



**GUÍA DE TRABAJO
SEMANA 12 - 16 DE ABRIL
ORIGEN CELULAR**

Queridos estudiantes:

Los OA que estamos trabajando son:

OA 1. Investigar el desarrollo del conocimiento de biología celular y molecular a lo largo de la historia y su relación con diversas disciplinas como la química, la física y la matemática, entre otros.

OA 2. Explicar la estructura y organización de la célula basado en biomoléculas, membranas y organelos, su reproducción, mantención y recambio, en procesos de metabolismo, motilidad y comunicación, como fundamento de la continuidad y evolución del fenómeno de la vida.

LEE CON DETENCIÓN EL SIGUIENTE TEXTO Y RESPONDE LAS PREGUNTAS PLANTEADAS

El problema del origen de la vida es el problema del origen de la célula. No se sabe cómo apareció la primera célula en la Tierra, pero se acepta que su origen fue un fenómeno físico-químico. Esta visión llegó con las propuestas de A.I. Oparin y J.B.S. Haldane en torno a los años 20 del siglo pasado (también fue sugerida por C. Darwin en una carta personal).

Puesto que es un proceso físico-químico surgen dos posibilidades interesantes en el campo de la biología. a) Podemos crear vida. Se podría "fabricar" una célula utilizando las moléculas que existen hoy en día en las células actuales y colocándolas todas juntas dentro de una vesícula membranosa. b) Vida extraterrestre. Existe la posibilidad de que en otro lugar del Universo se hayan dado las condiciones necesarias, similares a las que se dieron en la Tierra, para la aparición de la vida extraterrestre.

1. ¿Qué es un ser vivo?

Para investigar el origen de la vida deberíamos saber reconocer a un ser vivo. Podemos decir que es un organismo que tiene la cualidad de la vida. Pero ¿qué es la vida? Actualmente se tiende a no proponer una definición sino a considerar a la vida como un conjunto de propiedades que debería poseer un organismo para ser considerado como vivo. Se suelen incluir:

- a) Reproducción o transmisión de información codificada por el ácido desoxirribonucleico o ADN.
- b) Mantenimiento de la homeostasis interna gracias a su capacidad para obtener energía externa (metabolismo).
- c) Tener capacidad para producir respuestas a estímulos externos o internos.
- d) Evolución condicionada por la interacción con el medio externo, capacidad para la adaptación (evolución darwiniana).

2. ¿Dónde aparecieron las primeras células?

Aunque se acepta que la formación de las primeras células ocurrió en la Tierra a partir de moléculas orgánicas que existían en el agua, hoy en día no se descarta que parte de las moléculas orgánicas que se necesitaron para crear la vida se sintetizaran en otros planetas o en el propio espacio. Algunos meteoritos presentan una gran cantidad de materia orgánica, incluyendo algunas de relevancia biológica como aminoácidos, nucleótidos y azúcares. La teoría de la panspermia (literalmente, semillas en todas partes) postula un origen extraterrestre de la vida o de las "semillas" de la vida que llegaron a la Tierra. Por tanto, sería plausible la existencia en otros planetas de organismos similares a los de la Tierra.

3. ¿Cuándo aparecieron las primeras células?

La Tierra se formó hace unos 4.500 millones de años. Los indicios fósiles sugieren que los primeros seres orgánicos que dejaron huellas aparecieron entre 3500 y 3800 millones de años atrás (Figura 1). El proceso físico-químico de formación de estos primeros organismos debió empezar antes, en una etapa denominada prebiótica.

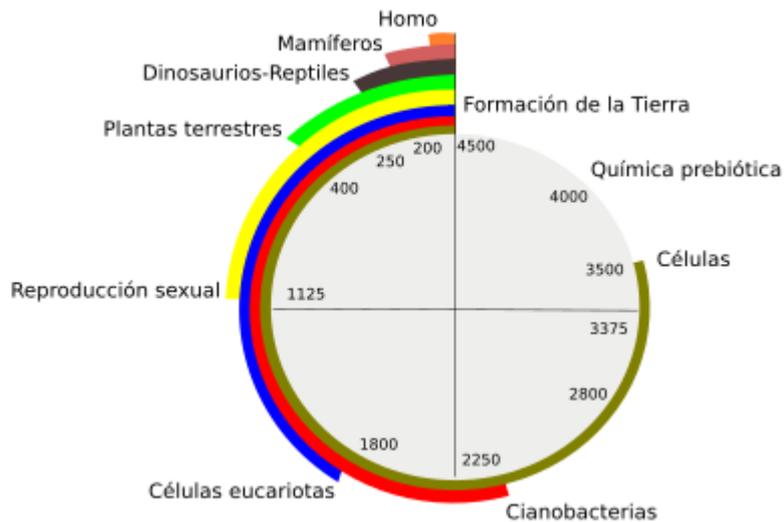


Figura 1. Secuencia temporal

aproximada de la aparición de la vida en la Tierra y algunos de los organismos que emergieron después.

4. ¿Cómo aparecieron las primeras células?

Intuitivamente podemos imaginar una serie de pasos necesarios para la aparición de las primeras células a partir de sustancias químicas:

Formación de moléculas orgánicas

Las células están formadas por moléculas orgánicas, además del agua e iones. Las principales son proteínas, nucleótidos, azúcares y grasas. ¿Cómo se formaron? a) Condiciones físicas extremas. Si se coloca en un matraz una disolución acuosa con sustancias como CO_2 , amoníaco, metano e hidrógeno, y se les somete a una alta temperatura y a descargas eléctricas, se consigue que se formen pequeñas moléculas orgánicas como cianuro de hidrógeno, formaldehído, aminoácidos, azúcares, purinas y pirimidinas. Éste fue el experimento que realizaron Miller y Urey intentando simular las condiciones primitivas (Figura 2). No demuestra que estas moléculas se formaran así en el origen de la vida, pero es una prueba de que se pueden formar mediante reacciones físico-químicas. Hoy se tiende a situar esa síntesis prebiótica en los alrededores de las fumarolas, donde se darían condiciones propicias y habría una cierta protección. b) Origen extraterrestre. Es seguro que las moléculas orgánicas se formaron y se siguen formando en el espacio y se encuentran en meteoritos y cometas. Es posible que gracias a cometas y meteoritos que chocaron con la Tierra de una forma masiva aportaran suficiente materia orgánica para el comienzo de la vida.

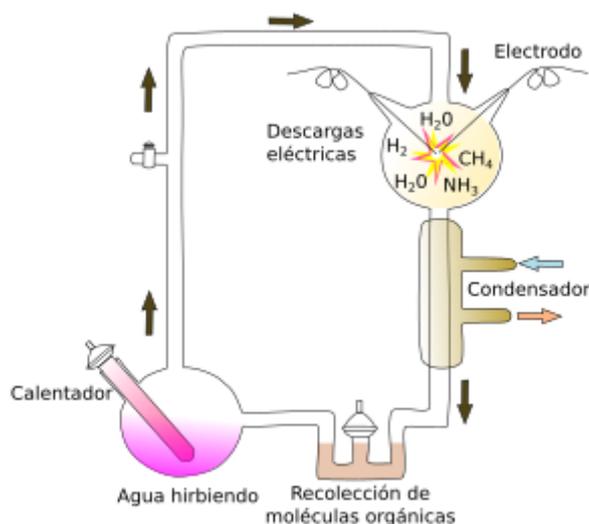


Figura 2. Esquema del sistema ideado por Miller-Urey en el que se demuestra que se pueden sintetizar moléculas orgánicas complejas a partir de otras más simples, cuando estas últimas se someten a condiciones supuestamente similares a las de la Tierra primigenia. Años 50 del siglo XX.

Formación de polímeros

Ya tenemos moléculas orgánicas, pero las más importantes para la célula suelen aparecer en forma de polímeros complejos y no como moléculas simples: las cadenas de aminoácidos forman las proteínas y los polinucleótidos forman el ADN y el ARN. Habría varias posibilidades:

a) Calor sobre compuestos secos. Hay experimentos en los cuales la aplicación de calor sobre componentes secos lleva a la aparición de polímeros orgánicos.

b) Catálisis por superficies minerales. Los minerales pueden haber sido importantes en el origen de la vida por varias razones: concentran, seleccionan, hacen de molde y catalizan reacciones de moléculas orgánicas. Los minerales podrían haber servido además como lugares de protección frente a las adversas condiciones atmosféricas y como sustratos o moldes para la polimerización y las reacciones químicas.

c) Fumarolas. El proceso de formación de moléculas orgánicas se produce hoy en día en las fumarolas, que, bajo unas condiciones de presión y calor elevados, con la ayuda de minerales, pueden producir polímeros orgánicos.

d) Fuentes hidrotermales de agua dulce. Estos serían lugares de agua dulce en contacto con fuentes volcánicas donde sería posible la hidratación-deseccación constante de reductos que podrían aumentar la concentración de moléculas orgánicas y favorecer la reacción entre ellas a altas temperaturas. Este ambiente es más favorable para formar membranas espontáneamente a partir de lípidos anfipáticos que el agua de mar.

e) Membranas lipídicas. Distintos experimentos en laboratorio muestran que las membranas lipídicas, como las que hoy tienen las células, podrían ser centros de atracción, selección y concentración de moléculas simples. Esta posibilidad es interesante puesto que resolvería el problema de cómo las membranas englobaron a unas moléculas determinadas y no a otras, y cómo se llegó a la primera protocélula.

Membrana celular

Uno de los principales eventos en el origen de las células fue el desarrollo de una envuelta que aislara un medio interno y otro externo. Esto tiene muchas ventajas: a) permite tener todos los componentes necesarios próximos para las reacciones metabólicas y se hace más eficiente el proceso de replicación; b) se evita que variantes ventajosas de moléculas orgánicas sean aprovechadas por grupos competidores, es decir, egoísmo evolutivo; c) se gana una cierta independencia respecto a las alteraciones del medio externo favoreciendo la homeostasis interna. Las membranas lipídicas se producen fácilmente de forma espontánea a partir de ácidos grasos anfipáticos, es decir, moléculas que tienen una parte cargada eléctricamente y otra que es hidrófoba.



Protocélulas

Hay dos posibilidades para la asociación entre moléculas como nucleótidos y aminoácidos y las membranas (Figura 3). a) Podemos especular que estas membranas iniciales formaron pequeñas bolsas o vesículas que englobaron poblaciones de moléculas. En otro momento, debido al crecimiento de su contenido interno, estas bolsas debieron adquirir la capacidad de estrangularse y dar dos unidades hijas con características semejantes a la parental. Se producirían reacciones moleculares internas gracias a que las membranas serían permeables a moléculas pequeñas, pero no a los polímeros creados internamente, a los cuales no les sería fácil escapar. b) Otra posibilidad es que hubo una asociación inicial de moléculas orgánicas simples con membranas de lípidos. Este sistema de polímeros (oligopéptidos y oligonucleótidos) y membranas fue ganando en complejidad y dependencia hasta que algunos polímeros atravesaron la propia membrana y quedaron en su interior. Si esto fue así, cambiaría el orden de los acontecimientos puesto que las membranas serían los verdaderos protagonistas para la formación de las primeras protocélulas.

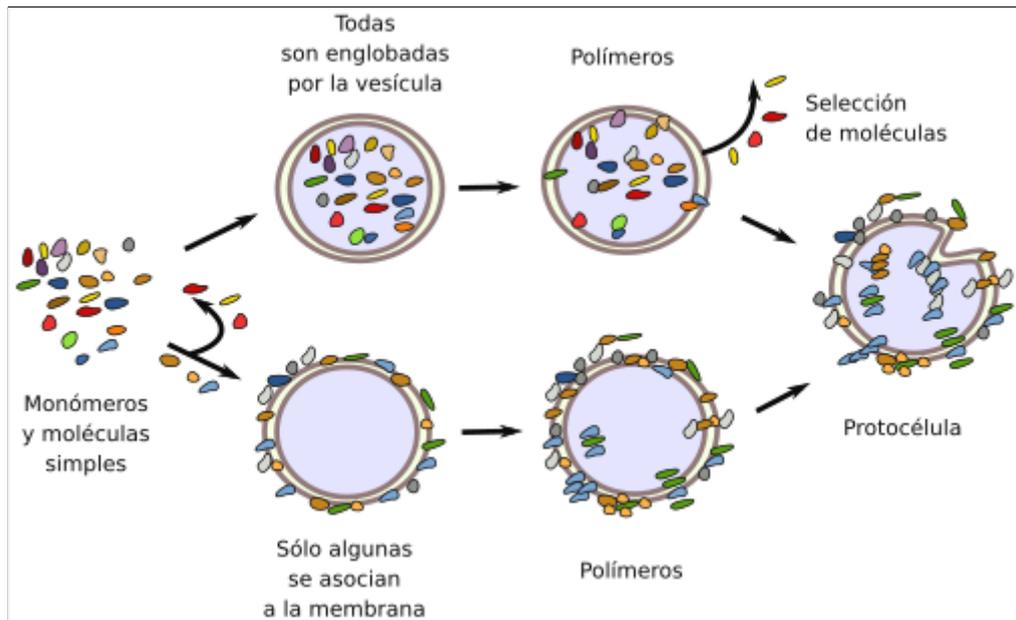


Figura 3. Modelo de "la vida fuera de la vesícula" en el que la membrana es el elemento clave para seleccionar, concentrar y favorecer las reacciones de las moléculas (modificado de Black y Blosser, 2016).

La posibilidad de que las membranas pudieran ser en realidad el elemento que disparara la atracción de moléculas y la reacción entre ellas para formar estructuras moleculares más complejas abre posibilidades sorprendentes. Las membranas son mucho más estables en aguas dulces que en aguas saladas, por lo que surge la posibilidad de que, en estos supuestos, las primeras células aparecieran en aguas dulces, en vez de en el mar.

Autorreplicación

El evento quizá más importante para pasar de la química prebiótica a conseguir una química celular fue la autorreplicación. En el modelo del mundo ARN el replicador es la molécula de ARN (ver más abajo) y en el modelo del mundo metabólico la replicación se conseguiría después de que las primeras reacciones metabólicas empezaran a funcionar.

Con la autorreplicación se consigue la propiedad de la transmisión de la información, que es una de las propiedades de la vida. Dentro de cada vesícula membranosa se crearían réplicas moleculares más o menos exactas al original. Así, diferentes vesículas membranosas se enriquecerían en ciertas variantes moleculares y competirían más eficientemente y aprovecharían más favorablemente los materiales libres. Con este proceso de competición por los recursos se emprende otra carrera que es la de la evolución darwiniana (variabilidad más selección natural), otra gran propiedad de la vida. Algunos autores proponen que no hubo una primera molécula autorreplicante sino sistemas de reacciones químicas con capacidad para aumentar el número de sus componentes moleculares y así crecer. Es decir, se replicaría el sistema de reacciones y sus componentes.



Mundo ARN

Mundo ARN. Suponiendo que el primer autorreplicante fuera una molécula, ¿qué molécula podría autorreplicarse? Todas las miradas se vuelven al ARN. Esta idea se basa en la capacidad enzimática que poseen las moléculas de ARN (denominadas por ello ribozimas). Por ejemplo, la maduración del ARNm de las células eucariotas por parte de las ribonucleoproteínas o la síntesis de proteínas en los ribosomas por parte de los ARN ribosómicos son ejemplos de actividad catalítica llevada a cabo por el ARN. No es descabellado, aunque improbable, pensar que existieran moléculas de ARN con la capacidad de unir ribonucleótidos y hacerlo con una secuencia similar de bases a la suya propia. Podrían usar como molde la complementariedad de su propia secuencia de nucleótidos. Además, la secuencia condiciona el

plegamiento tridimensional de la molécula de ARN, lo que afecta a su estabilidad y a su actividad (Figura 4). Ocurrirían fallos durante la autorreplicación que producirían moléculas de ARN con distintas secuencias y por tanto con distintas propiedades. Entre ellas comenzaría una competencia darwiniana por los recursos. Por todo ello se ha propuesto que existió un mundo dominado por el ARN en la etapa prebiótica.

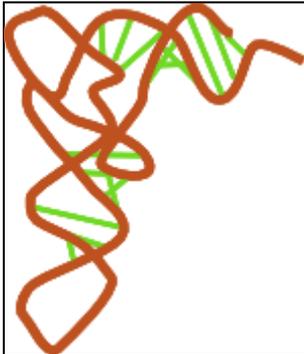


Figura 4. Éste es un esquema tridimensional de un ARN de transferencia existente en las células actuales. La secuencia de ribonucleótidos hace que se establezcan uniones por complementariedad de bases (trazos verdes). Esto le provoca una disposición tridimensional.

Sin embargo, en un "mundo metabólico" basado en sistemas de reacciones químicas, la replicación no sería la característica de una molécula concreta sino de todo un sistema de moléculas. Para ello se necesitaría un aislamiento del medio externo (secuestro en una vesícula membranosas), capacidad de tomar energía y moléculas del medio, crecer, dividirse y la capacidad para aumentar su complejidad de reacciones químicas.

Interacciones moleculares

Independientemente de la molécula o moléculas con capacidad de autorreplicación y competición, tendría que darse en algún momento la interacción entre moléculas diferentes (proteínas, ADN, ARN, lípidos y azúcares) y la formación de complejos y reacciones heterogéneas. Con estas interacciones se seleccionarían no ya unas pocas moléculas sino grupos heterogéneos de moléculas que actuarían en cooperación, coevolución.

Código genético

En algún momento el ARN tuvo que intervenir en la síntesis de las proteínas. Para ello hubo que inventar un código que identificara una secuencia de nucleótidos con un aminoácido determinado. Esto es lo que actualmente se denomina el código genético, en el que tres bases nucleotídicas codifican para un aminoácido determinado. Este código parece arbitrario y es prácticamente universal para todos los organismos vivos. A estas protocélulas de las cuales partieron todas las demás células que conocemos hoy en día se les denomina LUCA (en inglés: *Last universal common ancestor*).

ADN

Actualmente la información que transmiten los organismos a su descendencia está codificada en forma de ADN. El ADN tiene una serie de ventajas sobre el ARN: al ser el ADN una doble hélice es más estable, es más fácil de replicar y permite reparaciones más eficientes. En algún momento de la evolución, antes de LUCA, debió darse el paso de la información desde el ARN al ADN, y quedar este último como base para la conservación, lectura y transmisión de la información de las protocélulas.

ACTIVIDAD

1. ¿Qué ciencias están consideradas en el desarrollo del descubrimiento celular?
2. Nombre y describa las teorías que tratan de explicar el origen de la vida.
3. En relación al origen de la vida, cuales son las principales evidencias que fundamentan la hipótesis de un origen químico de la vida.
4. ¿Cuál es la importancia de las primeras moléculas formadas?
5. Explique cómo se habría formado la primera célula, según la teoría de Muller y Urey.
6. ¿Cuál es la importancia de las proteínas y los ácidos nucleicos en esta teoría? ¿Cuál de las 2 moléculas se debería haber formado primero? Justifique su respuesta.
7. ¿Cuál es la importancia del azar para esta teoría? Justifique su respuesta.
8. ¿Esta teoría logra explicar que el metabolismo celular sea semejante en casi todos los seres vivos y que las reacciones químicas que la conforman se lleven a cabo reiteradas veces de la misma manera? Justifique su respuesta.

