

83

CAPÍTULO

Origen de la vida

En el capítulo 3 de este texto se brindaron argumentos a favor de la teoría científica del origen de la vida, a partir de la materia inerte. Como el origen de la vida sigue siendo un problema de gran actualidad en la investigación biológica contemporánea, hemos considerado oportuno retomar el tema en esta sección del texto, para poder emplear en su análisis los conocimientos de bioquímica que el lector habrá adquirido en las secciones precedentes.

En el mundo científico actual la discusión no se plantea sobre la disyuntiva de si la vida fue creada o surgió espontáneamente, sino que partiendo de las posiciones materialistas se buscan las explicaciones a los mecanismos que, hace millones de años, culminaron con el origen de la vida.

Dificultades para el estudio experimental del origen de la vida

La bioquímica es una ciencia experimental. Los bioquímicos han brindado sus aportes al conocimiento del origen de la vida mediante experimentos que intentan repetir, en las condiciones de laboratorio, algunas de las etapas del proceso del origen de la vida.

El tratamiento experimental de este problema presenta serias dificultades, entre las que deben destacarse las siguientes:

- 1. Los hechos investigados ocurrieron hace muchísimo tiempo y actualmente no se producen.** Se ha estimado que las "primeras células" aparecieron hace 3 000 000 000 de años y en la actualidad las condiciones de la tierra son tales que no permiten que el proceso se repita.
- 2. Los primeros seres vivos no dejaron rastros (fósiles).** Las formas primitivas de vida no poseían estructuras que permitieran la fosilización, por tanto, hoy en día no es posible encontrar evidencias fósiles de su existencia y características.
- 3. Cada etapa del proceso se desarrolló en largos intervalos.** Se calcula que entre la aparición de las denominadas moléculas organogénicas y las células primitivas transcurrieron unos 500 000 000 de años. Por ello, se comprenderán las dificultades que se presentan al pretender repetir algunos de los eventos postulados en un período extraordinariamente más corto, como corresponde a un experimento llevado a cabo por un investigador.

Los científicos no se han dejado amedrentar por estas grandes dificultades y se han planteado con toda seriedad la posibilidad de experimentar con el origen de la vida.

Consideraciones preliminares para el estudio experimental del origen de la vida

Para encarar este problema, desde el punto de vista experimental, es necesario partir de algunas consideraciones preliminares:

- 1. La vida de la Tierra se originó en la propia Tierra.** La alternativa de que la vida fuera traída a nuestro planeta desde el espacio exterior, si bien ha sido planteada por algunos investigadores, no hace más que trasladar el origen de la vida a un lugar desconocido y contribuye muy poco a las posibilidades de experimentación en este campo.
- 2. Se posee un conocimiento aceptable de las condiciones de la Tierra primitiva, durante el período de origen de la vida.** Si bien el origen de la Tierra se remonta aproximadamente a 4 000 000 000 de años, en el pasado, la observación y el estudio de numerosos cuerpos celestes, en diferentes etapas de su evolución, han permitido tener una concepción —más o menos correcta y acabada— de las condiciones prevaletentes en la Tierra primitiva, en la época que nos interesa.
Estas condiciones eran la existencia de una atmósfera reductora, compuesta fundamentalmente por dióxido de carbono y vapor de agua, con pequeñas cantidades de otros gases, como el monóxido de carbono, el metano y el uitrógeno. Se habían formado lagos y mares, en los cuales se encontraban disueltos amoníaco, sulfuro de hidrógeno, cianuro y otras moléculas simples. El pH de estos depósitos de agua era cercano a 7,5. La temperatura ambiente era sólo ligeramente superior a la actual. Las radiaciones ultravioletas del sol llegaban con gran intensidad a la superficie terrestre.
- 3. La vida se originó espontáneamente.** Desde luego, la posición idealista acerca de la vida como algo creado, además de no ser aceptada científicamente, no brinda posibilidad alguna de experimentación. El fenómeno que nos ocupa sólo puede ser investigado desde una posición materialista.
- 4. Existieron fuentes de energía para el proceso.** Muchas de las etapas que se han postulado para explicar el proceso del origen de la vida requieren, para producirse, un aporte energético externo. Hoy no caben dudas de que a lo largo del período durante el cual se originó la vida existieron numerosas fuentes de energía, que impulsaron estos procesos. Estas fuentes de energía comprenden, en primer lugar, las radiaciones provenientes del sol, especialmente la ultravioleta, la cual —en épocas remotas— llegaba a la superficie de la Tierra con mucha mayor intensidad que hoy. Se han considerado, además, las descargas eléctricas, debido a las frecuentes tormentas que entonces tenían lugar, así como las erupciones volcánicas, el impacto de cometas y meteoritos, y otras.
- 5. Las biomoléculas originales eran similares a las actuales.** Si bien, como se ha señalado, no quedaron rastros de las células primitivas, se considera que éstas poseían biomoléculas similares a las que poseen los seres vivos actuales, es decir, proteínas, ácidos nucleicos, lípidos y sus precursores. No hay razones para pensar que las biomoléculas actuales se hayan originado a partir de biomoléculas primitivas, radicalmente diferentes. Por otra parte, en cuerpos celestes que han llegado a la Tierra se ha podido determinar la presencia de alcoholes, aldehídos, aminas, aminoácidos, purinas, pirimidinas y otras biomoléculas muy similares o idénticas a las existentes en los seres vivos actuales. Este hecho se considera un argumento a favor de la posibilidad de la formación abiótica de estas sustancias en la Tierra primitiva.

6. Las formas originales de la vida, aunque no iguales, no fueron tampoco demasiado diferentes de los más sencillos organismos vivos de la actualidad. Aunque se acepta que a partir de las células primitivas se ha producido un prolongado y complejo proceso evolutivo hasta las células actuales, se considera que dichos organismos vivos primitivos poseían algunas de las características más generales que los actuales. Se concibe que los organismos vivientes primitivos poseían una membrana que los separaba del medio circundante, cuya composición debió ser similar a las membranas biológicas actuales. Igualmente, se piensa que los componentes intercelulares más importantes fueron los ácidos nucleicos y las proteínas.

Las formas de vida más antiguas (de las cuales se tiene evidencia) se encuentran en formaciones de microfósiles, denominadas estromatolitos, localizados en Australia. Su edad se calcula en miles de millones de años y, aparentemente, eran organismos muy similares a las más primitivas células fotosintéticas actuales.

Historia natural del origen de la vida

Se ha postulado la existencia de etapas en el largo proceso del origen de la vida, lo cual brinda alguna orientación a la hora de diseñar experimentos para su investigación.

Las etapas consideradas se representan en la figura 83.1 donde se muestra la historia natural del origen de la vida. Nótese los intervalos de tiempo señalados.

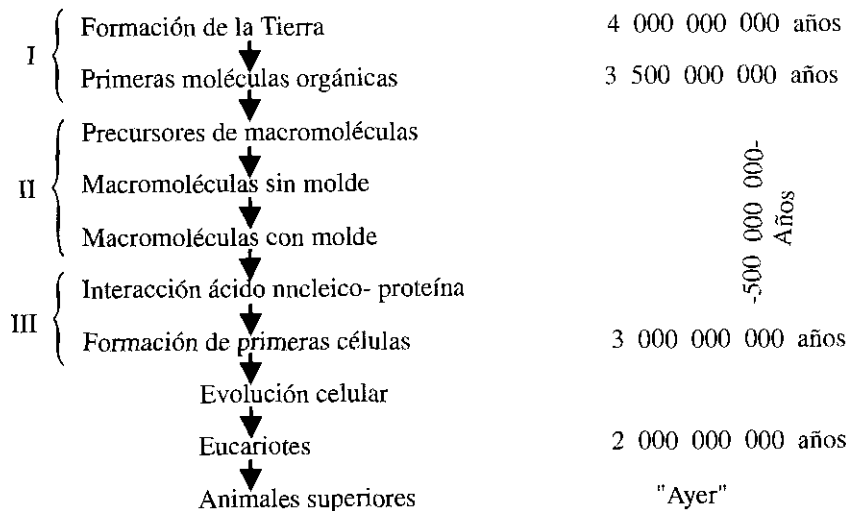


Fig. 83.1. Historia natural del origen de la vida. La edad de la Tierra se calcula en unos cuatro mil millones de años. Las primeras moléculas orgánicas aparecieron hace tres mil quinientos millones de años. A partir de este momento transcurrieron quinientos millones de años hasta el surgimiento de las primeras células y el comienzo de la evolución biológica. En este proceso los animales superiores aparecieron en un pasado relativamente reciente. A la izquierda se señalan las principales etapas consideradas en el origen de la vida.

El proceso global desde el origen de la Tierra hasta la aparición de las primeras células se ha dividido en 3 etapas notables:

1. Desde la formación de la Tierra hasta la aparición de los precursores de macromoléculas.
2. Desde la aparición de los precursores hasta la formación, con molde, de las macromoléculas primitivas.
3. Desde la formación de macromoléculas sobre molde hasta la aparición de las células primitivas.

En cada una de estas etapas se consideran eventos intermedios, algunos representados en la figura 83.1.

Aunque el orden que se indica es el más aceptado, la ocurrencia más o menos simultánea de algunos eventos se considera posible, y muy probablemente necesaria, a lo largo del proceso.

Características fundamentales de los experimentos bioquímicos sobre el origen de la vida

Desde luego, que el desarrollo actual de la bioquímica no permite repetir en el laboratorio todo el proceso del origen de la vida. Sin embargo, sí ha sido posible simular algunas de las etapas de este proceso.

El experimento bioquímico más común consiste en demostrar cómo determinado tipo de compuesto, de importancia para la vida, puede formarse a partir de otros, cuya existencia en la Tierra primitiva haya sido demostrada o se presume. Se trata, pues, de conseguir la síntesis abiótica de determinadas biomoléculas o estructuras relacionadas.

En la figura 3.3 del capítulo 3 se presenta una instalación típica para esta índole de experimentos. En cualquier caso, el científico debe tener en cuenta los aspectos siguientes:

1. **Material de partida.** Se refiere a cuál es la "materia prima" del experimento. Debe considerarse la posibilidad de que esas sustancias existieran en algún período de evolución de la Tierra.
2. **Fuentes de energía.** Se considerará la fuente de energía utilizada en el experimento y su posible presencia en la Tierra primitiva.
3. **Presencia de catalizadores o agentes condensantes.** En ocasiones, los experimentos sólo tienen éxito cuando está presente una sustancia de este tipo. Debe considerarse su posible existencia en la Tierra primitiva.
4. **Presencia de moléculas informacionales.** En algunos experimentos se requiere la presencia de moléculas informacionales, habitualmente polinucleótidos. Es necesario valorar su origen, previo a la etapa estudiada.
5. **Mecanismos de concentración.** Algunas reacciones de síntesis abiótica sólo se producen cuando el material de partida se encuentra a una concentración elevada. Se considera que el principal mecanismo de concentración en la Tierra primitiva fue la evaporación del agua de depósitos como los lagos y las pocetas. Una vez formados los primeros biopolímeros, éstos pudieron incrementar su concentración e interacciones por el proceso de coacervación (estudiado por *Oparin*), el cual consiste en la separación espontánea de gotículas de elevada concentración de soluto, a partir de una solución diluida de éste.
6. **Productos obtenidos.** Los productos obtenidos en el experimento se deben comparar con sus similares de los seres vivos actuales, en cuanto a estructura y propiedades.
7. **Rendimiento.** El rendimiento expresa la cantidad relativa del producto obtenido, en relación con el material de partida.

Si bien los experimentos con rendimientos medios o elevados se consideran con más fuerza, el rendimiento bajo no constituye un enorme escollo, dada la existencia de los mecanismos de concentración ya señalados. En ocasiones, el investigador indaga, además, el mecanismo molecular de la reacción implicada. La duración de los experimentos puede variar desde unas horas hasta semanas.

A continuación presentaremos 4 experimentos que se relacionan con diferentes etapas de la historia natural del origen de la vida.

Debe aclararse que el hecho de que un experimento resulte exitoso, no implica que de manera necesaria esta etapa haya ocurrido precisamente de esa forma; sin embargo, la demostración de la posibilidad es de por sí un hecho valiosísimo para la interpretación del fenómeno que nos ocupa.

Experimento No. 1. Formación abiótica de precursores de macromoléculas

El prototipo de estos experimentos es el realizado por *Stanley L. Miller*, el cual se consideró en sus aspectos generales en el capítulo 3 y tiene un extraordinario valor

histórico, por ser el primero que demostró la posibilidad de realizar experimentos de laboratorio acerca de la formación abiótica de biomoléculas. *Miller* investigó la posibilidad de formación de precursores de macromoléculas a partir de moléculas biógenas en una instalación experimental típica.

El tipo de precursor más estudiado han sido los aminoácidos.

Para la realización de este experimento se toma una solución acuosa que contiene metano, nitrógeno, y amoníaco, y se la hace circular, por ebullición, a través de una cámara donde se producen descargas eléctricas. No se requieren agentes condensantes, ni catalizadores. Se obtienen, así, varios aminoácidos con un rendimiento más bien bajo.

Se ha propuesto una posible vía para la formación de los aminoácidos en estas condiciones (Fig. 83.2).

Variando algo el material de partida, se han podido obtener alrededor de 10 aminoácidos diferentes, entre los que se incluyen los aromáticos, pero siempre en forma de una mezcla de los isómeros L y D. También se obtienen beta aminoácidos. La facilidad para formar quelatos metálicos, que poseen los alfa aminoácidos, se considera un posible factor en su concentración y selección.

Variantes de estos experimentos se han realizado utilizando otras fuentes de energía, como los rayos gamma, las ondas de choque y la luz ultravioleta. En todos los casos los resultados han sido parecidos. De forma similar se han podido obtener bases nitrogenadas, azúcares y componentes lipídicos con rendimiento variable.

El material de partida, las moléculas biógenas, está ampliamente distribuido en el Universo, si bien se discuten las concentraciones de amoníaco que pudieron existir en la Tierra primitiva.

Ya señalamos que el bajo rendimiento no constituye un obstáculo, debido a la concentración por evaporación y el largo tiempo disponible en el proceso de aparición de la vida.

La formación abiótica de precursores de macromoléculas es, por tanto, un proceso perfectamente posible en las condiciones de la Tierra primitiva.

Experimento No. 2. Formación abiótica de macromoléculas en ausencia de molde o patrón

Se le ha prestado atención a la formación de polinucleótidos y polipéptidos; veremos, con más detalle, el primer caso.

Por experimentos similares al descrito anteriormente, se sabe que en las condiciones de la Tierra primitiva podían existir, en relativa abundancia, los ribonucleótidos cíclicos 2' 3'. Éste ha sido el material más empleado en el estudio de la formación abiótica de polirribonucleótidos.

El experimento se realiza evaporando hasta la sequedad una mezcla de estos ribonucleótidos cíclicos, en una solución que contiene etilendiamina o propilendiamina. Estas aminas actúan como agentes condensantes y su existencia en la Tierra primitiva se considera probada.

El residuo seco se mantiene a temperatura ambiente durante unos días (Figs. 83.3 y 83.4).

De esta forma se obtienen polinucleótidos hasta de 7 unidades nucleotídicas, con un rendimiento aceptable, pero los oligonucleótidos así obtenidos presentan tanto enlaces 3' 5', como 2' 5'.

Con otros materiales de partida se pueden obtener polímeros mayores, hasta de 13 unidades.

Por métodos similares de reacción en fase seca se han obtenido polipéptidos a partir de aminoácidos.

En todo caso se ha evidenciado que la formación de macromoléculas, en ausencia de molde, es un proceso perfectamente posible en las condiciones de la Tierra primitiva.

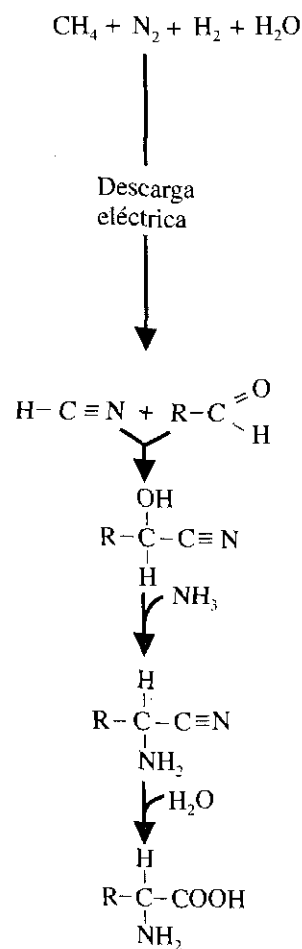


Fig. 83.2. Secuencia de reacciones que conduce a la formación de aminoácidos, a partir de moléculas orgánicas en un experimento de simulación. El proceso atraviesa varios pasos de reacción y los aminoácidos formados pueden variar de acuerdo con la composición de la mezcla original. Siempre se obtiene una cantidad equivalente de los enantiomorfos L y D.

Fig. 83.3. Experimento para la obtención de polirribonucleótidos en ausencia de molde. El material de partida está constituido por una mezcla de ribonucleótidos cíclicos 3' 5' y una amina de acción condensante. La reacción de polimerización tiene lugar una vez evaporado todo el solvente, obteniéndose polirribonucleótidos de pequeña longitud, en los que están presentes enlaces 3 - 5' y 2' - 5'. Este tipo de reacción en fase seca es particularmente útil para la obtención abiótica de polímeros.

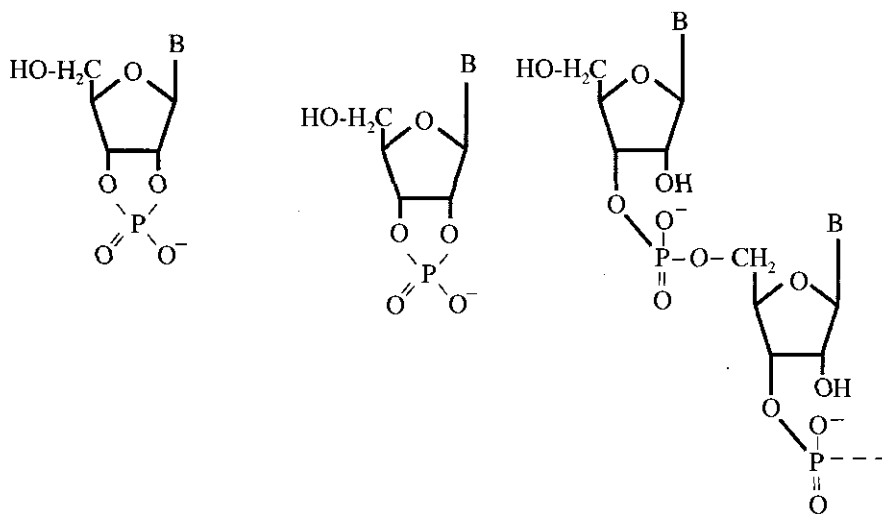
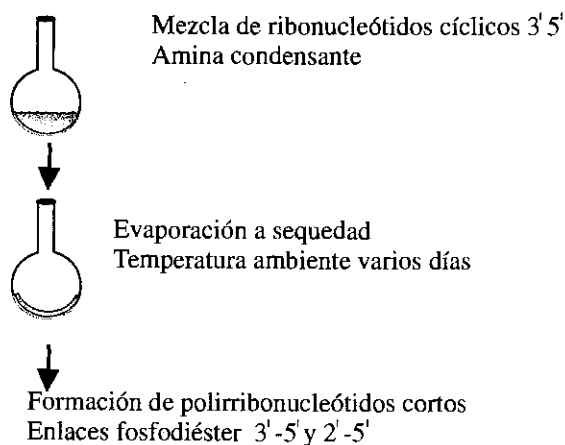


Fig. 83.4. Reacción de polimerización entre ribonucleótidos cíclicos 2' 3'. Los polímeros obtenidos contienen enlaces 2' - 5', además del natural 3' - 5' que se muestra.

Experimento No. 3. Formación abiótica de macromoléculas sobre un molde o patrón

El caso más estudiado es la formación de polinucleótidos, utilizando también moldes de polinucleótidos. Hasta el momento no se ha podido realizar ningún experimento de este tipo, donde se obedezcan fielmente las reglas de apareamiento de *Watson y Crick*, pero se han dado pasos de avance.

Se ha utilizado como material de partida una mezcla de nucleótidos cíclicos 2' 3', en presencia de un molde de poli U y de etilendiamina. Incubando esta mezcla a 2 °C, durante 5 días, se obtiene un rendimiento aceptable de poli A (Fig. 83.5). El error de secuencia suele ser del 10 %. Llama la atención que los iones de cinc tienen un efecto notable en estos experimentos, ya que ellos producen un incremento sobre la velocidad de la reacción y disminuyen el índice de error. Curiosamente, las enzimas contemporáneas que catalizan la polimerización de nucleótidos sobre molde poseen cinc. El cinc, además, disminuye el número de uniones 2' 5', y favorece los enlaces "naturales" 3' 5'.

Hasta el momento no se conocen los detalles de la reacción, pero se sabe que el apilamiento de bases desempeña una función importante, y es posible que se formen estructuras helicoidales triples durante el proceso. Ya vimos, a propósito del experimento anterior, que los nucleótidos cíclicos 2' 3' podrían encontrarse en relativa abundancia

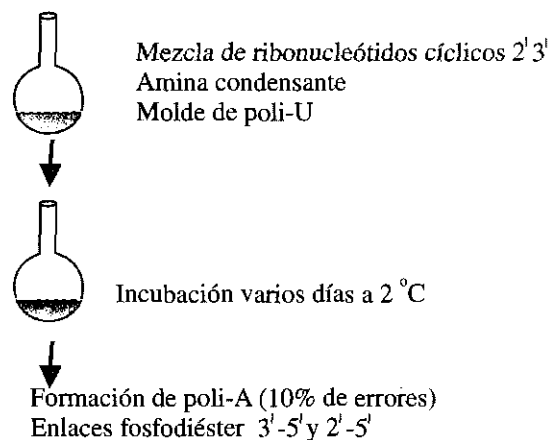


Fig. 83.5. Experimento para demostrar la influencia de un polirribonucleótido preexistente sobre la secuencia de un polirribonucleótido formado en condiciones abióticas, a partir de los ribonucleótidos cíclicos 2' 3'. Si bien los resultados no muestran una secuencia absolutamente predeterminada, sí existe una incorporación selectiva de los ribonucleótidos complementarios.

en la Tierra primitiva. Lo mismo se puede afirmar sobre las aminas que actúan como agentes condensantes. La reacción transcurre a temperatura ambiente y el rendimiento es aceptable.

Este proceso pudiera producirse en un depósito líquido que se secura por evaporación, y luego los productos se disolvieran por la lluvia, y así sucesivamente.

Muy poco se sabe sobre la formación abiótica de polipéptidos con información predeterminada. Existe la presunción de que esto sólo puede producirse en interacción con los ácidos nucleicos.

No obstante, es posible concluir que la formación de macromoléculas sobre molde es un proceso perfectamente posible en las condiciones de la Tierra primitiva.

Experimento No. 4. Formación abiótica de lípidos complejos y vesículas membranosas

Un experimento típico es el desarrollado por *Deamer y Hargraves* (Fig. 83.6). Ellos sometieron mezclas de glicerol, ácidos grasos y fosfatos a ciclos repetidos de calentamiento y humedad. En estas condiciones se forman pequeñas cantidades de mono y diacilgliceroles, y de ácido fosfatídico. Durante el propio experimento estos compuestos lipídicos forman vesículas membranosas, en cuyo interior quedan encerradas porciones de la fase acuosa, con los elementos en ella disueltos. Estas vesículas se denominan **liposomas**.

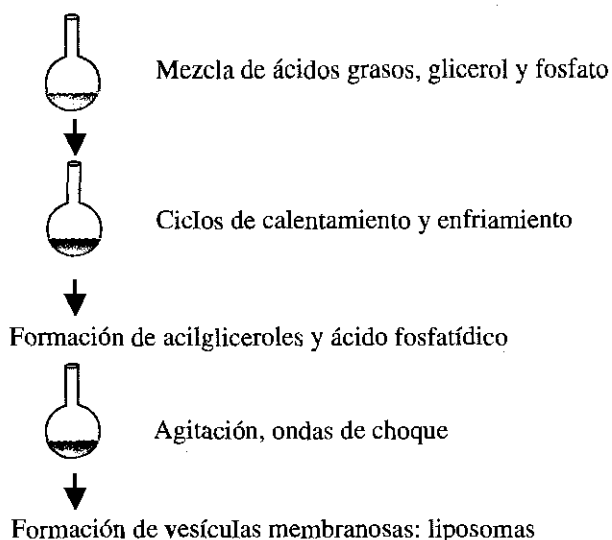


Fig. 83.6. Formación abiótica de lípidos y membranas. Cuando se somete una mezcla de ácidos grasos, glicerol y fosfato a ciclos repetidos de calentamiento y enfriamiento se forman acilgliceroles y ácido fosfatídico, los cuales—bajo la acción de ondas de choque—se asocian y forman vesículas membranosas denominadas liposomas.

Se han utilizado otras mezclas de partida con resultados similares, aunque es muy frecuente que las vesículas lipídicas así formadas tengan más de 2 capas.

Este tipo de mecanismo podría explicar el origen de las primeras membranas y con ello el de las células primitivas o protocélulas. Los investigadores conceden especial importancia a la aparición de las membranas en el proceso del origen de la vida.

La formación abiótica de membranas lipídicas o vesículas es un proceso perfectamente posible en las condiciones de la Tierra primitiva.

Hipótesis sobre el surgimiento de las vías metabólicas

Desde luego, que aún persisten muchos aspectos del problema del origen de la vida, los cuales se están sometiendo a una intensa investigación, y en algunos se plantean hipótesis interesantes. Por ejemplo, en cuanto al origen de las vías metabólicas se postula un surgimiento "hacia atrás" (Fig. 83.7).

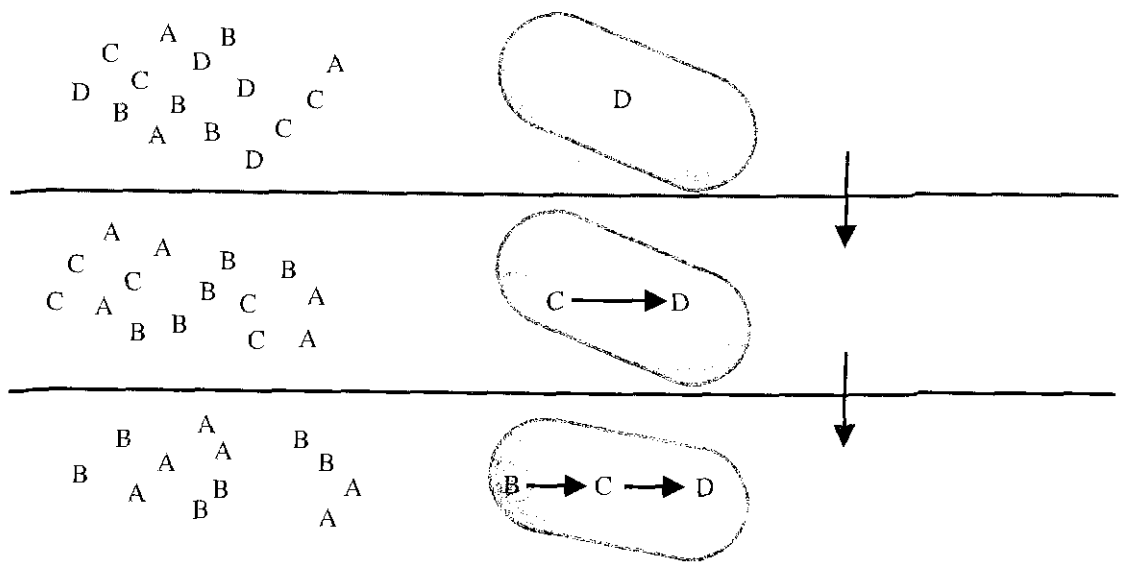


Fig. 83.7. Formación "hacia atrás" de las vías metabólicas. Cuando un metabolito necesario (D) comienza a agotarse en el medio, aquel organismo que lo pueda sintetizar a partir de otro (C) tendrá una gran ventaja selectiva. Al escasear C se produce el mismo fenómeno y de esta forma van originándose, en un sentido retrógrado, las secuencias o vías metabólicas.

Horowitz ha planteado que al escasear en el medio primitivo un precursor de macromoléculas, aquel organismo que pudiera sintetizarlo a partir de una sustancia similar, existente en el medio, tendría una ventaja adaptativa considerable. El agotamiento escalonado de las sustancias necesarias para esta síntesis iría seleccionando formas de vida con vías metabólicas cada vez más complejas, hasta aquéllas que utilizan las sustancias más simples para sus procesos biosintéticos.

Curiosamente, los mecanismos reaccionales que se han estudiado en algunos experimentos de formación abiótica de biomoléculas siguen etapas muy similares a sus rutas metabólicas actuales.

Algunas incógnitas adicionales

Existe un número de preguntas, relacionadas con el origen de la vida, que aún no han sido sometidas al estudio experimental, y sobre las cuales se produce un interesante debate especulativo.

En relación con el tipo de macromolécula informacional que se originó, existen, en primer lugar, 2 escuelas: la de "las proteínas primero" y la de "los ácidos nucleicos primero". Ambas poseen un buen cúmulo de argumentos a su favor. Resulta que las proteínas pueden funcionar como maravillosos catalizadores, pero no pueden autorreplicarse, mientras que en los ácidos nucleicos se da la situación inversa.

Algo similar ocurre con los 2 tipos de ácidos nucleicos, ARN y ADN. La mayoría acepta que el ARN apareció primero, entre otros argumentos porque en los experimentos de simulación se produce ribosa, pero no desoxirribosa; otro argumento es que los organismos vivos actuales forman la desoxirribosa, a partir de la ribosa.

Por otra parte, el descubrimiento de moléculas de ARN con actividad catalítica, las ribozimas, ha reforzado extraordinariamente la función asignada al ARN en el largo proceso del origen de la vida.

Una posibilidad que se ha planteado es que a partir de la formación abiótica de las biomoléculas se originaron segmentos de ARN relativamente cortos, con secuencias azarosas. Entre estos ARN algunos presentaban la capacidad de replicarse por acción catalítica, lo cual les proporcionó una ventaja selectiva, garantizando su perpetuación. Posteriormente, algunos ARN catalizaron la síntesis de péptidos, y éstos, a su vez, fueron adquiriendo una función relevante en la replicación del ARN, de modo que se produjo una etapa de coevolución de estos ácidos nucleicos y las proteínas primitivas, y se originó un equipo rudimentario de traducción con un genoma compuesto de ARN.

En una etapa más tardía, el genoma de ARN se copió en una molécula más estable, el ADN, y aparecieron los procesos de transcripción y traducción, similares a los actuales. Como puede apreciarse, de acuerdo con esta hipótesis, la aparición de los ARN antecedió a la de las proteínas y a la del ADN. Este último tuvo una aparición más bien tardía, y le aportó una mayor estabilidad al "acervo" genético de los organismos vivos primitivos.

No se ha brindado una explicación adecuada de por qué los aminoácidos proteínicos actuales pertenecen a la serie L. En realidad, se han propuesto varios modelos para explicar cómo uno u otro de un conjunto de enantiomorfos pudiera concentrarse y, por tanto, verse favorecida su participación en el resto del proceso del origen de la vida, pero esto sólo brinda un argumento de "accidente" a la situación actual, sin ofrecer razones del porqué.

En la literatura sobre el tema se pueden analizar estas interesantes polémicas, para lo cual recomendamos la bibliografía pertinente que se da al final del tomo.

Perspectivas

Se ha venido produciendo un incremento en la complejidad de los experimentos que se realizan acerca del origen de la vida. Actualmente es incuestionable la posibilidad de la formación abiótica de la mayoría de las biomoléculas que constituyen a los organismos vivos, de ahí que el quehacer científico va tratando de penetrar cada vez más en los puntos controvertidos del proceso del origen de la vida.

Se espera hallar, en un futuro más o menos cercano, una explicación sobre las interacciones primitivas establecidas entre las proteínas y los ácidos nucleicos, aspecto crucial éste, pues todos los análisis teóricos demuestran que estas moléculas sólo pueden haber persistido y evolucionado en asociación.

Relacionada con este último aspecto está la investigación acerca del origen del código genético. Durante un tiempo se pensó que dicho código apareció como un hecho fortuito y feliz, que por su ventaja quedó "congelado". Recientes experimentos brindan algunas evidencias acerca de una interrelación directa entre los aminoácidos y los primitivos ARN. *Weber* y *Lacey* han demostrado la existencia de una relación entre la polaridad e hidrofobicidad de los aminoácidos y sus respectivos anticodones. La relación es muy marcada en los casos de los aminoácidos cuyos anticodones están compuestos por un solo tipo de base AAA, UUU, GGG, CCC.

Como se sabe, en los ARNt actuales el sitio de unión del aminoácido y el triplete anticodon se encuentran muy alejados, a unos 70 Å, y no es posible esperar una interacción directa entre ellos.

Hopfield, a partir del análisis de la secuencia de una serie de ARNt de *E. coli*, ha planteado una hipótesis basada en una disposición espacial diferente a la conocida hoja de trébol para los ARNt primitivos. En este modelo, el sitio de unión del aminoácido al extremo 3' se encuentra muy cercano al triplete anticodon, lo cual explicaría una interacción específica en el origen del código genético.

En la actualidad, para muchos autores el origen del código genético y del proceso de traducción son sinónimos del origen de la vida. Al margen de estas opiniones, un tanto extremas, se considera que el proceso de traducción y la interacción cooperativa, mutuamente beneficiosa, entre las proteínas y los ácidos nucleicos constituye una etapa crucial del proceso del origen de la vida y que su dilucidación contribuirá muy probablemente, como ningún otro descubrimiento, al conocimiento del proceso como un todo.

Aunque aún no se vislumbra el día en que pueda reproducirse en un laboratorio el origen de la vida, el conocimiento de las diferentes etapas de este proceso es cada vez más completo y convincente.

Resumen

La adopción por los investigadores de un punto de vista científico acerca del origen de la vida, ha conducido al tratamiento experimental de esta interrogante.

La reproducción de los hechos que condujeron a la aparición de la vida presenta especiales dificultades, debido a que éstos ocurrieron hace muchísimo tiempo y en la actualidad no se producen. A ello se añade que los primeros seres vivos no dejaron fósiles, y que cada etapa del proceso se desarrolló en un largo período geológico.

Para enfrentar experimentalmente el problema del origen de la vida, se hace necesario asumir que la vida de la Tierra, se originó en la Tierra de un modo espontáneo; que las formas primitivas de vida y sus constituyentes fueron muy similares a los actuales; y que el conocimiento de las condiciones de la Tierra primitiva, así como el de las fuentes de energía existentes en aquel entonces, son razonablemente aceptables.

En el proceso del origen de la vida se consideran 3 etapas notables: desde la formación de la Tierra, hasta la aparición de los precursores de macromoléculas; desde la aparición de los precursores, hasta la formación, con molde, de macromoléculas primitivas; y, por último, desde este estadio, hasta la aparición de las células primitivas.

En general, los experimentos bioquímicos sobre el origen de la vida consisten en demostrar la formación abiótica de determinados compuestos, de importancia para la vida, a partir de otros cuya existencia en la Tierra primitiva haya sido demostrada o se presuma.

Experimentos de esta naturaleza han demostrado la formación abiótica de precursores de macromoléculas, macromoléculas y sustancias lipídicas, en condiciones tales que puede aceptarse su posibilidad de ocurrencia en la Tierra primitiva. El cúmulo de experimentos de esta naturaleza, que ha resultado exitoso, constituye un poderoso argumento en favor del origen espontáneo de la vida en la Tierra.

En este terreno también se trabaja mucho desde el punto de vista teórico. Se han elaborado hipótesis acerca del origen de las vías metabólicas, la selección de los isómeros y la importancia y precedencia relativa de las distintas macromoléculas informacionales.

Cada día los hechos investigados son más complejos y ya se han obtenido datos experimentales acerca del código genético y del proceso de traducción. Precisamente la aclaración de los mecanismos primitivos de asociación y cooperación entre las proteínas y los ácidos nucleicos, así como la capacidad catalítica de los ARN, en la actualidad, son importantes piedras angulares para el conocimiento del proceso del origen de la vida como un todo.

Si bien no es posible aún la creación de la vida en el laboratorio, el conocimiento de las diferentes etapas del proceso es cada vez más completo y convincente.

Ejercicios

1. Describa el experimento que demostró la posibilidad de la formación abiótica de los precursores de macromoléculas. ¿Considera usted que el bajo rendimiento obtenido en éste pudiera interpretarse como una limitante en el momento de analizar su factibilidad como etapa en el proceso del origen de la vida?
2. Compare los experimentos "Formación abiótica de precursores de macromoléculas" y "Formación abiótica de macromoléculas en ausencia de molde o patrón", en relación con el estudio del origen de la vida, y exponga las semejanzas y diferencias entre ellos.
3. Explique cuál es la diferencia entre los experimentos "Formación abiótica de macromoléculas en ausencia de molde o patrón" y "Formación abiótica de macromoléculas sobre un molde o patrón".
4. Diga cuál es el mecanismo que explica la formación de las primeras membranas, y qué importancia tiene al interpretar el origen y la evolución de los seres vivos.
5. Haga un resumen de los 4 experimentos que aparecen en este capítulo sobre el origen de la vida, considerando los aspectos siguientes: objetivos del experimento, material de partida, fuentes de energía, presencia de catalizadores o agentes condensantes, presencia de moléculas informacionales, mecanismos de concentración, productos obtenidos, y rendimiento y conclusión principal del experimento.
6. ¿En qué consiste la llamada formación de las vías metabólicas "hacia atrás"?
7. Muchos investigadores coinciden en afirmar que la aparición del ARN precedió a la del ADN. ¿Qué contradicción encierra esta afirmación con la hipótesis de la formación "hacia atrás" de las vías metabólicas?
8. Se ha podido comprobar que los polipéptidos que se encuentran organizados en hélice son algo más resistentes a la hidrólisis, que aquéllos que tienen una estructura espacial al azar. Por otra parte, la estructura en hélice sólo puede adquirirse cuando el polímero contiene únicamente aminoácidos de la serie L o de la serie D. ¿Considera usted que estos hechos pudieran tener algún significado en cuanto a la selección de los isómeros en el proceso evolutivo?