La combinación de estas moléculas para formar polímeros.

- Los organismos vivos por definición son formas organizadas, lo cual implica un gasto energético.

- Los monómeros necesitan unirse entre si para formar polímeros como los polipéptidos o los polisacáridos, con objeto de construir compuestos orgánicos más complejos como las proteínas o los glúcidos.



Origen espontáneo de la vida[DP]

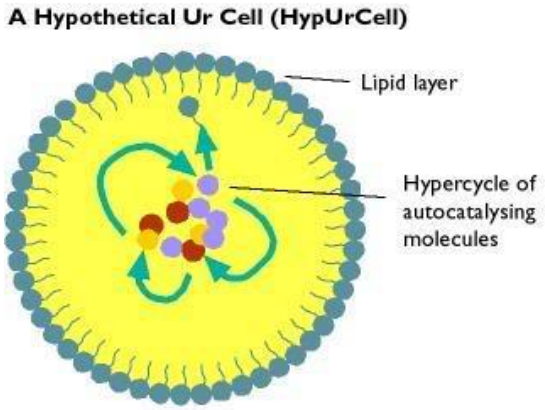
3) El origen de las moléculas autorreplicantes que hicieron posible la herencia.

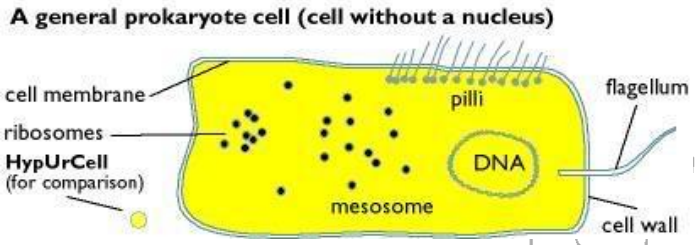
- Para que algo se considere "vivo", debe reproducirse, por lo que moléculas autorreplicantes eran necesarias.

- El ADN es la molécula más usada para la replicación de los organismos vivos.

- Pero el ADN es una molécula compleja que requiere enzimas en su formación, por lo que es muy improbable que el ADN se desarrollara muy pronto.

- Además, se necesita el ARN para para producir polipéptidos a partir del ADN.





4) El empaquetado de dichas moléculas dentro de membranas con un medio químico interno diferente del existente en el entorno exterior.

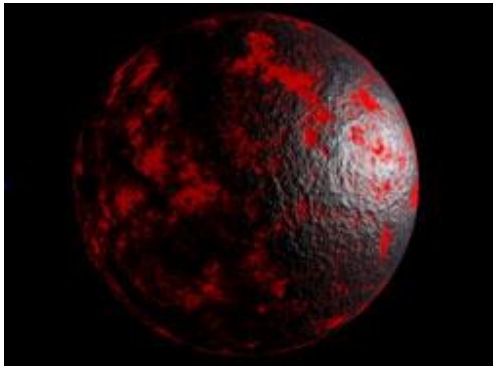
- El último gran problema a solventar es el hecho de que el agua, aunque necesaria para la vida, tiende a despolimerizar moléculas (hidrólisis).

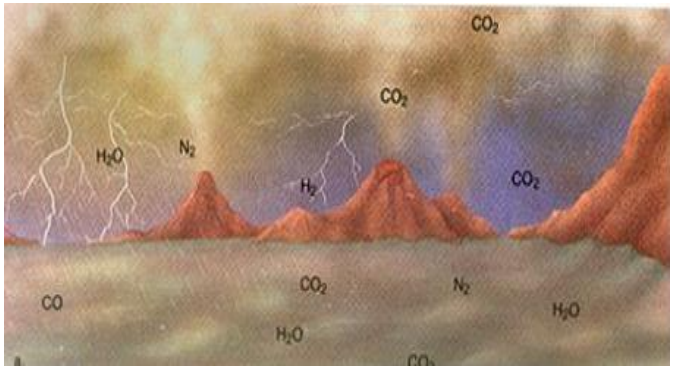
- Muchos compuestos orgánicos se disuelven en agua, por lo que hace difícil que las moléculas lleguen a organizarse en polímeros.

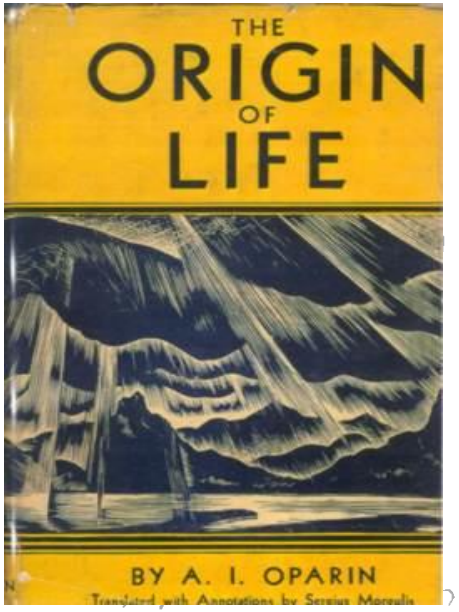
Experimento de Miller-Urey[DP]

- Para responder a la primera de estas cuestiones, la **síntesis abiótica de moléculas orgánicas**, en 1923 se presentó una hipótesis por el científico ruso **A. Oparin** y el inglés **Haldane**.

- Cuando la Tierra se formó hace unos 4 500 millones de años, era una inmensa bola incandescente donde los elementos más ligeros salieron hacia el exterior formando una capa gaseosa, la protoatmósfera.







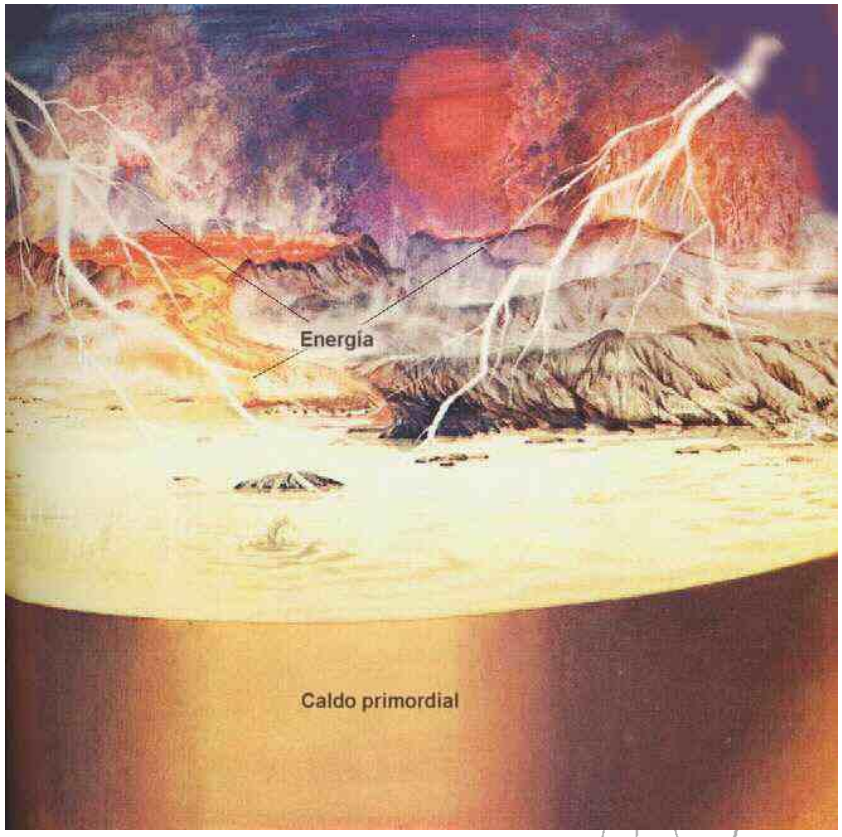
- En una atmósfera oxidante como la actual no pudo surgir la vida (el oxígeno capta al hidrógeno libre imposibilitando la formación de moléculas orgánicas), por lo que la **atmósfera primitiva debía ser reductora** (rica en hidrógeno y donadores de electrones como el metano y el amoniaco).

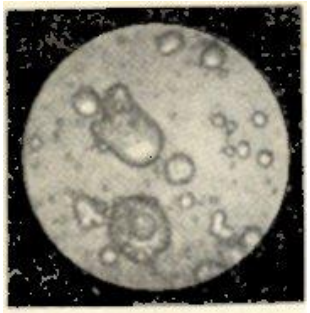
Experimento de Miller-Urey[DP]

- Estos gases estaban sometidos a intensas radiaciones ultravioletas (UV) provenientes del Sol y a fuertes descargas eléctricas, formándose moléculas cada vez más complejas que llegaban a los mares primitivos que se iban formando mediante la lluvia.

- Oparin llamó a estos mares cargados de moléculas el **CALDO** o **SOPA PRIMORDIAL**.

- Algunas de esas moléculas se unieron constituyendo unas asociaciones con forma de pequeñas esferas llamadas COACERVADOS, que todavía no eran células.



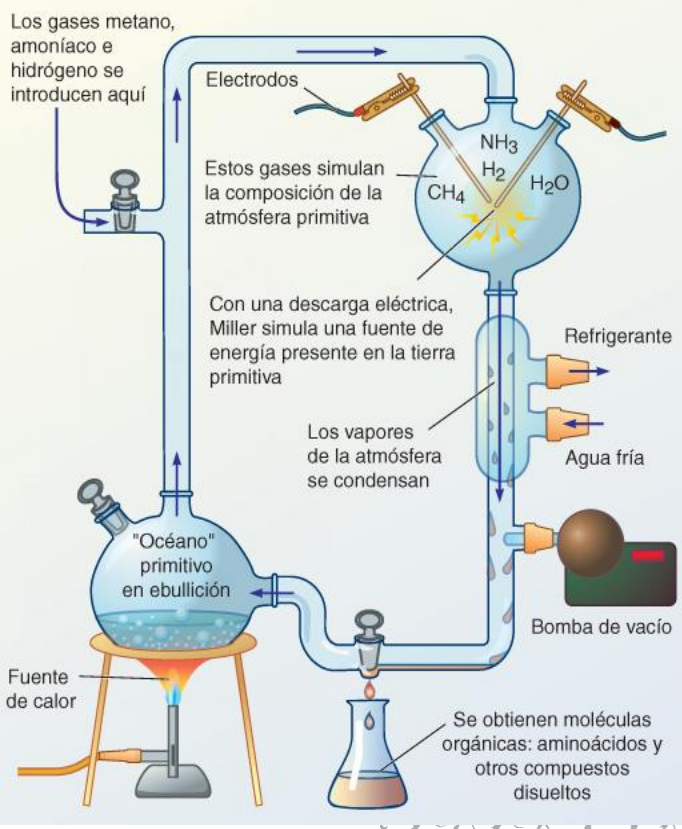


Experimento de Miller-Urey[DP]

Stanley Miller

Harold Urey

- En 1953 **Stanley Miller** y **Harold Urey** reprodujeron en su laboratorio de la Universidad de Chicago las condiciones que se pensaba tenía la atmósfera prebiótica primitiva:
  - Gases de metano, amoniaco e H^2.
  - Radiación UV al carecer de capa de ozono protectora y tormentas eléctricas.
  - Alta temperatura.
  - Agua líquida calentada para evaporarla y enfriada para condensarla, recreando el ciclo del agua.
- Después de una semana de ciclos continuados, obtuvieron un "**caldo primordial**" con compuestos orgánicos como aminoácidos o urea.



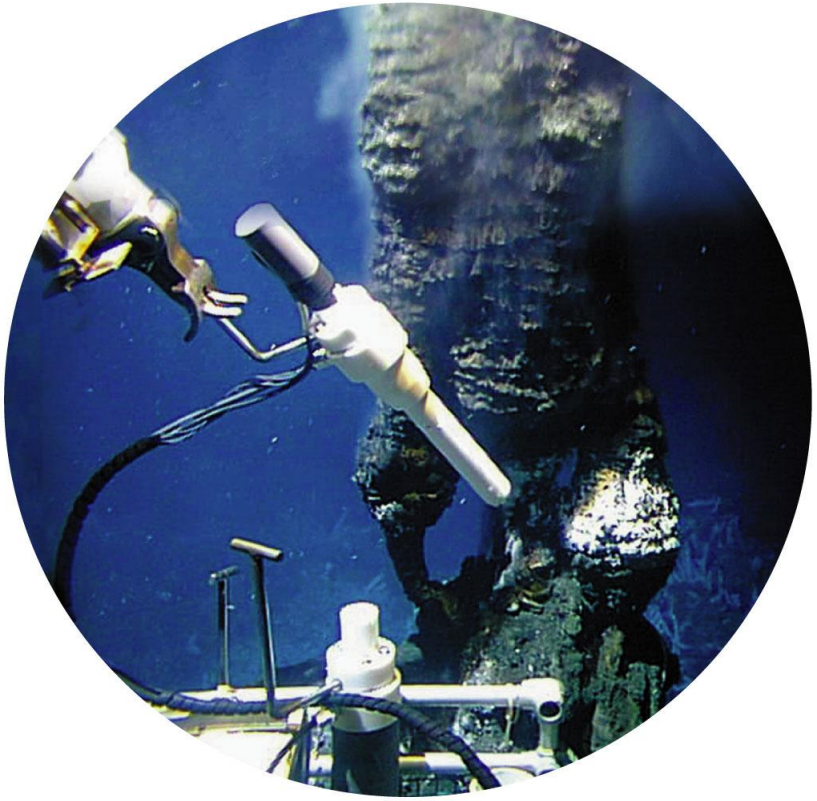
Web2

¿Dónde podrían haberse formado los compuestos orgánicos? DP

- Para responder a la segunda de las cuestiones, la **síntesis de polímeros a partir de las primeras moléculas orgánicas**, se han propuesto varias hipótesis sobre su posible localización.

Fumarolas hidrotermales

- Se encuentran a grandes profundidades, donde las erupciones volcánicas son continuadas por la alta presión.
- El magma solidificado calienta el agua, que sube arrastrando gran cantidad de minerales (black smokes).
- Comunidades enteras viven en torno a estas fumarolas, sustentadas por **arqueobacterias quimiosintéticas** que utilizan el H_2S para la obtención de energía.
- Esto demuestra que en profundidades sin luz existe vida, y da credibilidad a la posibilidad del origen de las formas de vida más primitivas en torno a estas fumarolas.



Copyright © 2005 Pearson Education, Inc. Publishing as Pearson Benjamin Cummings. All rights reserved.

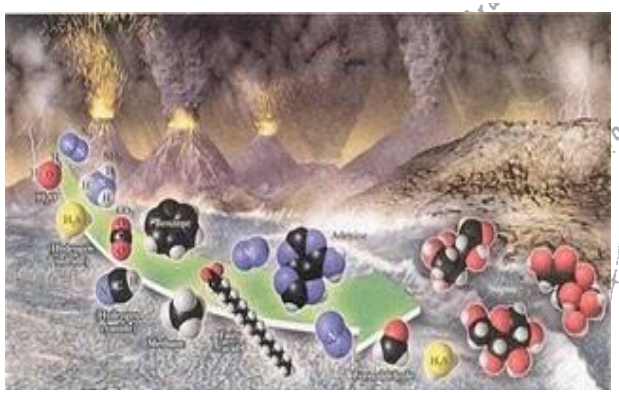
Video1

¿Dónde podrían haberse formado los compuestos orgánicos? DP

Volcanes

- Aunque las erupciones volcánicas puedan ser destructivas, también disipan vapor de agua, otros gases como el sulfuro de carbonilo (gas de efecto invernadero) y minerales que podrían ser usados para la formación de materia orgánica.

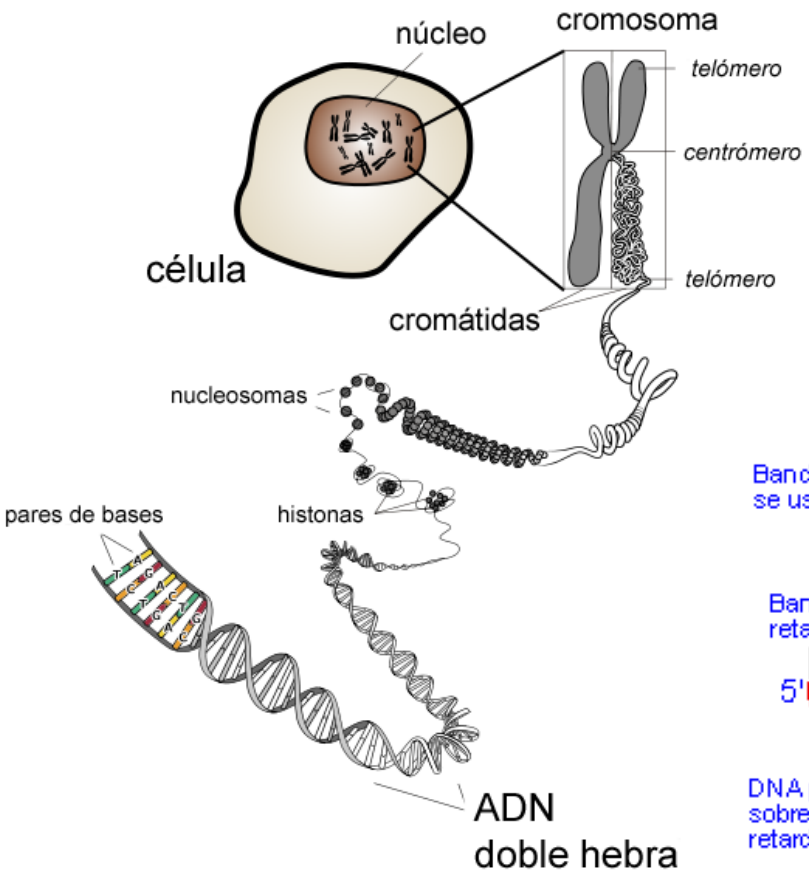
- Esta rica fuente de materia prima junto con el calor de la actividad volcánica, podría haber provisto las condiciones favorables para la formación de aminoácidos y azúcares.



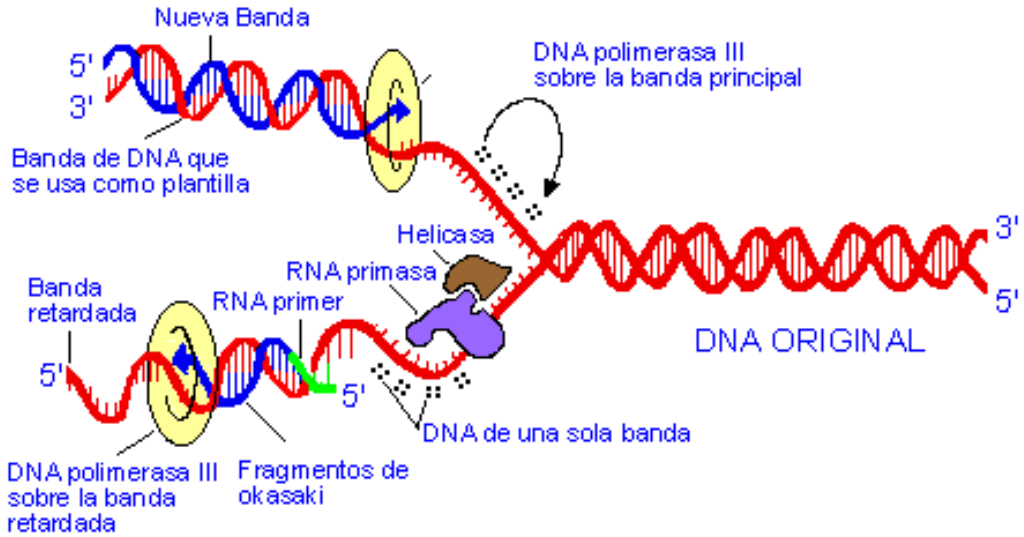
- En 2004 Science describía cómo, en medios acuosos, la presencia de sulfuro de carbonilo y hierro procedentes de erupciones volcánicas de los fondos marinos, puede dar lugar a la unión de aminoácidos y la subsiguiente formación de péptidos.

Papel del ARN en el origen de la vida[DP]

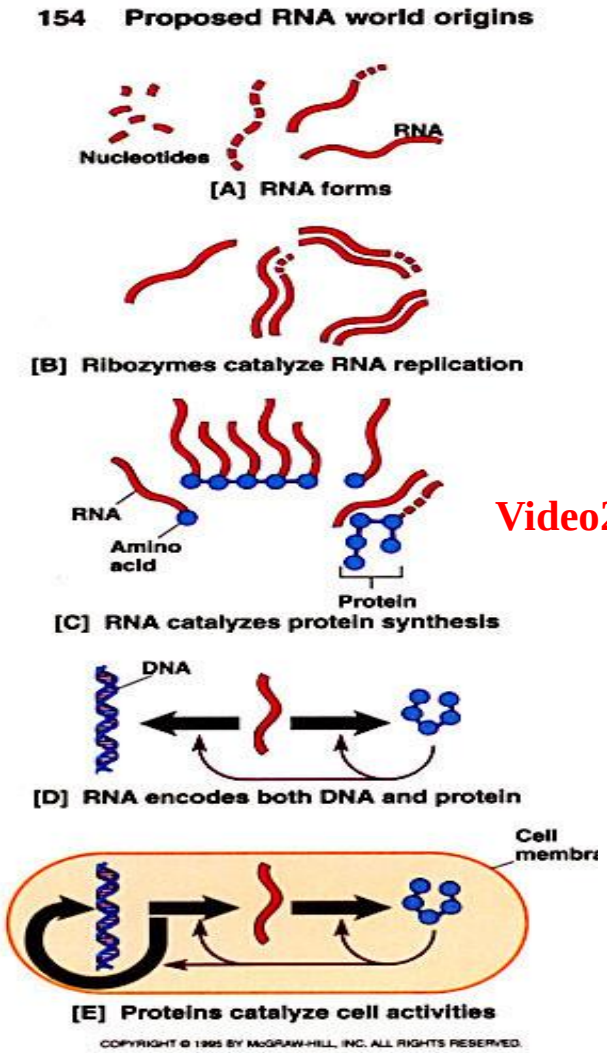
- Con objeto de trasmitir los rasgos hereditarios a la siguiente generación, la mayoría de los organismos almacenan su material genética en forma de ADN.



- El ADN necesita enzimas para su replicación (duplicarse). Sin embargo, en el mundo prebiótico no había enzimas, por lo que es difícil que el ADN fuera el medio en el que la herencia tenía lugar.



Papel del ARN en el origen de la vida[DP]



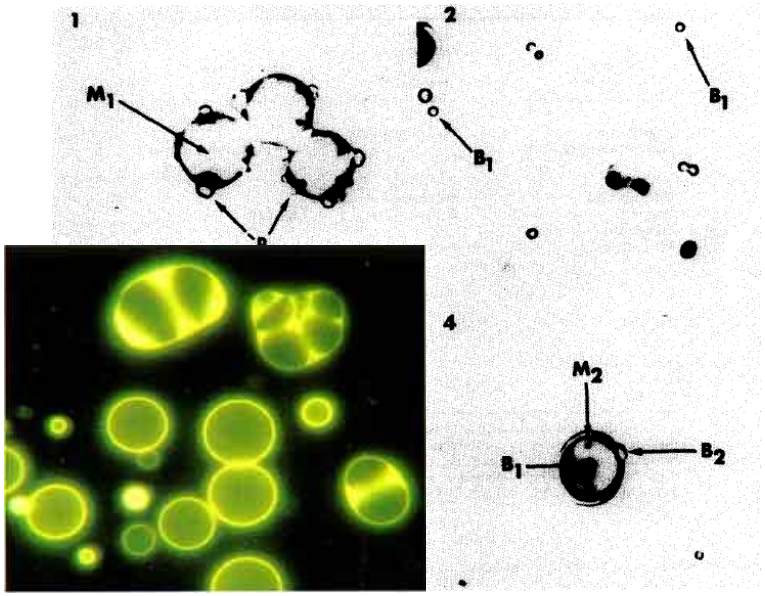
Video2

- El ARN puede almacenar información en una de secuencia de 4 nucleótidos, de forma similar a como lo hace el ADN.
- Por otro lado, el ARN tiene dos propiedades que le habrían permitido desempeñar un papel importante en el origen de la vida:

  - **Capacidad de autorreplicación**: Bajo ciertas condiciones el ARN puede autorreplicarse *sin necesidad de enzimas*. Esta propiedad lo hace un candidato ideal como primer ácido nucleico en el comienzo de la vida.

  - **Actividad catalítica**: El ARN es una **ribozima**, es decir, al igual que otras enzimas tiene capacidad catalítica, ayudando a que ciertas reacciones químicas tengan lugar. De hecho, pequeñas secuencias de ARN son capaces de copiar fielmente otros ARN.
- Por estas razones, el ARN podría dominar la Tierra primitiva, saliendo a flote en el caldo primordial, haciendo copias de si mismo.

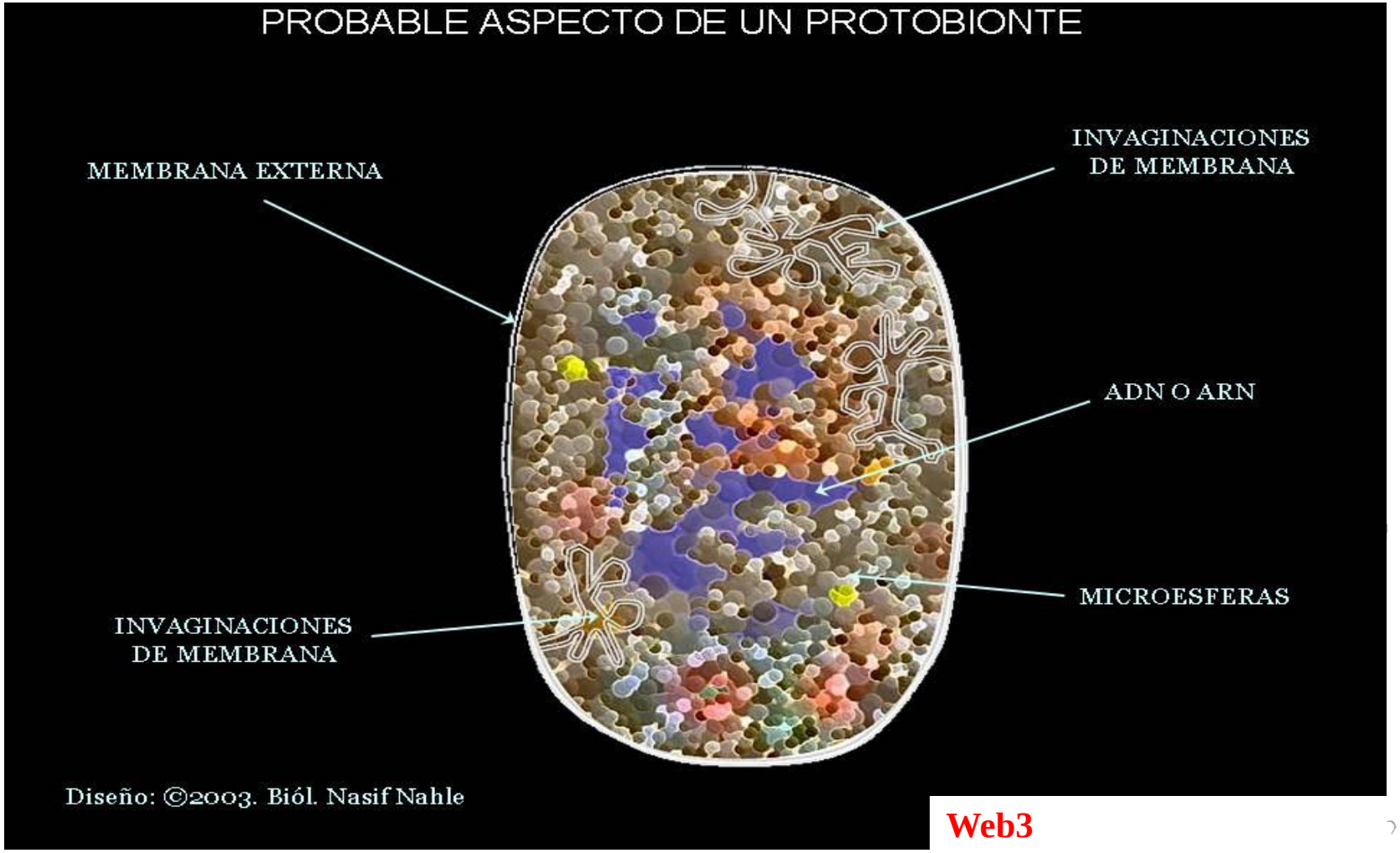
Las protocélulas o protobiontes[DP]



- Bajo condiciones adecuadas, las mezclas de macromoléculas en agua tienden a producir unidades complejas denominadas **coacervados**, con capacidad para absorber sustancias del exterior, y con una **bicapa lipídica** (liposoma) en el exterior formando una especie de membrana.

- Antes de surgir la primera célula verdadera, deben haber existido protocélulas o **protobiontes**, caracterizadas por poseer una membrana externa que les permitiera poseer un ambiente químico interno diferente del exterior que los rodeaba.
- **Ejemplos de protobioentes son las microesferas y coacervados**.
- Distintos experimentos han demostrado que cuando se exponen al calor seco, los aminoácidos polimerizan abióticamente para formar una cadena polipeptídica denominada proteinoides, que en las condiciones acuosas adecuadas forman unas **microesferas** como pequeñas burbujas, que permiten mantener un ambiente químico interno diferente al exterior que lo rodea y que poseen propiedades celulares.

Las protocélulas o protobiontes[DP]



Web3

Origen de la célula eucariota: Teoría endosimbiótica DP/PAU

- Según las hipótesis más aceptadas, la vida se originó en la Tierra hace más de 3 800 millones de años en forma de células muy sencillas de organización procariota, los **protobiontes**.
- Eran estructuras membranosas con un ácido nucleico (probablemente ARN) capaz de autorreplicarse y de utilizar su información para la síntesis de proteínas. Su posterior evolución condujo a la diversidad que hoy conocemos.

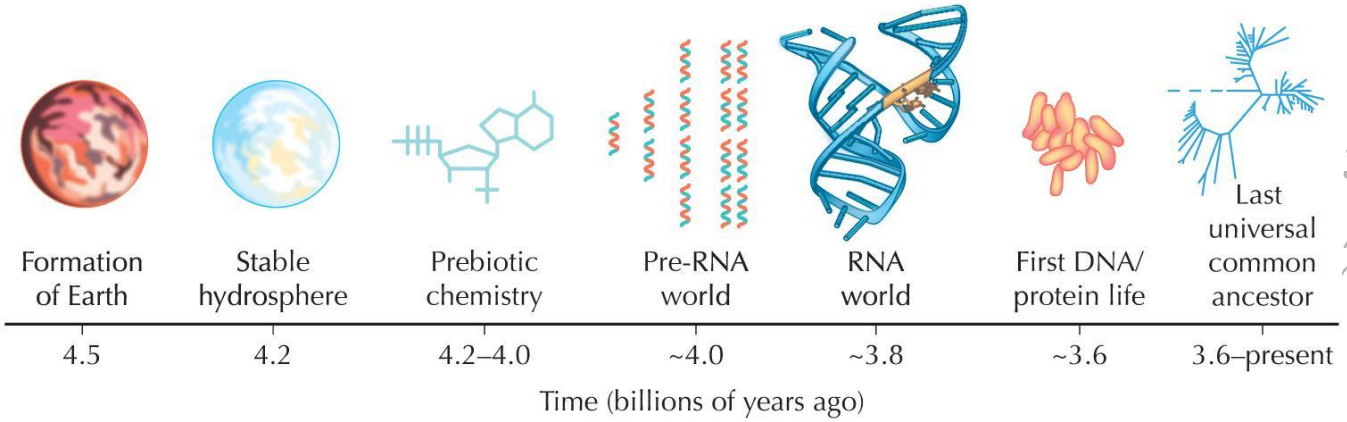


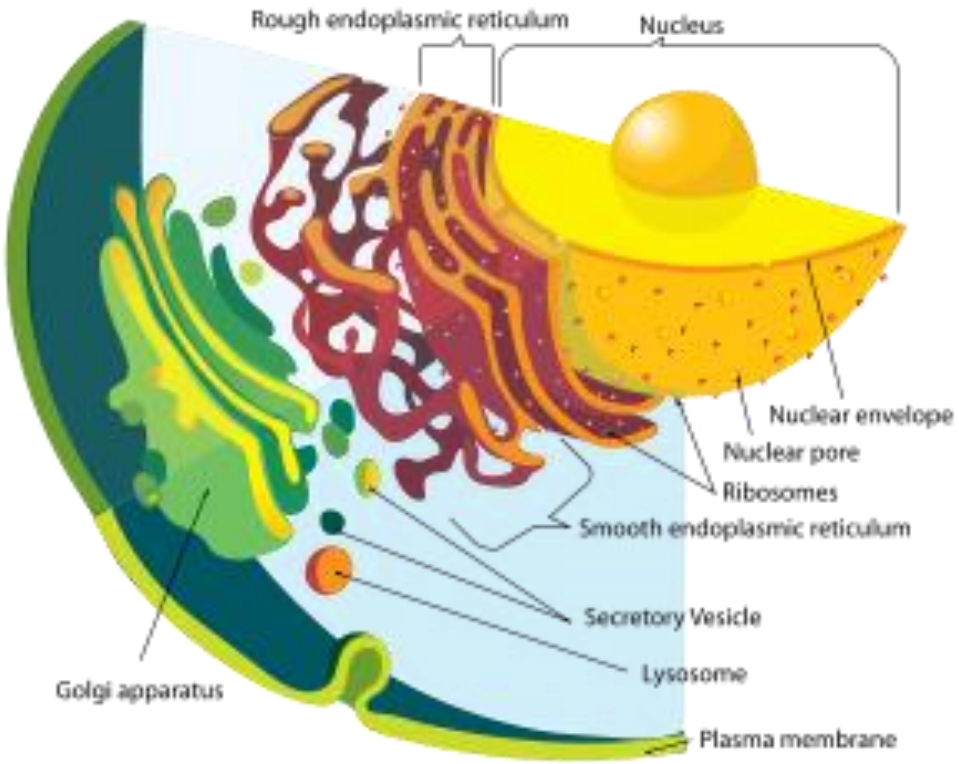
FIGURE 4.4. Steps in the origin of life.

4.4, modified from Joyce G.F., *Nature* **418:** 214–221, © 2002 Macmillan, www.nature.com

Evolution © 2007 Cold Spring Harbor Laboratory Press

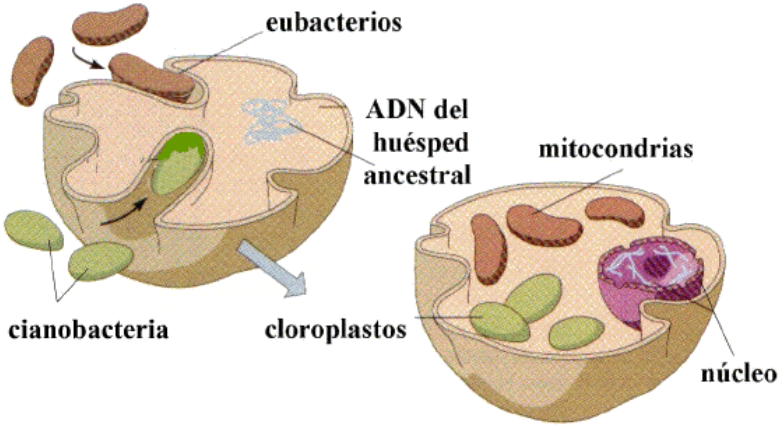
Origen de la célula eucariota: Teoría endosimbiótica DP/PAU

- Las células eucariotas son el resultado de la evolución de organismos procariotas primitivos semejantes a algunas de las bacterias actuales. Las células eucariotas son mucho más complejas y tienen un tamaño mayor que las procariotas.
- Este aumento de volumen (hasta un millón de veces más) implica la necesidad de un aumento de superficie.
- ¿Cómo resolver este problema? Puede hacerse mediante el plegamiento de la membrana externa o mediante la incorporación a la misma de algún tipo de especialización.



Origen de la célula eucariota: Teoría endosimbiótica DP/PAU

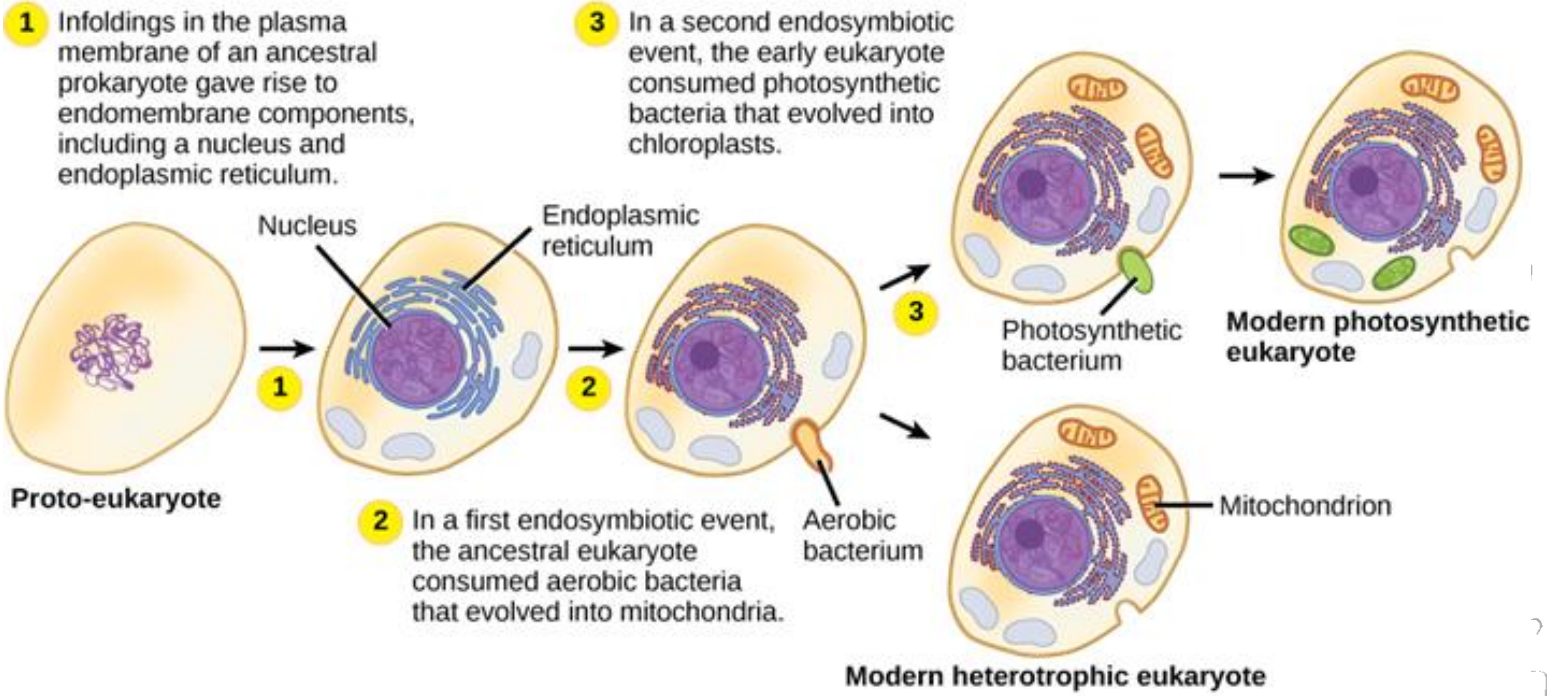
- Las bacterias (procariotas) fueron los únicos organismos sobre la Tierra desde ese momento hasta hace unos 2 000 Ma., momento del que se tiene el primer fósil de una célula con núcleo (eucariotas).
- Una teoría ampliamente aceptada es la **teoría endosimbiótica** de **Lynn Margulis** en 1967, que postula que postula que los eucariotas han evolucionado a partir de los procariotas.
- Por tanto, **el origen de las células eucarioticas puede explicarse por medio de la teoría endosimbiótica.**



Video3

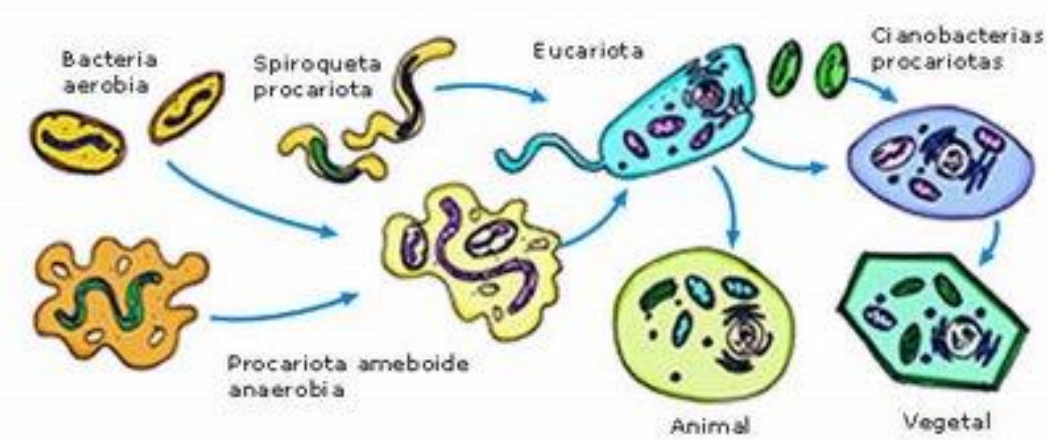
Origen de la célula eucariota: Teoría endosimbiótica DP/PAU

- Según esta teoría, los orgánulos membranosos que contienen ADN, como las mitocondrias y los cloroplastos, presentan muchas características semejantes a las de las células procariotas, por lo que podrían derivar de ellas.
- El **núcleo** y el **sistema endomembranoso** pudieron haber surgido a partir de invajinaciones de la membrana plasmática.



Origen de la célula eucariota: Teoría endosimbiótica DP/PAU

- El origen de las **mitocondrias** tuvo lugar a partir de la incorporación de **bacterias púrpuras**, adquiriendo la capacidad de consumir oxígeno en un proceso de oxidación completo, la respiración aeróbica.
- Los **cloroplastos** procederían de las **cianobacterias**, adquiriendo un tipo de nutrición fotoautótrofa.
- Los **flagelos y microtúbulos** pudieron haber sido adquiridos a partir de **espiroquetas** simbióticas.



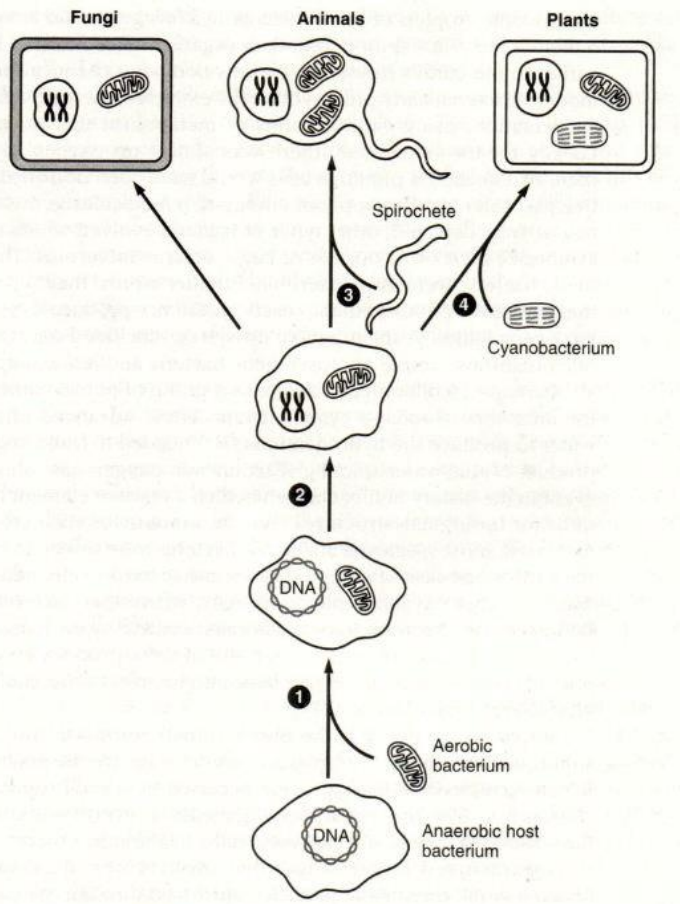
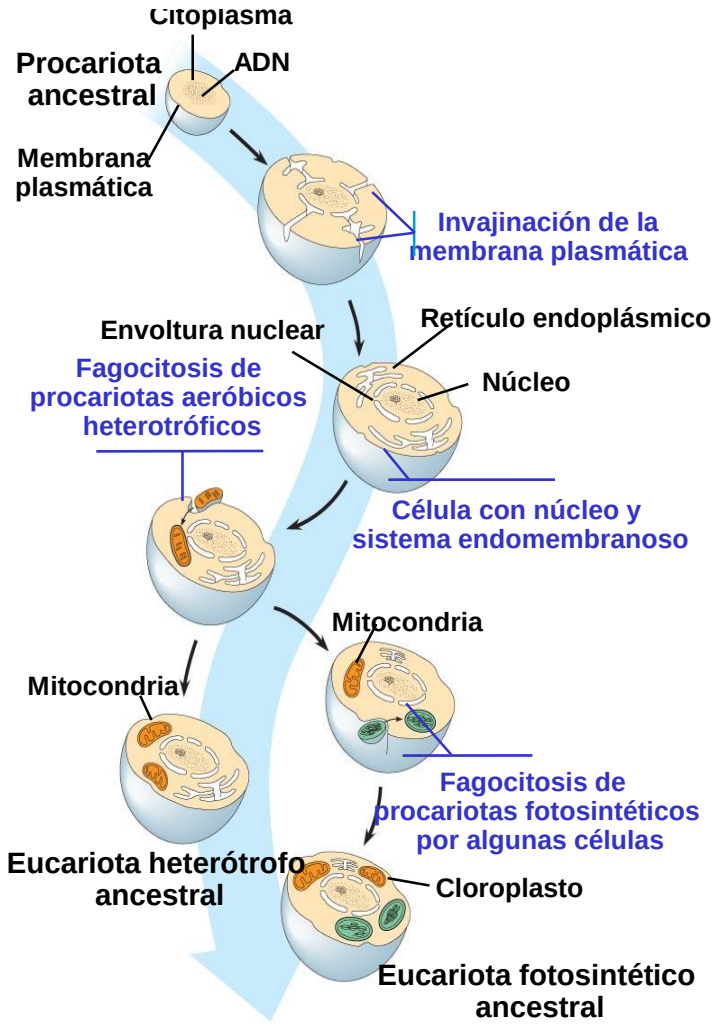


FIGURE 3.3 Evolution of eukaryotic cells by a series of endosymbiotic events: (1) mitochondria evolve from small, free-living, respiring bacteria; (2) the nucleus evolves from the simpler prokaryotic DNA molecule; (3) flagella (undulipodia) evolve from symbiotic spirochetes; (4) chloroplasts arise from free-living cyanobacteria. Cell walls in plants and fungi, which are structurally quite different, evolve independently.

Origen de la célula eucariota: Teoría endosimbiótica DP/PAU



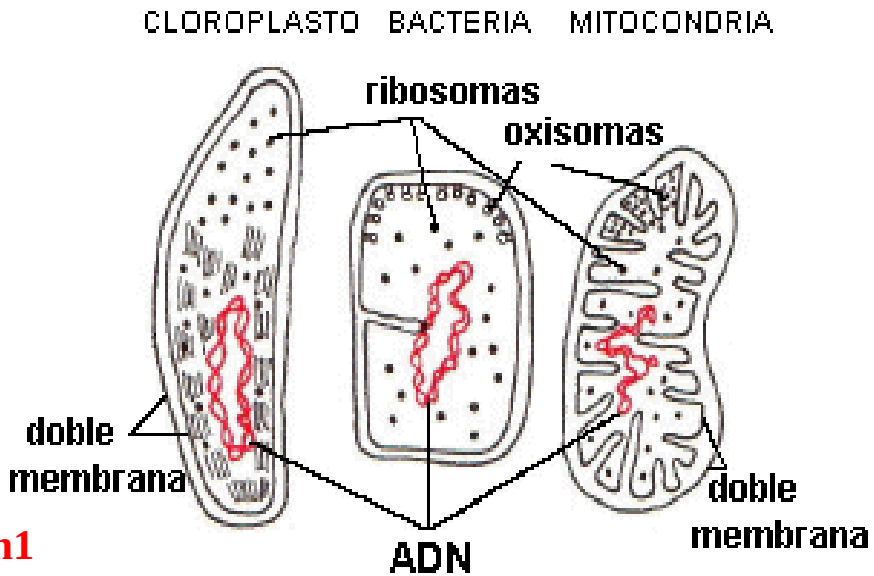
Copyright © 2005 Pearson Education, Inc. Publishing as Pearson Benjamin Cummings. All rights reserved.

- Esta teoría mantiene que los orgánulos que se encuentran en el interior de las células eucariotas, una vez fueron procariotas independientes, pero que una célula heterótrofa de mayor tamaño los endocitó.
- Algunas células digirieron estas bacterias, alimentándose de ellas, pero aquellas células que no tenían enzimas capaces de digerir a estas procariotas fotosintéticos, adquirieron una **ventaja por selección natural**, ya que adquirieron su metabolismo fotosintético o aerobio.
- Dichos procariotas permanecieron en su interior, encontrando protección a cambio de sus servicios: **endosimbiosis.**
- Esto podría explicar como los orgánulos membranosos como la **mitocondria** o los **cloroplastos** llegaron a formar parte de las células eucariotas evolucionando a partir de procariotas independientes.

Origen de la célula eucariota: Teoría endosimbiótica DP/PAU

- Esta teoría **se apoya** en que las características que comparten mitocondrias y cloroplastos, y que las hacen más parecidos a un procariota independiente, que a cualquier otro orgánulo celular:

  - Tienen doble membrana.
  - Tienen ADN desnudo circular propio.
  - Pueden sintetizar proteínas usando pequeños ribosomas.
  - Sus ribosomas son de igual tamaño que los procariotas (70S).
  - Se dividen por fisión binaria.
  - Mismo tamaño que procariotas.



Animación1

- Al igual que otras teorías, también tiene sus **objeciones**:

  - No se puede demostrar, ya que predice algo que ocurrió en el pasado.
  - No explica el origen de los cromosomas lineales o la meiosis.
  - Existen débiles evidencias de que los cilios y los flagelos evolucionaron a partir de la unión de bacterias espiroquetas.

Video4

Estudio del origen de la vida y TdC^{DP}

- La biología es el estudio de la vida, a pesar de ser esta una propiedad emergente.
- **¿En que circunstancias resulta productivo un enfoque sistémico de la biología y en que circunstancias resulta mas apropiado un enfoque reduccionista?**
- ¿Cómo eligen los científicos entre enfoques contrapuestos?

IMAGEN: http://es.slideshare.net/jsimon73