

Introducción

Origen y evolución de los seres vivos

Pablo Javier Patiño, MD, MSc, Dr. Sci.

Profesor Asociado, Facultad de Medicina

Grupo Inmunodeficiencias Primarias- Corporación Académica Biogénesis

Universidad de Antioquia

Sabemos con una relativa precisión, que la vida nació en la tierra hace unos 3.8 billardos de años y que su extinción se dará "posiblemente" dentro de 5 billardos más, cuando el sol se transforme en una estrella gigante que sobrecalentará la superficie del globo.

Esta visión de la evolución de nuestro sistema planetario invita a explorar las diferentes etapas que han conducido a una fracción de materia inerte a convertirse en materia viva, es decir a evolucionar hacia un estado altamente organizado y complejo que caracteriza la vida.

(Maurel M-C. La Naissance de la Vie.

De l'évolution prébiotique à l'évolution biologique.

DUNOD, Paris, 2003).

En esta introducción presentaremos una visión general de lo que hoy se propone o conocemos acerca del origen de los sistemas vivos, con base en las hipótesis que explican la formación de las primeras moléculas orgánicas y su organización en una estructura que conocemos como célula; y algunos aspectos relacionados con la evolución de ésta hasta el presente.

Tal vez la característica más llamativa de la vida en nuestro planeta es la gran unidad del marco molecular de los sistemas vivos. Aunque un ser humano, una ameba, una *Escherichia coli* y una arqueobacteria no parecen tener relación entre sí, comparten regiones altamente conservadas en muchas proteínas, particularmente en aquellas necesarias para el procesamiento de información (transcripción y traducción), así como características estructurales en organizaciones macromoleculares fundamen-

tales como la RNA polimerasa, el ribosoma y la membrana plasmática. Todos estos aspectos comunes han llevado a aceptar que los sistemas biológicos que conocemos han evolucionado de un origen común conocido como el Último Ancestro Universal Común (LUCA por *Last Universal Common Ancestor*). Esta conclusión fue alcanzada por Charles Darwin en su libro *Origen de las Especies*. La existencia de LUCA es totalmente compatible con las distintas hipótesis acerca del origen de la vida en la Tierra. Este concepto no excluye los múltiples orígenes de sistemas vivos ni una diversidad de sistemas biológicos pre-LUCA, pues en este caso lo que pudo haber sucedido fue que la evolución de dichos sistemas pasó por una situación de cuello de botella luego de la cual LUCA fue el único organismo posicionado para dar origen a la diversidad de sistemas vivos que hoy conocemos.

El origen de las moléculas que componen los seres vivos

La uniformidad bioquímica de todos los seres vivos en la tierra es una indicación clara de que todos los organismos que hoy conocemos descienden de ese ancestro común. El análisis detallado de las secuencias proteicas indica que dicho LUCA tenía una complejidad comparable al de una bacteria actual y que vivió hace 3.200 a 3.800 millones de años.

La hipótesis más conocida para explicar el origen de los sistemas orgánicos propone que éstos se originaron en los límites de las plataformas de los continentes antiguos o en las aguas poco profundas y cálidas del océano primitivo. En estos sitios los gases ricos en hidrógeno que provenían del interior de la tierra pudieron reaccionar con los gases de la atmósfera ricos en carbono. Además la gran flexibilidad del carbono le permitió combinarse con otros elementos como hidrógeno, oxígeno, fósforo y azufre para generar una amplia diversidad de moléculas. Esta hipótesis hace parte de lo que hoy conocemos como química prebiótica, que tuvo su origen gracias a los experimentos realizados en 1953 por Stanley L. Miller en el laboratorio de Harold C. Urey de la Universidad de Chicago. Estos experimentos consistieron en bombardear un modelo de atmósfera primitiva (mezcla de amoníaco, vapor de agua, hidrógeno y metano) con una descarga eléctrica, simulando un rayo, durante una semana, de manera que los productos se depositaran sobre agua líquida. Después de este tiempo obtuvieron dos aminoácidos (alanina y glicina) y muchas otras moléculas orgánicas que son producidas por las células. A partir de entonces varios investigadores han demostrado que se pueden formar diferentes biomoléculas en una atmósfera gaseosa reductora como la propuesta por Miller-Urey y ha sido posible obtener, en el laboratorio, la mayor parte de las moléculas sintetizadas por las células, sometiendo mezclas de gases sencillos y soluciones minerales, a distintas fuentes de energía (descargas eléctricas, radiación ultravioleta, calor).

A pesar de las evidencias experimentales existentes, estudios recientes han controvertido la hipótesis del caldo primitivo de Miller-Urey, pues, aparentemente, la atmósfera de la tierra primitiva no era tan fuertemente reductora como se propuso inicialmente. Esto ha llevado a buscar otras hipótesis para explicar el origen de las moléculas orgánicas. Muchos de los meteoritos que impactan la tierra contienen cantidades significativas de carbono orgánico; además tienen algunos de los aminoácidos comunes y las bases de los ácidos nucleicos, de tal manera que el caldo prebiótico se pudo haber originado por material preformado traído a la tierra por meteoritos y cometas.

Existe evidencia sólida que demuestra que estas moléculas se sintetizan en las nubes densas de gas y polvo donde ocurre la formación estelar, donde además existe gran cantidad de agua. Este proceso se favorece gracias a que, en estos sitios, dichas moléculas están protegidas de la radiación ultravioleta. Una vez constituida la estrella, su presión de radiación expulsa las moléculas volátiles a las zonas exteriores del sistema, donde se agrupan en cuerpos de densidad baja que forman asteroides y cometas. En su trayectoria por el espacio, estos cuerpos pueden colisionar con los planetas interiores, contribuyendo en los procesos de biogénesis al aportar cantidades importantes de agua y moléculas orgánicas.

De acuerdo con esta hipótesis, la dificultad principal para explicar el origen de los sistemas vivos, como los conocemos hoy, parece radicar en el desarrollo de un entorno adecuado para adquirir la complejidad biológica, pues los elementos y compuestos necesarios para alcanzar tal organización bioquímica son bastante comunes y están dispersos en el universo.

Pero además de las anteriores, otra hipótesis más reciente propone que las moléculas orgánicas se originaron en las grandes profundidades de los océanos. Allí en grietas submarinas de la superficie terrestre permiten la mezcla de agua a altas temperaturas, rica en metales de transición y sulfuro de hidrógeno, con el agua fría del océano. En estos sitios existe bastante actividad biológica, mucha de la cual es independiente de la energía solar. Se ha propuesto que la reacción entre sulfuro de hierro y sulfato de hidrógeno podría haber provisto la energía necesaria para reducir el dióxido de carbono o el monóxido de carbono para generar las moléculas con capacidad de dar origen a los organismos vivos.

Evolución de las moléculas orgánicas: desde las moléculas a la primera célula

Aunque no es posible conocer de manera exacta cómo fue el inicio de las primeras moléculas orgánicas y cómo, a su vez, éstas evolucionaron e interactuaron para generar las primeras formas de vida, sí se puede afirmar que la tierra primitiva tenía las condiciones apropiadas para la aparición de organismos vivos a partir de moléculas inertes. Hace 3.500 a 4.000 millones de años existía el tiempo y la energía suficientes para que las combinaciones moleculares propias de los organismos vivos surgieran a partir de las reacciones químicas que ocurrían en un medio rico en energía, en condiciones cambiantes.

A medida que se estabilizaron las condiciones ambientales, se formaban cadenas de moléculas más complejas