

**ESPECULACIONES Y EXPERIMENTOS
RELACIONADOS CON TEORÍAS SOBRE**

**EL ORIGEN DE LA VIDA:
CRÍTICA**

Duane T. Gish, Ph.D.

© Copyright SEDIN 2003

Presentado en forma electrónica por
SEDIN Servicio Evangélico de Documentación e Información
Apartado 126 17244 CASSÀ DE LA SELVA
(Girona) ESPAÑA

Publicado originalmente por SEDIN en 1977

© Copyright original en inglés 1972 de
Creation-Life Publishers

Agradecimientos

SEDIN (*Servicio Evangélico de Documentación e Información*) desea manifestar su profundo agradecimiento a las siguientes entidades y personas que han hecho posible la presentación en castellano de esta serie Creación y Ciencia, facilitándonos los permisos para la publicación del material que aquí presentamos:

INSTITUTE FOR CREATION RESEARCH, de San Diego, California, dirigido por los Drs. Henry M. Morris y Duane T. Gish.

CREATION RESEARCH SOCIETY, de Ann Arbor, Michigan, y el Managing Editor, Dr. John N. Moore.

BIBLE-SCIENCE ASSOCIATION, de Minneapolis, Minnesota, dirigida por el Rev. Walter Lang.

Dr. JOHN C. WHITCOMB, Profesor de Antiguo Testamento en el Grace Theological Seminary de Winona Lake, Indiana, y a la editorial Presbyterian & Reformed Pub. Co.

Mr. R. G. ELMENDORF, ingeniero de Bairdford, Pennsylvania.

SPIRITUAL COUNTERFEITS PROJECT, y la BERKELEY CHRISTIAN COALITION de Berkeley, California.

SEDIN
Apdo. 126
17244 CASSÀ DE LA SELVA
(Girona) ESPAÑA

Duane T. Gish, Ph.D.

ESPECULACIONES Y EXPERIMENTOS
RELACIONADOS CON TEORÍAS SOBRE

EL ORIGEN DE LA VIDA
— CRÍTICA

LIBROS *CREACIÓN* y *CIENCIA*

**ESPECULACIONES Y EXPERIMENTOS RELACIONADOS CON TEORÍAS
SOBRE EL ORIGEN DE LA VIDA**

© Creation-Life Publishers, 1972.

© 1977 SEDIN, Apartado 126 Cassà de la Selva (Girona), ESPAÑA
para la versión española

© 2006 SEDIN, Apartado 126 Cassà de la Selva (Girona), ESPAÑA
para la versión electrónica

Compilado por SEDIN, con permiso de Institute for Creation Research

Traducción del inglés: Santiago Escuin

ESPECULACIONES Y EXPERIMENTOS RELACIONADOS CON LAS TEORÍAS SOBRE EL ORIGEN DE LA VIDA — CRÍTICA

por DUANE T. GISH, Ph.D.

ÍNDICE

Presentación	6
Introducción	7
PRIMERA ETAPA: La naturaleza de la Tierra Primitiva.....	11
SEGUNDA ETAPA: Formación de compuestos orgánicos simples.....	19
TERCERA ETAPA: El origen de compuestos complejos	26
CUARTA ETAPA: El origen de sistemas metabólicamente activos	41
QUINTA ETAPA: El origen de la primera célula viviente	48
Evidencia de una causa sobrenatural del origen de la vida	53
Referencias	54

PRESENTACIÓN

Nos sentimos muy satisfechos de poder presentar en castellano este magnífico estudio del doctor Gish sobre las especulaciones y los experimentos relacionados con teorías sobre el origen de la vida.

Una cosa que resultará evidente al lector es que se han realizado grandes hazañas en el campo de la bioquímica. Pero también el lector podrá ver como se debe hacer una gran distinción entre las hazañas realizadas por los científicos en el campo de la investigación bioquímica (y la aplicación de estos conocimientos a la obtención de intrincados productos bioquímicos en el laboratorio mediante la aplicación de complicadas técnicas, en condiciones extremas de control), por una parte, y un pretendido origen evolucionista de la vida a partir de la síntesis de sustancias químicas en la tierra primitiva, por la otra. Las condiciones de la tierra primitiva, fueran las que fueran, jamás hubieran podido ser el marco del origen de la vida por medios mecanicistas. En los laboratorios hay *personas*, con medios de *control*, con *información* y con *inteligencia* para aplicarla. Además, les guía un *propósito*.

Nada más. El resto ya lo dice el doctor Gish. Quisiéramos recomendar otra obra, excelente desde el punto de vista estrictamente científico, aunque no podemos respaldar completamente su filosofía que expone en unos apéndices de la misma —en muchos puntos excelente, no obstante. Se trata de *Azar y Certeza*, de Georges Salet, biólogo y matemático francés, científico de talla. Está editada por la Editorial Alhambra, en la colección Exedra, nº 95 (Madrid 1975), 500 páginas.

ESPECULACIONES Y EXPERIMENTOS RELACIONADOS CON LAS TEORÍAS DEL ORIGEN DE LA VIDA: CRITICA

«Los que trabajan en el problema del origen de la vida tienen que hacer a la fuerza unos ladrillos sin mucha paja, lo que explica en buena parte el hecho de que se miren estos estudios con muchas sospechas. Las especulaciones son necesariamente prolíficas, y a menudo disparatadas. Algunos de los intentos de dar cuenta del origen de la vida en la Tierra, a pesar de ser ingeniosos, han tenido mucho de literatura de ficción y poco de las inferencias teóricas de aquella clase que puedan ser confrontadas con evidencia observable de una u otra clase». News and Views, *Nature*, Vol. 216, p. 635 (1967).

INTRODUCCIÓN

Mora ha dicho: «... cómo se originó la vida, me temo que desde Pasteur esta cuestión no está dentro del terreno científico» (1). Pasteur había realizado los experimentos que fueron aceptados como la prueba definitiva de que la vida no se podía originar espontáneamente (en la antigüedad se había creído, por ejemplo, que los pantanos originaban espontáneamente a las ranas, que los gusanos se formaban espontáneamente de la materia en descomposición, y que de alguna manera las bacterias se formaban espontáneamente en un caldo nutritivo). Bernal apoyó esta afirmación de Mora cuando dijo, en una discusión del trabajo de Mora: «El doctor Mora ha demostrado que los principios de la ciencia experimental no son aplicables en las discusiones sobre el origen de la vida, y desde luego no se pueden aplicar a ningún problema sobre orígenes» (2). Lo que estos hombres están afirmando es que ninguna discusión o experimento relacionado con el origen de la vida puede tener validez científica. ¿Por qué? Sencillamente, debido a que no hay ninguna evidencia física relacionada con el origen de la vida. Aun si la vida hubiera tenido su origen en algún proceso evolucionista, no tendríamos en la actualidad ningún registro de este proceso que pudiéramos estudiar. Cualquier compuesto químico orgánico que se hubiera formado abiogénicamente (antes de que apareciera la vida) hubiera quedado metabolizado hace mucho tiempo por los organismos vivientes que se originasen a continuación. Sencillamente, cualquier evidencia que hubiera podido existir del origen de la vida y que hubiese quedado después de completar el proceso hubiera sido eliminada.

Simpson ha dicho: «Es inherente en cualquier definición de ciencia que las afirmaciones que no puedan ser comprobadas por observación no son gran cosa ... o, por lo menos, no son ciencia» (3).

Nadie fue testigo de este suceso y nadie conseguirá obtener una evidencia directa relacionada con los orígenes de la vida. De esta manera, ninguna investigación, por refinada que sea, conseguirá que esta área de pensamiento pase más allá de un plano marcadamente especulativo. Los científicos estarán siempre postulando lo que *podiera* haber sucedido, pero jamás serán capaces de responder a la pregunta de *qué es lo que realmente sucedió*. Sencillamente, las especulaciones y los experimentos acerca del origen de la vida se hallan fuera del ámbito de la ciencia. No obstante, el hombre siempre ha especulado en cuanto al origen de la vida. Para revisar las especulaciones primitivas, ver Oparín (4), Keosian (5) y Dauvillier (6). A lo largo de las dos últimas décadas, un número creciente de científicos se ha dedicado a estudiar seriamente esta cuestión. Se ha multiplicado el número de publicaciones científicas tratando este asunto y se han celebrado varios simposios internacionales sobre el origen de la vida.

La mayor parte de los investigadores mantienen la convicción de que en el origen de la vida no estuvo envuelta ninguna acción sobrenatural, sino que su origen estaba inherente en las propiedades de la materia bajo las condiciones que han existido en la tierra desde su formación. A menudo se presenta el rechazo de cualquier intervención sobrenatural en el origen de la vida como la base para aceptar una hipótesis materialista. Así, Schafer ha dicho: «...dejando a un lado como carente de base científica la idea de una intervención sobrenatural en la primera producción de vida, no estamos tan sólo justificados en creer, sino *obligados* a creer, que la materia viviente tiene que deber su origen a causas de carácter similar a las que han servido para producir todas las otras formas de materia en el universo, en otras palabras, a un proceso de evolución gradual» (7). Para el materialista, el hecho de que la vida existe constituye prueba suficiente de que hubo una evolución. Sin duda alguna, una mayoría de científicos cree que el origen de la vida se debió a un proceso evolutivo natural. No obstante, hay una minoría significativa que está en desacuerdo. Incluida en esta minoría están los miembros de la Creation Research Society (Sociedad para la Investigación de la Creación), ninguno de los cuales acepta la teoría general de la evolución (8).

La hipótesis materialista, tal como la bosqueja Keosian (5), aplica las leyes naturales a la explicación del origen de la vida. Empezando con la síntesis abiogénica de compuestos orgánicos, esta teoría propone que el origen de la vida fue el resultado de una serie de pasos probables de creciente complejidad, que llevaron inevitablemente al estado vivo.

Esta teoría contempla el origen de la vida no como un remoto accidente, sino como «el resultado de la evolución de la materia a niveles más y más altos a causa del desarrollo inexorable, en cada etapa, de todas sus potencialidades inherentes para llegar al siguiente nivel» (9). Aquí parece haber algún desacuerdo entre los evolucionistas, no obstante, en lo inexorable que fuera el paso de la materia a niveles más y más altos hasta que apareció la vida. En tanto que muchos están de acuerdo con Keosian en que, dadas las propiedades de la materia y las condiciones postuladas para la tierra primitiva, y con el supuesto de que se dispuso del tiempo necesario, entonces el origen de la vida era inevitable, hay otros que están en desacuerdo. Urey ha dicho: «... la evolución a partir de sistemas inanimados, p. ej., de compuestos bioquímicos como las proteínas, los carbohidratos, los enzimas y muchos otros, desembocando en los intrincados sistemas de reacciones que caracterizan a los organismos vivientes, y en la realmente asombrosa habilidad de las moléculas de reproducirse a sí mismas, parece casi imposible a los más expertos en este campo. De modo que un intervalo de tiempo de unos dos mil millones de años desde el principio hasta llegar a la fotosíntesis puede ayudar a muchos a aceptar la hipótesis de la generación espontánea de la vida» (10). Simpson dice, en su artículo sobre el no predominio de humanoides en el universo: «Tan sólo la seguridad astronómica de que puede haber muchos millones de planetas de características terráqueas nos permite suponer que el origen de la vida verdadera, esto es, de la vida celular, puede haber sucedido más de una vez» (3). Si el origen de la vida en la tierra era inevitable en el tiempo disponible, entonces es lógico pensar que la vida se haya originado inevitablemente en cada planeta terráqueo. Pero Simpson no puede aceptar esta idea.

La hipótesis del origen de la vida que sostienen la mayor parte de evolucionistas contemporáneos, y la que sostiene Keosian, contiene varias consecuencias importantes. Se ha abandonado la antigua idea de que el origen de la vida fuese debido a una estructuración casual y repentina de la materia. La mayoría de los investigadores reconocen en la actualidad que la probabilidad de que esto sucediese es cero. En lugar de un origen de la vida por un proceso de un solo paso de pura casualidad, se contempla el origen de la vida como resultado de una larga serie de episodios que precisaron de muchos cientos de millones de años. Y se mantiene que la probabilidad de cada una de estas etapas, aunque baja, tenía algún valor finito.

Otra implicación importante de esta teoría es que el origen de la vida se debió tan sólo a las propiedades de la materia. Ahora bien, las propiedades de la materia sí que son susceptibles de investigación, y, en tal caso, la materia debería tener las propiedades que la teoría implica, si la teoría es correcta. Por ejemplo, si la materia ha evolucionado

inexorablemente hacia niveles más y más altos, entonces una de las propiedades básicas de la materia tiene que ser una tendencia de dicha materia a organizarse a sí misma a niveles más y más altos. Si ésta es una propiedad de la materia, deberíamos ser capaces de diseñar experimentos que nos lo demostrasen. Si el origen de la vida incluyó una molécula con propiedades de autorreproducción, esto es, una molécula capaz de reproducirse a sí misma sin la ayuda de otras moléculas, esta capacidad de autorreproducirse se hubiera debido tan sólo a las propiedades de la materia y a su organización en la molécula, y esta molécula debería ser tan posible en la actualidad como lo fue hace dos mil millones de años. Deberíamos ser capaces de descubrir esta molécula en la naturaleza, o bien deberíamos ser capaces de construir una. Se postula que los complejos polímeros que se hallan en la célula viviente, tales como las proteínas y los ácidos nucleicos, se originaron espontáneamente a partir de las subunidades de las que están compuestos bajo las condiciones existentes en la tierra primitiva. Esta polimerización se hubiera debido tan sólo a las propiedades de la materia que componía a las subunidades y al polímero bajo las condiciones postuladas. Estas propiedades se pueden investigar y se están realizando intentos en este sentido.

Se puede considerar un enfoque materialista del origen de la vida en diversas etapas de la siguiente manera:

1. Construcción de un modelo verosímil del mundo primitivo.
2. Descripción de las reacciones químicas que pueden haber ocurrido bajo las condiciones postuladas en el modelo anterior, y la naturaleza de los compuestos químicos sencillos que se hubieran acumulado en cantidades significativas como resultado.
3. Descripción de la formación, bajo las condiciones postuladas anteriormente, de compuestos complejos biológicamente importantes, tales como ácidos nucleicos y proteínas, y su acumulación en cantidades significativas.
4. Descripción del origen de sistemas metabólicamente activos estables y complejos que estuviesen compuestos de proteínas «biológicamente activas» (como las enzimas), ácidos nucleicos, y otros compuestos metabólicamente activos, como las coenzimas y compuestos de fosfato de alta energía.
5. Descripción del origen de la primera unidad completamente independiente, estable y autorreproductora, la primera célula viviente.

PRIMERA ETAPA: LA NATURALEZA DE LA TIERRA PRIMITIVA

Un enfoque racional del origen de la vida tiene que empezar con la construcción de un modelo del mundo primitivo que se pueda apoyar con todos los datos pertinentes. En primer lugar se deben evaluar los datos y *después* proponer un modelo. Un modelo razonable de trabajo de la tierra primitiva es una necesidad absoluta para cualquier trabajo experimental que sea relevante para el problema del origen de la vida. Básicamente se han aplicado dos métodos en el intento de llegar a una hipótesis razonable acerca de la tierra primitiva. El primero de estos métodos usa principalmente datos cosmológicos y teorías cosmogónicas. Esto es, se emplean datos tales como la abundancia cósmica de los elementos, análisis de otras atmósferas del sistema solar y del contenido de los meteoritos, juntamente con las teorías actuales sobre la formación del Sistema Solar, para reconstruir lo que hubiera podido parecer la tierra primitiva. Este método lo consideraremos cuando examinemos la hipótesis de Urey.

El segundo método utiliza principalmente los datos geoquímicos y geológicos. Este enfoque parece mucho más razonable. La tierra que pisamos debería darnos una información mucho más fiable que la estimación de condiciones en planetas distantes y que la utilización de teorías cosmogónicas, todas las cuales contienen serias deficiencias. Las hipótesis basadas en otras hipótesis apenas merecen una consideración seria. Este segundo método, basado principalmente en datos geoquímicos y geológicos, lo consideraremos al examinar el modelo de tierra primitiva propuesto por Abelson. Se debe poner en claro que Abelson, como todos los demás, debe apelar a hipótesis allí donde no hay datos y que, en último análisis, no podemos considerar ningún modelo de tierra primitiva como nada más que una hipótesis de trabajo.

La hipótesis de Urey

Muchos de los primeros investigadores daban por supuesto que la atmósfera primitiva era similar a la actual (11, 12). No cabe ninguna duda de que el factor más importante que llevó al abandono de estas primeras hipótesis de que la atmósfera primitiva era oxidante fue la imposibilidad termodinámica de producción de compuestos orgánicos como los que se hallan en los organismos vivientes en una atmósfera oxidante. De hecho, Urey (10) ha afirmado explícitamente que fue el hecho demostrado experimentalmente de la imposibilidad de síntesis de compuestos orgánicos (como los que se hallan en los

organismos vivos) en un medio oxidante lo que le llevó a reconsiderar la hipótesis de Oparín de una atmósfera primitiva reductora.

Una atmósfera oxidante es una atmósfera que contiene oxígeno libre y en la que hay otros compuestos en un estado oxidado. En una atmósfera así, los compuestos orgánicos se oxidarían espontáneamente. Pero la mayor parte de los compuestos que se hallan en una célula viviente se encuentran principalmente en estado reducido (o no oxidado). No se hubieran podido formar espontáneamente, o abiogénicamente, en una atmósfera oxidante. En una atmósfera así, todos los compuestos químicos se combinarían espontáneamente con el oxígeno, oxidándose. Así, los evolucionistas están *obligados* a postular que la tierra poseyó una atmósfera reductora.

Una atmósfera reductora es una atmósfera en la que no hay oxígeno libre, pero que contiene hidrógeno libre y en la que todos los otros componentes están en un estado reducido o parcialmente reducidos. Estos dos tipos de atmósfera se contrastan en la Figura 1. Se verá que en la atmósfera reductora no es necesario que cada componente esté completamente reducido. Así, el carbono puede encontrarse totalmente reducido (el caso del metano) o parcialmente oxidado (monóxido de carbono); el hidrógeno puede encontrarse totalmente reducido (hidrógeno libre) o parcialmente en forma de agua, oxidado; el nitrógeno se puede encontrar parcialmente en forma totalmente reducida (amoníaco) y parcialmente como nitrógeno libre (ni reducido ni oxidado).

ELEMENTOS	REDUCTORA	OXIDANTE
Carbono	Metano (CH ₄) Monóxido de Carbono (CO)	Dióxido de Carbono (CO ₂)
Hidrógeno	Hidrógeno (H ₂)	Agua (H ₂ O)
Nitrógeno	Amoníaco (NH ₃) Nitrógeno (N ₂)	Nitrógeno (N ₂)
Oxígeno	Agua (H ₂ O)	Oxígeno (O ₂) Agua (H ₂ O)

FIGURA 1. Comparación de la atmósfera reductora postulada con la atmósfera oxidante actual.

Oparín, un bioquímico, fue el primero en proponer teorías sobre el origen de la vida basadas en una atmósfera reductora de metano, amoníaco, hidrógeno y agua (13, 14). En su artículo sobre la primitiva historia química de la tierra y el origen de la vida, Urey decía,

refiriéndose a la hipótesis de Blum (15): «Me parece que su tratamiento del tema encuentra su mayor dificultad al tratar de explicar la aparición de compuestos orgánicos a partir de materia inorgánica. Este problema prácticamente desaparece si se adoptan las suposiciones de Oparín sobre el carácter reductor de la atmósfera en el pasado» (10). Así, resulta evidente que de manera primordial la atmósfera reductora se postuló debido a que las consideraciones termodinámicas relacionadas con el origen de compuestos orgánicos reducidos exigían una atmósfera reductora; no porque los datos disponibles indicasen que esta atmósfera había existido.

Como ya se ha dicho, las hipótesis de Urey (10, 16) acerca de la atmósfera primitiva se basan en suposiciones derivadas de datos cosmológicos y de teorías cosmogónicas. Él dice: «A fin de poder estimar las condiciones primitivas de la Tierra, es necesario hacer y contestar las preguntas de cómo se originó la tierra y de cómo la Tierra Primitiva se desarrolló hasta dar lugar a la actual». Más adelante prosigue diciendo: «La superficie de la Luna nos da la evidencia más directa tocante al origen de la Tierra». Citando evidencia de la colisión de planetesimales con la Luna durante la etapa final de su formación, expresa así su convicción: «Que tales objetos cayeron sobre la Luna y la Tierra en la última etapa de su formación lo considero cierto ...» (10). A la vez que admite que en estas cuestiones es muy difícil estar seguro de nada, dice, en defensa de su teoría, que los que postulan una atmósfera oxidante ¡deberían presentar algún argumento similar para justificar su suposición!

Urey da un cierto número de reacciones que él cree que hubieran tenido lugar en estas circunstancias, y postula que el hidrógeno era un constituyente principal de la atmósfera primitiva y, por tanto, que el metano también lo debió ser. Concluye que el carbono, nitrógeno, oxígeno e hidrógeno solo hubieran podido estar presentes en la atmósfera primitiva (aparte de en trazas) en forma de metano, agua, amoníaco (o nitrógeno) e hidrógeno. Se considera que prácticamente todo el gas original del protoplaneta Tierra se había perdido, y que la atmósfera primitiva representaba un resto de la anterior composición de gases, influido por los sucesos que tuvieron lugar durante la formación de la Tierra.

En 1959, Miller y Urey (17) sometieron las ideas anteriores a un examen más riguroso. De nuevo, la suposición básica fue que la atmósfera primitiva era reductora. Miller y Urey calcularon la cantidad de oxígeno necesaria para proporcionar el contenido actual de oxígeno en la atmósfera, para oxidar todo el carbono superficial actual a CO₂, y también estimaron la cantidad de oxígeno necesaria para la oxidación de los compuestos conteniendo nitrógeno, azufre y hierro. Suponiendo que este oxígeno procedía de la

descomposición de H₂O en las capas altas de la atmósfera debido a la acción de los rayos ultravioletas, se calculó entonces la cantidad de H₂ que debió escapar al espacio. Tomando la velocidad actual de escape de hidrógeno, esto hubiera precisado de muchos millones de millones de años. Para rebajar este valor a 2,5 mil millones de años, se calculó que se precisaba una presión parcial de hidrógeno de $1,5 \times 10^{-3}$ atmósferas (la presión parcial de H₂ actual es de 10^{-6} atmósferas al nivel del mar). Por lo tanto, se dio por supuesto que la atmósfera primitiva tenía una presión parcial de hidrógeno de $1,5 \times 10^{-3}$ atmósferas. Esta es una suposición crítica, porque al utilizar esta presión parcial de H₂, y conociendo las constantes de equilibrio de reacción del hidrógeno con otros componentes, como el CO₂, se calcularon las presiones de otros componentes de esta supuesta atmósfera primitiva, como las del metano, amoníaco y monóxido de carbono. Se tuvieron que hacer otras suposiciones a fin de poder obtener una cifra razonable para el metano. La conclusión final a que llegaron fue que una atmósfera reductora con unas presiones parciales bajas de hidrógeno y amoníaco y presiones moderadas de metano, agua y nitrógeno sería una hipótesis razonable para la atmósfera de la Tierra primitiva.

No obstante, se debe observar que, ya que se hacen tantas suposiciones para derivar esta atmósfera primitiva, en realidad no la derivaron: la *supusieron*. En realidad, se podría resumir el artículo que publicaron en una sola frase: «Se *adopta la suposición* de que la Tierra primitiva poseía una atmósfera reductora de hidrógeno, amoníaco, metano, agua, y nitrógeno».

La hipótesis de Abelson

Más recientemente, Abelson (18), geoquímico y entonces Director del Laboratorio de Geofísica de la Institución Carnegie de Washington, ha afirmado que no solamente *no* hay evidencia geoquímica de una atmósfera primitiva de metano y amoníaco, sino que además *hay mucha en contra*. Observa que una cantidad de amoníaco equivalente al actual nitrógeno atmosférico quedaría destruida, debido a la descomposición causada por la radiación ultravioleta, en solo 30.000 años, un lapso de tiempo despreciable en comparación con las vastas eras de tiempo geológico necesarias para la acumulación de compuestos orgánicos reducidos. También observa que si en la atmósfera primitiva hubieran estado presentes grandes cantidades de metano, las radiaciones hubieran producido grandes cantidades de compuestos orgánicos hidrófobos que hubieran quedado absorbidos por las arcillas sedimentarias. En tal caso, las rocas más primitivas deberían contener una gran proporción de compuestos orgánicos, pero no es así. Abelson también

llama la atención al hecho de que si la tierra fue incapaz de retener el xenón de peso atómico 130, también se hubieran tenido que perder otros componentes más ligeros, como el hidrógeno, el metano, y el monóxido de carbono. La conclusión de Abelson es que el concepto de que la Tierra poseyó una atmósfera densa de metano y amoníaco no tiene ningún apoyo geoquímico y que está contraindicado por la escasez de xenón y kriptón en la presente atmósfera.

Abelson presenta la teoría alternativa favorecida por geólogos —que el génesis de la atmósfera primitiva fue el resultado del desprendimiento planetario de gases, y cita las discusiones de diversos investigadores, incluyendo a Rubey (19,20), Holland (21) y Berkner y Marshall (22). Los estudios de la composición de los gases volcánicos demuestran que los principales productos volátiles producidos por este desprendimiento de gases son el agua y el CO_2 . También sale a la superficie una cantidad significativa de potencial reductor en forma de hidrógeno. Abelson estima la cantidad de potencial reductor que sale a la superficie realizando un balance de los compuestos químicos oxidados y reducidos en la atmósfera, en la biosfera y en las rocas sedimentarias.

La mayor parte del carbono en las rocas sedimentarias está presente en las mismas como carbonato. Una parte está presente como carbono reducido. La cantidad de oxígeno que se necesitaría para convertir este material en CO_2 y H_2O sería de 235×10^{20} gramos. Los geólogos creen que la mayor parte del carbono orgánico presente en los sedimentos fue derivado mediante fotosíntesis a partir del CO_2 y del H_2O . En dicho proceso se hubieran liberado 235×10^{20} g de O_2 . Sin embargo, la cantidad de oxígeno atmosférico y fósil (sulfatos y hierro férrico procedente del ferroso) que se conoce es de tan sólo 73×10^{20} g. Abelson sugiere que una explicación probable de esta discrepancia es que una cantidad apreciable de carbono que se desprendió de los volcanes lo hizo en forma de CO. Suponiendo que la discrepancia en el balance del oxígeno se debiese al desprendimiento de H_2 y de CO producidos por desgasificación, Abelson calculó que la cantidad de estos gases que llegó a la superficie fue de 19×10^{20} g de H_2 y 17×10^{20} g de CO.

Además, Abelson supone que uno de los precursores que dio origen a compuestos biológicamente importantes fue el cianuro de hidrógeno (HCN). Una combinación de gases que pudiera dar origen al HCN consiste de CO, H_2 , y N_2 . El CO producido por desgasificación sería no obstante eliminado por reacción con el agua de los océanos primitivos para producir ácido fórmico, lo que resultaría en una presión muy baja de CO. Por tanto, Abelson supone que el H_2 producido por desgasificación reaccionaría con CO_2 para producir CO adicional suficiente para elevar su presión a un nivel suficiente.

Pero se tienen que hacer todavía más suposiciones, ya que el CO, el N₂ y el H₂ no reaccionan para producir HCN en presencia de H₂O. Abelson cree que en la Tierra primitiva pueden haber existido unas temperaturas muy bajas a una altitud no mayor de 20 km., y que esta baja temperatura habría atrapado la mayor parte de la humedad. Y postula que la primitiva atmósfera que dio origen al HCN existió por encima de esta temperatura mínima y que se componía principalmente de N₂, CO y H₂.

En tanto que Abelson, partiendo de los datos geoquímicos y cosmológicos, ha echado abajo efectivamente la atmósfera de metano y amoníaco postulada por Miller y Urey, no ha conseguido dar una evidencia igualmente convincente de su postulada atmósfera primitiva de CO, N₂ y H₂O. El factor crucial de su hipótesis es la suposición de que la desgasificación produjo cantidades tan enormes de H₂ y CO como 19×10^{20} gramos y 17×10^{20} gramos, respectivamente. Se debe reconocer que esta es una especulación no respaldada por hechos: Se precisaba de un potencial reductor para el origen abiogénico de compuestos químicos reducidos, y por esto se propuso una fuente hipotética del mismo.

Los principales componentes de los gases volcánicos son el H₂O, el CO₂ y el N₂. La composición media de los gases volcánicos de Halemaumau en Hawai es, en volumen, del 68% de H₂O, 13% de CO₂, 8% de N₂, y el resto son principalmente humos sulfurosos (23). Urey (10) ha observado que los gases que escapan de los lagos de lava de los volcanes de Hawai están tan altamente oxidados que es difícil explicar estos estados de oxidación tan elevados. De modo que la propuesta de la formación de vastas cantidades de H₂ y CO por desgasificación no tiene el apoyo de ningunos datos conocidos, sino que más bien parece contraindicada.

No hay evidencia de una atmósfera reductora

Urey ha admitido que la precipitación de calizas en grandes cantidades presenta una dificultad a la hipótesis de la existencia durante un largo período de tiempo de una atmósfera reductora. Después de mencionar que la mayor parte de las grandes masas de hierro se depositaron durante el Precámbrico tardío o fueron erosionadas extensamente durante dicho tiempo, dice que los yacimientos de hierro de la cordillera Vermillion de Minnesota son mucho más anteriores (Keewatin) y que, por tanto, la oxidación del hierro ferroso a férrico tuvo lugar en una época muy temprana de la historia de la tierra. Más adelante en el mismo artículo dice que la presencia de hierro muy oxidado justifica una poderosa presunción en favor de una atmósfera oxidante. Estas observaciones, basadas en hechos derivados de los datos geológicos, en lugar de en suposiciones basadas en teorías

cosmogónicas, dan evidencia de que la tierra puede haber tenido una atmósfera oxidante durante la mayor parte de su historia, si no de toda ella.

C. F. Davidson, en su contribución «Geochemical Aspects of Atmospheric Evolution [Aspectos Geoquímicos de la Evolución Atmosférica]» (24) ante el Simposio de la Academia Nacional de las Ciencias sobre la evolución de la atmósfera terrestre, pone en sobreaviso de que cambios metasomáticos (introducción de material, generalmente en una solución acuosa muy caliente, desde fuentes externas a la formación que sufre el cambio) pueden haber distorsionado las evidencias que presentan las rocas. Davidson mantiene que el hecho de encontrar sustancias inorgánicas reducidas en algunas formaciones no constituye evidencia de que fuesen depositadas en el seno de una atmósfera reductora. Por ejemplo, Davidson señala que las piritas y uraninitas pretendidamente detríticas, halladas en ciertas formaciones, se han citado como evidencia de que la atmósfera era reductora cuando se depositaron estas formaciones, ya que estos minerales son fácilmente oxidables. No obstante, él sostiene que no existe ningún medio geológico del que se puedan obtener oro, uraninita y piritas detríticas desprovistos de otros metales pesados como depósitos aluviales. Davidson mantiene que estos depósitos de uraninita y pirita fueron depositados desde aguas hidrotermales por lixiviación y transporte procedentes de rocas volcánicas superiores y de otras fuentes. En otras palabras, según Davidson, la presencia de estos minerales reducidos no constituye prueba de que esta formación particular fuera depositada bajo una atmósfera reductora, ya que la uraninita y la pirita fueron introducidas hidrotermalmente más tarde, después de ser lixiviadas de rocas volcánicas o de otras fuentes sin contacto con la atmósfera. *Por mucho que se retrotraiga al pasado, Davidson no puede ver ninguna evidencia de que la atmósfera fuera nunca muy diferente de la actual.*

Un golpe teórico especialmente fuerte fue el asestado recientemente a las teorías sobre el origen de la vida, con la reciente publicación de Brinkman (25). Según los cálculos de Berkner y Marshall (22, 26, 27), la cantidad de oxígeno atmosférico que se hubiera producido por fotodisociación del vapor de agua con la luz ultravioleta del sol hubiera sido limitada y, por lo tanto, la atmósfera de la tierra hubiera sido reductora hasta que los organismos fotosintéticos hubieran evolucionado para producir el oxígeno presente en la actualidad. Esto justificaría una atmósfera reductora, tan vital para la formación abiogénica de los compuestos orgánicos reducidos que se pretende que dieron el origen a la vida, durante una larga proporción de la historia primitiva de la Tierra.

Brinkman mantiene que Berkner y Marshall erraron en sus cálculos debido al hecho de que interpretaron mal los datos de laboratorio sobre la absorción del ultravioleta por parte

del oxígeno. Según los cálculos de Brinkman, *la concentración de oxígeno en la atmósfera hubiera llegado a una fracción apreciable de su presente nivel muy temprano en la historia de la Tierra.*

Si las observaciones de Davidson (24) y los cálculos de Brinkman acerca del contenido en oxígeno de la atmósfera primitiva son correctos, entonces *el origen evolutivo de la vida queda imposibilitado.* En una atmósfera oxidante hubiera sido termodinámicamente imposible la formación abiogénica de los compuestos químicos orgánicos *reducidos* que hubieran debido estar presentes para que surgiera la vida por evolución química.

En resumen, se puede decir que, a pesar de las elaboradas hipótesis que se han propuesto a fin de justificar la suposición de que la Tierra poseyó una atmósfera reductora en la época más temprana de su historia, esta suposición es extremadamente endeble, y en realidad queda contraindicada por una considerable cantidad de evidencia. La suposición de que la tierra tuvo una atmósfera reductora en una época primitiva convence a la mayor parte de las personas. Esto se debe a que la mayoría de gente acepta a la siguiente cadena de suposiciones: ya que la vida existe, la vida evolucionó; la evolución de la vida precisa de una atmósfera reductora, por ello mismo la tierra primitiva *tuvo* que poseer una atmósfera reductora.

SEGUNDA ETAPA: LA FORMACIÓN DE COMPUESTOS ORGÁNICOS SIMPLES

El problema con el que tratamos en esta etapa es el de la formación de aquellos compuestos orgánicos relativamente simples que hubieran sido necesarios como precursores o ladrillos para las complejas macromoléculas que constituyen los indispensables componentes metabólicos, reproductivos y estructurales de la célula. Entre estos compuestos simples se incluyen los aminoácidos, que son los ladrillos de las proteínas; las purinas y pirimidinas, que constituyen una parte de las subunidades de que están formados los ácidos nucleicos; y los azúcares, que también forman parte de las subunidades de los ácidos nucleicos, y que también se polimerizan para formar los carbohidratos (ver Figura 2).

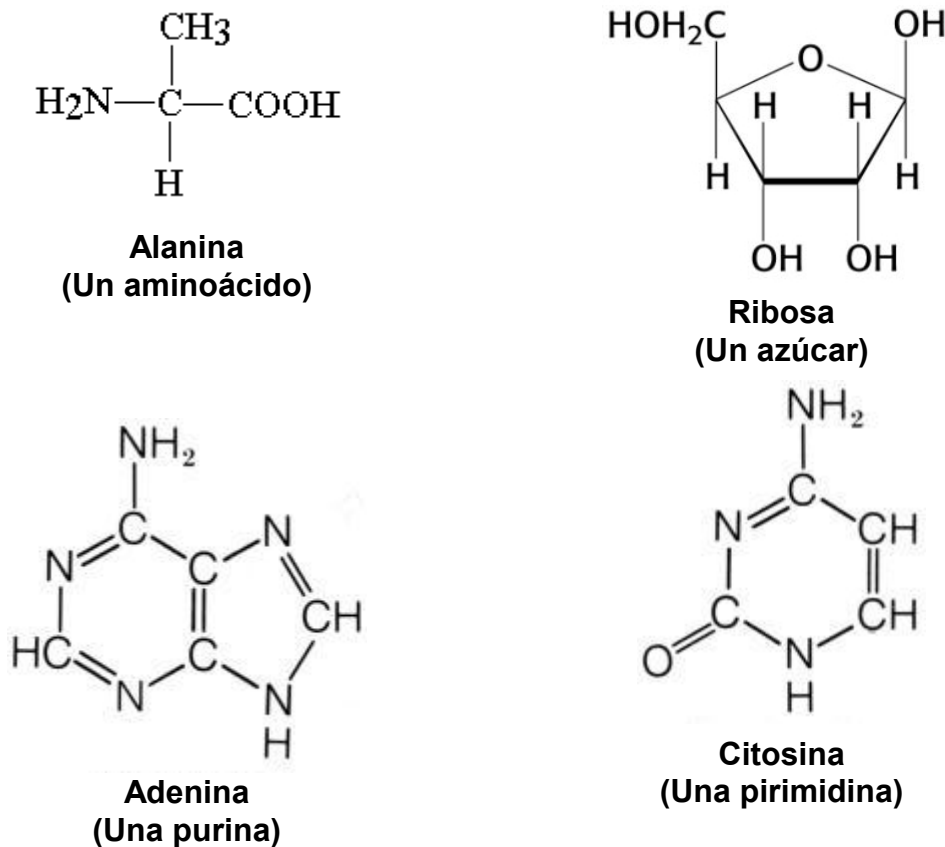


FIGURA 2.

Suponiendo la presencia de determinados gases en la atmósfera primitiva o la presencia de precursores simples en los océanos, y la disponibilidad de una fuente de energía, como

descargas eléctricas de rayos o la luz ultravioleta, la formación de estos compuestos orgánicos relativamente simples parecería casi inevitable a primera vista.

No obstante, en esta etapa relativamente simple el problema se vuelve muy difícil y complejo. Se postula que la vida surgió en un medio acuoso relativamente rico en compuestos orgánicos —el llamado «caldo primitivo». Es así que Bada y Miller (28) han afirmado que «La hipótesis heterotrófica del origen de la vida supone que los componentes básicos del primer organismo vivo estuvieron disponibles en grandes cantidades en el océano primitivo». Los compuestos orgánicos individuales que contribuyeron significativamente a la formación de compuestos biológicos deben haber estado presentes en concentraciones significativas. Por debajo de una cierta concentración mínima, la polimerización o cualquier otra clase de reacciones de estos componentes entre sí hubiera sido insignificante. La Tierra primitiva debió haber estado cubierta por vastas masas de agua, aunque el volumen hubiera sido considerablemente inferior al actual (unos 1500 millones de kilómetros cúbicos). Para que un compuesto hubiera podido estar en concentraciones significativas en el océano primitivo, hubiera tenido que ser producido en inmensas cantidades a escala mundial. Son varios los factores que obrarían en contra de esta posibilidad. Por necesidades de espacio, tendremos que limitar nuestra discusión a unos pocos ejemplos. Se pueden consultar las reseñas de Patee (29), Lemmon (30) y Kenyon y Steinman (31) acerca de las teorías que algunos investigadores han propuesto para explicar el origen de los compuestos orgánicos en la tierra primitiva.

Ya hemos mencionado el primer obstáculo que hubiera contribuido a impedir que ningún compuesto orgánico llegara a ninguna concentración significativa, esto es: la dilución que hubiera tenido lugar en el océano primitivo. Por ejemplo, si todo el nitrógeno de la atmósfera estuviera en forma de compuestos nitrogenados de un solo átomo de nitrógeno, la concentración de este compuesto en el océano sería de tan sólo 0,2 molar (unos 2,8 gramos por litro de nitrógeno en forma de amoníaco, NH_3). Pero una vez que empezase la evolución química, este nitrógeno se distribuiría entre miles de diferentes compuestos nitrogenados, disminuyendo enormemente la concentración de cada uno. Si se distribuyese uniformemente el nitrógeno entre sólo 1.000 compuestos diferentes (a modo de ejemplo, puesto que no sería así), la concentración de cada uno de ellos se reduciría a 0,0002 molar.

Además, es bien cierto que tan sólo una fracción del nitrógeno disponible hubiera estado presente en el océano en un instante determinado. La mayor parte del nitrógeno hubiera permanecido como nitrógeno molecular en la atmósfera. Abelson ha observado (18) que si todo el nitrógeno de la atmósfera estuviera en forma de amoníaco, se descompondría en

nitrógeno e hidrógeno en menos de 30.000 años, un período de tiempo muy breve comparado con las largas eras geológicas supuestamente necesarias para el origen de la vida. Así, si el nitrógeno reaccionase efectivamente formando compuestos capaces de disolverse en el océano primitivo, la descomposición de los mismos sería tan rápida que la mayor parte del nitrógeno disponible permanecería en forma de nitrógeno molecular. Si esta consideración redujese la cantidad de nitrógeno en forma de compuestos nitrogenados por un factor de mil, nuestra concentración hipotética de cada compuesto nitrogenado quedaría reducida a 0,0000002 molar (2×10^{-7} molar), o 2,8 millonésimas de gramo por litro de nitrógeno en forma de amoníaco. Esta cantidad, se defina como se defina, sería tan sólo una traza.

En nuestros cálculos anteriores hemos utilizado la cifra de 1.000 como cantidad de compuestos nitrogenados. Con el progreso de la evolución química y la mayor y mayor diversificación de cada familia química, se hubieran ido formando muchos, muchísimos miles de diferentes compuestos de cada clase. Por ejemplo, un hidrocarburo (un tipo de compuesto formado tan sólo de carbono e hidrógeno) que contenga solo 20 átomos de carbono puede quedar estructurado en más de un millón de maneras diferentes. Queda claro que la cantidad de hidrocarburos compuestos que pudieran existir y que van desde un solo carbono hasta veinte es muchas veces mayor que la cifra anterior, y es realmente enorme. Naturalmente, la posibilidad de diversidad no es la misma para todas las clases de compuestos, pero sigue siendo muy grande para cada clase. La variedad de compuestos nitrogenados que hubieran surgido en la tierra primitiva mediante evolución química hubiera resultado en miles de formas diferentes de los mismos. ¿Cómo hubiera podido llegar a un valor significativo la concentración de cualquier especie molecular en el océano primitivo?

Una consideración muy importante, que a menudo se pasa por alto o se ignora en las especulaciones sobre el origen de la vida, es la rápida destrucción de los compuestos orgánicos por las mismas fuentes de energía que los sintetizaron. De hecho, una de las características en todos los experimentos relacionados con el origen de la vida es la extracción inmediata de los productos de reacción, una vez formados, para separarlos de la fuente de energía para impedir su destrucción. Por ejemplo, el aparato (véase Figura 3) usado por Miller en su clásico experimento para la formación de algunos de los aminoácidos y otros compuestos orgánicos sencillos mediante una descarga eléctrica en una mezcla de metano, amoníaco, hidrógeno y agua, incluía una trampa de frío a fin de aislar los productos de la reacción inmediatamente después de su formación (32, 33). El examen de los aparatos utilizados por otros investigadores en experimentos acerca del

origen de la vida revela que tales trampas son una característica común (34). Es muy comprensible la propensión de los químicos orgánicos a separar los productos de reacción de las fuentes de energía utilizadas para su síntesis antes de que pueda tener lugar una destrucción significativa de dichos productos. Pero en la Tierra primitiva no hubieran estado presentes ningunos químicos orgánicos para realizar esta operación, y los productos formados hubieran quedado a merced de las destructivas fuerzas de las descargas eléctricas, del calor o de las radiaciones ultravioletas responsables de su síntesis.

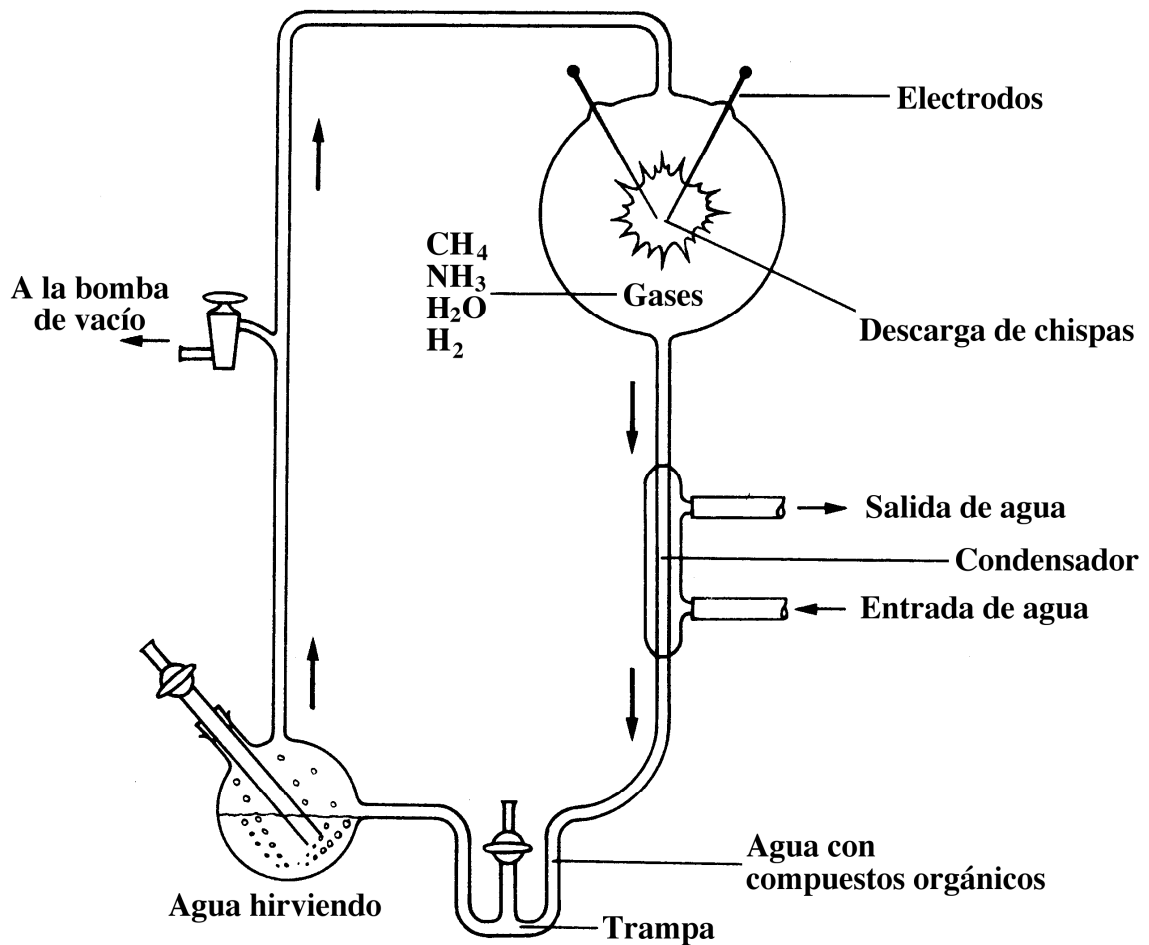


Figura 3

En una contribución muy importante, Hull (35) demostró que cuando se consideran todos los aspectos termodinámicos del problema, la posibilidad de acumular concentraciones útiles de compuestos orgánicos a lo largo de vastas eras de tiempo queda claramente anulada. Hull considera no tan sólo la velocidad de formación de los compuestos orgánicos, sino también su velocidad de descomposición, señalando que las

fuentes de energía a las que se apela para su formación son mucho más efectivas para su descomposición. En su estudio utiliza la glicina, el más sencillo de los aminoácidos, como ejemplo. Tomando en consideración la velocidad de formación de la glicina a partir del metano, amoníaco, y agua mediante la acción de la luz ultravioleta en la atmósfera antes de que pudiera llegar al océano, y su velocidad de descomposición después de llegar al océano, Hull calculó que la concentración de glicina se habría encontrado en algún punto situado entre 10^{-12} y 10^{-27} molar, una concentración enormemente por debajo de un mínimo cercano a lo necesario para el origen de la vida.

Hull pasa luego a observar que estas consideraciones llegan a una magnitud abrumadoramente mayor cuando se consideran otros compuestos más allá de los más simples. Así, sobre la base de la termodinámica, la concentración en equilibrio de la glucosa es de 10^{-134} molar a concentraciones unitarias de los reactivos que la componen. Los valores para las proteínas más sencillas hubieran sido inimaginablemente pequeños. Hull señala además que la concentración en estado cinético estacionario cae rápidamente con una complejidad creciente a causa de que: (1) disminuye el rendimiento cuántico para su formación; (2) al mismo tiempo que disminuye su estabilidad frente a la descomposición térmica; y (3) aumenta su absorción de luz ultravioleta y la descomposición a causa de la misma.

Hull expone, como ya hemos mencionado, que el éxito de Miller y otros en sintetizar compuestos orgánicos con descargas eléctricas y luz ultravioleta se ha debido a la utilización del conocido principio de incrementar el rendimiento de la reacción por medio de la extracción selectiva del producto de la mezcla de reactivos. Los esfuerzos de Bernal (36) y otros para imaginar algún mecanismo que hubiera operado para conseguir tal cosa en la Tierra primitiva son el intento de agarrarse a un clavo ardiente. La conclusión de Hull fue que *«El fisicoquímico, guiado por los principios demostrados de la termodinámica y de la cinética química, no puede ofrecer ningún ánimo al bioquímico, que necesita un océano lleno de compuestos orgánicos para formar siquiera coacervados sin vida»*.

Otra consideración importante que tendería a impedir la formación de compuestos orgánicos simples en la Tierra primitiva bajo las condiciones propuestas en experimentos sobre el origen de la vida es la inverosimilitud de las condiciones de reacción o de las mezclas de reactivos que se emplean en estos experimentos. La mayor parte de los experimentos del origen de la vida presuponen una atmósfera y un océano en el que hubiera estado presente existido una considerable cantidad de amoníaco. Ya hemos presentado los convincentes argumentos de Abelson en contra de tal postulado. Lo que sucede es que la mayoría de los investigadores simplemente ignoran la evidencia

presentada por Abelson y continúan suponiendo una atmósfera similar a la propuesta por Oparín, es decir, con amoníaco y metano entre sus componentes.

Por otra parte, los investigadores *seleccionan* un conjunto determinado de reactivos que ellos creen que producirán los productos que desean obtener, mientras que *excluyen* otros reactivos que hubieran estado presentes en la Tierra primitiva. Por ejemplo, ciertos investigadores han usado mezclas reactivas que incluyen la presencia de varios aldehídos para la producción de azúcares. Otros han propuesto que los aminoácidos pudieron haberse formado en mezclas de amoníaco y los ácidos succínico, propiónico o maleico. Algunos han usado la acción del calor o de la luz ultravioleta en cianuro amónico para producir purinas. Se han producido pirimidinas calentando una mezcla de ácido málico, urea y ácido polifosfórico, o combinando cianoacetileno con cianato. Si se acepta como posible la presencia de toda esta variedad de compuestos orgánicos en la tierra primitiva, ¿por qué algún investigador del origen de la vida no toma una mezcla de amoníaco, cianuro, urea, aldehídos, ácido succínico, ácido maleico, ácido propiónico, ácido málico, cianoacetileno, ácido polifosfórico, agua y todos los demás compuestos orgánicos e inorgánicos que hubieran podido existir en la tierra primitiva, los calienta, y observa lo que resulta? Pero esto no se hace *porque los resultados predecibles no son los que se desean*. El ácido polifosfórico y el cianuro quedarían rápidamente hidrolizados por el amoníaco en solución, el cianoacetileno desaparecería rápidamente, los aldehídos reaccionarían con los compuestos aminados, las purinas y pirimidinas se descompondrían, etcétera. *Los productos que los químicos orgánicos obtienen en el laboratorio con un control cuidadoso de las condiciones de reacción y manipulación de los reactivos no serían los mismos que los obtenidos en una mezcla casual de todos los tipos de compuestos reactivos que hubieran estado presentes en la tierra primitiva.*

Abelson observó claramente (18) que los azúcares y los carbohidratos se combinan rápidamente con los aminoácidos formando productos no biológicos. A un pH de entre 8 y 9 (el pH que se postula para el océano primitivo) *los aminoácidos y los carbohidratos son incompatibles*. Consiguientemente, *Abelson cree que es improbable que el océano primitivo contuviera algo más que simples trazas de glucosa, ribosa o desoxirribosa libres*. Si esto es así, entonces se plantea la cuestión: ¿cómo pudieron originarse en esta tierra primitiva los ácidos nucleicos y los carbohidratos complejos, que incluyen la glucosa, la ribosa y la desoxirribosa en sus estructuras?

La tendencia al optimismo por parte de los investigadores del origen de la vida, y su actitud de ignorar dificultades obvias, se puede ilustrar haciendo referencia a una sección de la reseña de Lemmon (30) dedicada a la formación abiogenética de azúcares. Lemmon

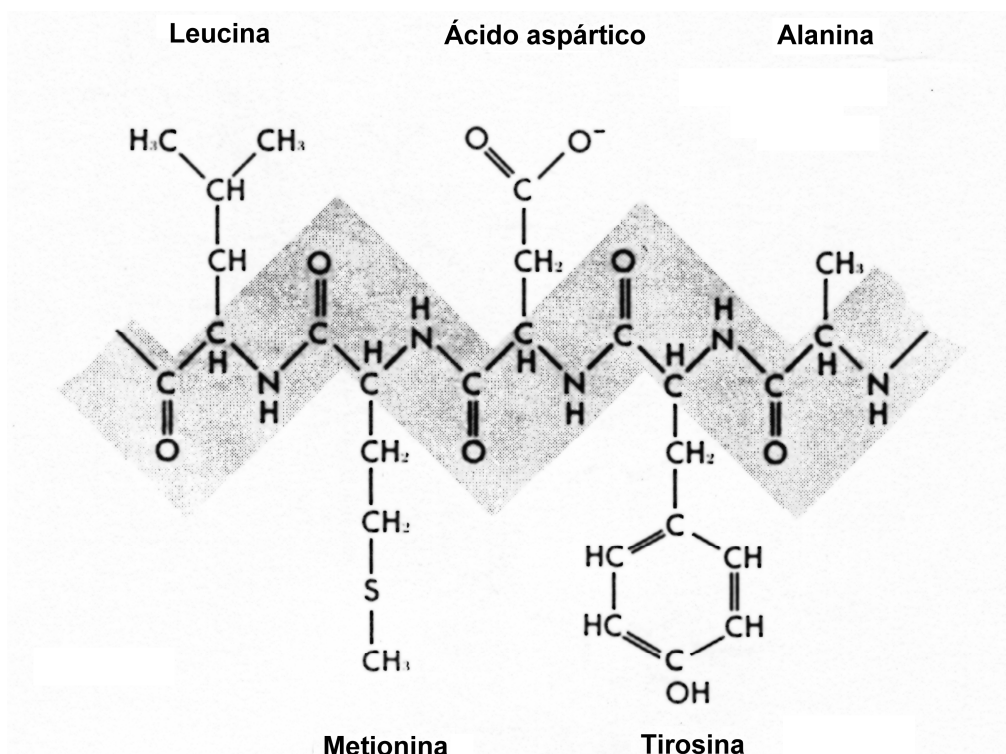
hace referencia a experimentos en los que se formaron azúcares en soluciones acuosas de formaldehído, y después dice: «Por tanto, es fácil visualizar la síntesis abiogénica de los azúcares en la tierra primitiva ...». Sin embargo, en un artículo publicado tres años antes de la reseña de Lemmon, Reid y Orgel afirmaban: «No creemos que la reacción de la formosa tal como nosotros la hemos llevado a cabo sea un modelo creíble para la acumulación prebiótica de los azúcares. Primero, se precisa de soluciones concentradas de formaldehído, y, segundo, los azúcares formados se descomponen con bastante rapidez». Más adelante dicen: «No se ha conseguido la formación de azúcares ni su incorporación a nucleósidos bajo condiciones verosímiles» (37). De modo que las afirmaciones optimistas que tan a menudo aparecen en la literatura científica con referencia a experimentos sobre el origen de la vida deben ser consideradas con gran cautela, o más bien con una total desconfianza.

Se podría tratar de otros factores relacionados con el posible origen y acumulación de compuestos orgánicos sobre la tierra primitiva. No obstante, las anteriores consideraciones anteriores ponen en evidencia que la formación de incluso los compuestos orgánicos más simples en cantidades significativas en la Tierra primitiva hubiera estado sometida a severas restricciones. En este contexto es admisible insistir en la convicción de Hull —el químico puede dar muy poco ánimo al bioquímico, que necesita un océano lleno de compuestos orgánicos para el origen de la vida.

TERCERA ETAPA: EL ORIGEN DE COMPUESTOS COMPLEJOS, BIOLÓGICAMENTE IMPORTANTES, COMO LAS PROTEÍNAS Y LOS ÁCIDOS NUCLEICOS

En la célula se encuentran muchas sustancias que constituyen nexos vitales en el metabolismo, la reproducción y la estructura de la célula. Entre ellas están las proteínas, los ácidos nucleicos, los carbohidratos, los lípidos, las hormonas, los coenzimas, compuestos de fósforo ricos en energía, carotenoides, alcaloides, y muchísimas otras. Una explicación del origen de la vida tiene que incluir el origen químico de estos compuestos y su integración funcional en el complejo aparato que dio origen a la célula. Concentraremos nuestra atención principalmente al origen y a la función de solo dos de ellos—las proteínas y los ácidos nucleicos.

Las proteínas son unos polímeros constituidos por unas unidades encadenadas, o monómeros, que son los aminoácidos:



En esta representación esquemática de una porción muy pequeña de la cadena de una proteína se muestran cinco aminoácidos. Los enlaces se forman por la eliminación de agua durante la combinación química de los aminoácidos entre sí:

En esta porción de una molécula de ácido desoxirribonucleico (ADN) se muestran cuatro nucleótidos. Hay dos tipos generales de ácidos nucleicos: el ácido ribonucleico (ARN) y el ácido desoxirribonucleico (ADN). Generalmente, en el ARN las bases son la adenina, la guanina, la citosina y el uracilo. En el ADN las bases son la adenina, la guanina, la citosina y la timina. El azúcar en el ARN es ribosa, en el ADN es desoxirribosa. Generalmente, los ácidos nucleicos contienen miles de subunidades o nucleótidos. Estos polímeros se forman de una manera parecida a los de las proteínas —por eliminación del agua entre unidades.

El origen de las proteínas y de los ácidos nucleicos tal como se hallan en la célula viva plantea dos problemas generales. Primero, el problema de su formación química, esto es, el acoplamiento de las subunidades y la formación de los enlaces químicos entre estas subunidades por la eliminación de agua. Segundo, las secuencias específicas o disposiciones lineales de las subunidades en estos polímeros que los convierten en biológicamente activos. Una célula bacteriana contiene como mínimo de 1500 a 2000 enzimas diferentes, y posiblemente muchos más. Todos estos enzimas son proteínas, o polímeros de aminoácidos y, no obstante, la actividad de cada una de ellas (la actividad química específica desarrollada por cada una) es *sumamente* específica. Hay miles de reacciones químicas que se tienen que catalizar de manera muy eficaz y de una forma muy específica, y la célula bacteriana tiene un enzima para cada tarea. En cada caso, esta actividad específica se debe al orden estructural de los aminoácidos en la cadena de la proteína. La secuencia de los aminoácidos es diferente para cada enzima o proteína, y este ordenamiento singular confiere a cada proteína su actividad específica. Si hay un cambio en este sistema tan sumamente ordenado, aunque sea un cambio muy pequeño, se puede perder toda la actividad biológica. Estas proteínas biológicamente activas se pueden comparar con las máquinas de una fábrica. En una fábrica, cada máquina es un ordenamiento muy específico de piezas metálicas, y cada una de ellas está diseñada para una actividad determinada. Si se altera una sola pieza, el resultado puede ser que la máquina quede totalmente inutilizada. El origen de la estructura y de la función de la máquina se puede atribuir a que ha sido creada por el hombre. El evolucionista tiene que intentar dar respuesta a la cuestión de cómo funciones y estructuras específicas, como las que se encuentran en las proteínas, pudieron surgir en base de leyes físicas y químicas sin la intervención de un creador.

También los ácidos nucleicos poseen estructuras muy específicas debido al ordenamiento singular de los nucleótidos en cada uno de ellos. Cada gene, que es una molécula de ADN, puede estar compuesto de mil o más subunidades, o nucleótidos. El

orden en el que están dispuestos estos nucleótidos a lo largo de la cadena determina la función de cada gene. La alteración de uno solo de los miles de nucleótidos en un gene puede causar la pérdida de función del gene, y llegar a ser perjudicial, o hasta letal, para la planta o animal. ¿Cómo llegaron a existir estos ordenamientos tan específicos?

Primer problema —La polimerización

La solución al primer problema que se acaba de plantear, esto es, la polimerización de las subunidades para formar las proteínas y los ácidos nucleicos (olvidando de momento la necesidad de un ordenamiento específico) puede parecer relativamente simple. Pero no es así. Existe una barrera termodinámica. Si consideramos la reacción general,



encontramos que el equilibrio está enormemente desplazado hacia la izquierda. Los monómeros nunca se combinan espontáneamente para formar polímeros, a no ser que primero hayan sido activados o que se proporcione energía. Por otra parte, los polímeros tienden a disgregarse y revertir a monómeros. Desde luego, se pueden formar polímeros en los laboratorios y en las fábricas, ya que hay químicos para proporcionar la energía necesaria de la manera adecuada. La célula viva también cumple esta tarea, utilizando su peculiar aparato y fuentes de energía.

Pero en el océano primitivo no hubiera habido ni químicos orgánicos ni organismos vivientes. Entonces, ¿cómo se supone que se imprimió a la reacción anterior una dirección opuesta a aquella a la que iría espontáneamente? El evolucionista tiene que imaginar un conjunto de condiciones y una fuente de energía hipotética dirigida de tal manera que los polímeros, como las proteínas y los ácidos nucleicos, pudieran haber surgido en grandes cantidades en el océano primitivo.

Los evolucionistas son conscientes de esta dificultad. Así, Wald ha manifestado: «En la mayor parte de los procesos en los que estamos interesados, el punto de equilibrio queda demasiado hacia el lado de la disolución. Es decir, que la disolución espontánea es mucho más probable, y por lo tanto va mucho más rápida, que la síntesis espontánea. Por ejemplo, la unión espontánea, paso a paso, de unidades de aminoácidos para formar una proteína tiene una determinada pequeña probabilidad, y por lo tanto podría ocurrir a lo largo de grandes épocas de tiempo. Pero la disolución de la proteína o de un producto intermedio a

sus componentes aminoácidos es mucho más probable, y por lo tanto irá mucho más rápidamente. La situación que debemos afrontar es la de la paciente Penélope esperando a Ulises, pero aún peor: ella cada noche deshacía lo que había tejido durante el día, pero en nuestro caso una noche podría fácilmente deshacer la obra de un año o de un siglo». Después de considerar cómo *los organismos* realizan la síntesis de las sustancias orgánicas a pesar de esta tendencia a la disolución, Wald dice: «Lo que pedimos aquí es la síntesis de moléculas orgánicas sin una máquina de esta clase. Creo que este es el problema más pertinaz con el que nos enfrentamos —el eslabón más débil por ahora en nuestro argumento» (38).

Después de considerar diversos postulados referentes a la síntesis de proteínas en la tierra primitiva, Matthews y Noser prosiguen: «Ya que la barrera termodinámica a la polimerización espontánea de los α -aminoácidos no se vence fácilmente, *y desde luego parece infranqueable por medio de cualquier mecanismo razonable de condensación*, hemos postulado una secuencia completamente diferente de acontecimientos que lleva a la formación de polipéptidos ...» (39). Sus intentos de esquivar esta infranqueable barrera se tratarán más adelante. No obstante, es evidente que las teorías propuestas por otros investigadores del origen de la vida sobre la formación de las proteínas no han atraído a Matthews ni a Moser.

El primer prerrequisito para la formación de las proteínas necesarias para el origen de la vida sería un océano lleno de aminoácidos. Ya que los aminoácidos que se encuentran en las proteínas son solo veinte, y que todos ellos son alfa-aminoácidos (el grupo amino está en el carbono adyacente al que lleva el grupo carboxilo), en el océano debió haber habido una concentración relativamente elevada de estos 20 alfa-aminoácidos. Ya se ha visto con anterioridad nuestro argumento en contra de la posibilidad de que *ningún* compuesto orgánico pudiera llegar a tales concentraciones. No obstante, suponiendo que la concentración de estos aminoácidos llegara a un nivel así, ¿cómo fueron llevados a enlazarse químicamente en los polímeros que conocemos como proteínas?

Se han propuesto diversos mecanismos. Siguiendo el pensamiento de que un modo de síntesis que pudiera operar en medio acuoso diluido sería más consecuente con la idea de que mucha de la evolución química prebiótica tuvo lugar en los océanos primitivos, Steinman, Kenyon y Calvin (40) han utilizado el agente condensante dicianamida para promover la formación de di-, tri-, y tetrapéptidos (polímeros compuestos de dos, tres y cuatro aminoácidos, respectivamente) en soluciones acuosas «diluidas».

Es fácil ver que sus condiciones de reacción son totalmente inverosímiles. La concentración de aminoácidos que utilizan (0,12 molar) para obtener siquiera un pequeño

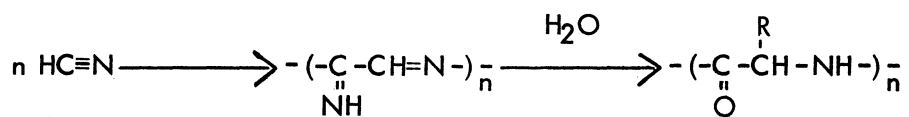
rendimiento de producto de reacción (sin utilizar manipulaciones especiales) nunca se hubiera conseguido en la tierra primitiva (recordemos nuestro argumento previo contra la posibilidad de que *ningún* compuesto nitrogenado llegase a tal concentración). Además, a no ser que se utilizasen medios ácidos, los rendimientos de los productos eran insignificantes, y todos los geólogos conceden que el pH del hipotético océano primitivo hubiera sido alcalino (pH 8–9).

Aun bajo estas condiciones tan inverosímiles, la reacción cesa al cabo de un tiempo muy breve. En uno de sus experimentos, la formación de diglicina a partir de la glicina cesó al cabo de tres minutos, a pesar de que quedaba todavía el 95% de glicina sin cambios, disponible para continuar reaccionando. Crean que la glicina, por sí misma, catalizaba la conversión de la dicianamida a un producto inactivo. ¡Una reacción en la que un reactivo destruye rápidamente al otro no promete demasiado! La única manera en que pudieron obtener un rendimiento bastante bueno fue mediante la adición lenta de un exceso 30 veces superior de dicianamida desde un embudo de decantación a la solución de glicina, y aún así no se detectó ningún polímero de más longitud que un tetrapéptido. ¡Desde luego, en la tierra primitiva no hubiera habido químicos orgánicos con embudos de decantación!

La dicianamida es un compuesto orgánico muy reactivo, y su consiguiente destrucción por una gran variedad de agentes hubiera impedido su acumulación sobre la tierra primitiva en ninguna cantidad significativa. A la vista de esto y de las otras dificultades que se acaban de mencionar, es asombroso leer la sugerencia del autor de que «... la síntesis de polipéptidos mediada con dicianamida puede haber sido un proceso clave mediante el que se llegaron a producir polipéptidos en la primitiva hidrosfera». Cuando lo imposible se considera posible, ¡las posibilidades son ilimitadas!

Schramm y sus colaboradores (41) obtuvieron polipéptidos a partir de aminoácidos utilizando pentóxido fosfórico en éter. Cualquier químico orgánico debería darse cuenta en el acto de que un experimento de esta clase no tiene ninguna aplicación al origen de la vida (el pentóxido de fósforo reacciona rápidamente en presencia de humedad), de modo que no se precisa de ninguna consideración adicional acerca de la posible relevancia de este trabajo con el origen de la vida.

La propuesta de Kliss y Matthews (42) y de Matthews y Moser (39, 43) para esquivar la barrera termodinámica a la polimerización de los aminoácidos es como sigue. Crean que las proteínas se formaron no por polimerización de aminoácidos, sino por polimerización de cianuro de hidrógeno para formar polímeros que más tarde se convirtieron en proteínas por hidrólisis selectiva:



El mecanismo de reacción propuesto es mucho más complejo que el que se muestra arriba, pero éste da el resultado global como lo proponen estos investigadores.

Ellos creen que los compuestos orgánicos se sintetizaron originalmente a partir de las especies reactivas formadas por irradiación solar de la atmósfera reductora que se atribuye a la tierra primitiva. La supuesta síntesis hubiera tenido lugar en tres etapas solapadas causadas por el calentamiento gradual de la superficie de la tierra. Se propone que al principio se formaron hidrocarburos en una atmósfera de hidrógeno y metano (con el agua y el amoníaco congelados sobre la superficie de la tierra). Al ir aumentando la concentración de amoníaco en la atmósfera, se formaron compuestos conteniendo nitrógeno mediante la modificación de los hidrocarburos existentes y a causa de reacciones de intermedios recién formados. Es en esta etapa que se supone que se formó y polimerizó un dímero de cianuro de hidrógeno para formar polímeros con la dorsal ---C---C---N--- . En la tercera etapa, se cree que al aumentar la concentración de agua en la atmósfera, los productos formados previamente se modificaron para dar proteínas, entre otros productos.

En experimentos diseñados para apoyar estas teorías, se polimerizó el cianuro de hidrógeno para obtener productos que, después de hidrólisis, produjeron amoníaco y unos doce aminoácidos. En comparación con la cantidad de amoníaco y glicina conseguida con estos productos, la cantidad de otros aminoácidos fue muy exigua. En todo caso, se formó un tipo de polímero que después de hidrólisis produjo glicina y algunos de los otros aminoácidos, aunque estos últimos se obtuvieron en muy pequeñas cantidades.

Ya hemos dado varios argumentos que muestran que este esquema es inverosímil. Hemos citado los argumentos de Abelson acerca de que la atmósfera de la tierra primitiva nunca contuvo cantidades significativas de hidrocarburos o amoníaco (18). El mismo Abelson postuló que la atmósfera primitiva estuvo compuesta de nitrógeno, monóxido de carbono e hidrógeno. Si se excluye rigurosamente el agua, la irradiación de una atmósfera así produciría cianuro de hidrógeno que se podría polimerizar para producir aminoácidos y polímeros de aminoácidos (18). Como podemos recordar, los argumentos de Abelson en favor de una atmósfera de nitrógeno, monóxido de carbono e hidrógeno dependían de unas suposiciones dudosas, y la necesidad de la total exclusión del agua para que su propuesta funcione la hace muy poco atractiva.

Antes hemos mencionado también los datos de Hull, que demostraba que si los compuestos orgánicos se hubieran formado en la atmósfera por radiación solar, esta misma

fuente de radiación hubiera destruido rápidamente estos productos (35). Así, cualquier esquema que proponga la formación de compuestos orgánicos complejos en la atmósfera por radiación solar o por descargas eléctricas se encuentra con su talón de Aquiles —el producto absorbe luz ultravioleta mucho más eficazmente que los reactivos que son su base, más simples, y se descompone con mayor velocidad de la que se forma. Incluso el pequeño porcentaje que pudiera llegar al océano tendría una vida media muy corta a causa de la acción de la luz ultravioleta (35). Estos polímeros también estarían sometidos a la acción hidrolítica del agua, que sería muy significativa, considerando que se precisaría de un tiempo muy prolongado para acumular una cantidad significativa de polímeros en el océano primitivo.

Otra propuesta que se ha presentado para explicar la formación de proteínas en la tierra primitiva ha sido la de Fox y colaboradores (44-60). Fox resalta, como ya hemos mencionado, que la polimerización de aminoácidos en una solución acuosa está contraindicada por la termodinámica (51). La hipótesis de Fox es que los aminoácidos se polimerizaron para formar polímeros parecidos a las proteínas («proteínoides») debido a la acción del calor sobre una mezcla seca, o casi seca, de aminoácidos. Fox ha demostrado que si se calienta una mezcla seca de aminoácidos conteniendo una proporción elevada de ácido glutámico, de ácido aspártico o de lisina a unos 175°C durante varias horas (el punto de ebullición del agua es 100°C), una fracción del material (de hasta alrededor del 13%) se convierte en un polímero soluble en agua que contiene varias proporciones de cada aminoácido (44). Cuando este material polimérico se disuelve en agua caliente y se deja enfriar la solución, los polímeros precipitan en forma de glóbulos esféricos, o microesferas, que poseen un parecido superficial a las bacterias cocoides (47, 48).

Estos resultados alentaron mucho a Fox, y ha ido tan lejos como para decir que ¡ya había prácticamente resuelto el problema de cómo pudo surgir la célula primitiva a partir de moléculas simples (52 53)! Pero hay una cantidad de factores que convierten en totalmente irrelevantes los resultados de Fox para el problema del origen de la vida. Consideraremos primero la total inverosimilitud de las condiciones exigidas para el éxito de su experimento. Hay varias condiciones esenciales: (a) una temperatura muy por encima del punto de ebullición del agua; (b) una mezcla pura y seca de aminoácidos; (c) una proporción alta de ácido glutámico y aspártico, o de lisina; (d) una exposición limitada de la mezcla de reacción a la fuente de energía, en este caso el calor.

Cuando se le pregunta al profesor Fox sobre el lugar de la tierra primitiva que proporcionaría las condiciones de sequedad y de una temperatura por encima de 175°C o así, él sugiere que estas condiciones se hubieran dado ¡en los bordes de los volcanes! Así,

Fox propone que los aminoácidos se formaron en la atmósfera primitiva, se depositaron en la tierra, incluyendo las cercanías de los volcanes, y allí se polimerizaron formando proteínoides con la acción del calor.

Sagan (54) y Vallentyne (55), entre otros, han expresado su convicción de que la propuesta de Fox es inverosímil desde una perspectiva geofísica. Ante todo, sería completamente imposible esperar encontrar en ningún sitio de la tierra primitiva una mezcla de compuestos orgánicos en ausencia de una cantidad significativa de agua. Aún en las cercanías de los volcanes esto sería imposible, porque la atmósfera, que estaría en contacto con toda la superficie de la tierra, contendría grandes cantidades de agua. Si se incluye una cantidad significativa de agua en la mezcla de aminoácidos en el experimento de Fox, lo que se obtiene es una mezcolanza carbonizada sin que se llegue a formar ninguna cantidad significativa de polímero.

Además, si se continúa el calentamiento de la mezcla más allá de unas pocas horas, los polímeros se rompen y quedan destruidos. Fox propone que la gran cantidad de proteínas necesarias para saturar los océanos lo suficiente como para dar origen a las microesferas era rescatada de la destrucción ¡gracias a la acción intermitente de la lluvia! Así, se debiera tenido que repetir la siguiente secuencia un número inimaginable de veces para que se hubieran formado estas ingentes cantidades de proteínas: los aminoácidos se forman en la atmósfera, se depositan en los bordes de los volcanes formando una acumulación limpia, pura y seca, de aminoácidos. Esta acumulación de aminoácidos no permanece allí más que unas pocas horas mientras se realiza la polimerización. Entonces cae un aguacero que arrastra los polímeros al océano antes de que pueda haber destrucción debida al calor. ¡No es de extrañar que esta clase de montaje sea criticado como inverosímil!

Lo cierto es que en esta tierra primitiva hubiera estado presente, además del agua, una vasta complejidad de compuestos orgánicos reactivos, incluyendo los aminoácidos. Estos otros compuestos orgánicos (y sin duda muchas sustancias inorgánicas) hubieran estado presentes para mezclarse con los aminoácidos. Así, la polimerización de los aminoácidos no hubiera tenido lugar con una mezcla pura de aminoácidos, como en el experimento de Fox, sino que hubiese tenido lugar en la presencia de una gran cantidad de otros compuestos orgánicos. La pregunta continúa sin respuesta: ¿se podrían haber formado polímeros proteínoides si estos aminoácidos hubieran sido mezclados con muchos otros compuestos químicos? La respuesta, con una certidumbre casi total, es que dichos polímeros no se hubieran podido formar bajo tales circunstancias.

También hemos observado que deben estar presentes en la mezcla unas elevadas proporciones de ácido glutámico y aspártico, o de lisina, para obtener una cantidad

significativa de polímero. Aun así, en ningún experimento de los que se han realizado para obtener aminoácidos a partir de una mezcla de gases por medio de calor (56), descargas eléctricas (57), o por irradiación ultravioleta (58), se ha podido detectar presencia alguna de lisina, y en cuanto a los ácidos glutámico o aspártico, o bien no se han detectado (58), o las proporciones detectadas han sido pequeñas comparadas con las de glicina y alanina (56, 57), siendo, en la mayor parte de estos segundos experimentos, del 5–10% de las cantidades obtenidas de glicina y alanina. De esta manera, parece excluida la posibilidad de acumulación de una mezcla de aminoácidos en la tierra primitiva con altas concentraciones de estos aminoácidos.

Hemos presentado diversas razones por las que creemos que hubiera sido imposible la formación de polímeros proteínicos, tal como la imagina Fox, bajo las condiciones que hubieran existido en la tierra primitiva. Ahora consideraremos con brevedad la naturaleza de los productos que Fox obtuvo en sus experimentos. No hay duda de que estos productos eran polímeros conteniendo algo de cada aminoácido incluido en la mezcla de reacción. Como sería de esperar, las cantidades de ácido aspártico y de ácido glutámico incorporados en los polímeros excedieron en mucho a las de los demás aminoácidos, ya que la cantidad de aquéllos en la mezcla de reacción era superior a la de éstos. La relación generalmente utilizada era de dos partes de ácido glutámico, dos partes de ácido aspártico, y una parte de todos los demás aminoácidos (44). Fox ha observado que la composición de estos proteínicos incluía algunos de cada de los aminoácidos, y ha resaltado las semejanzas que estos proteínicos tienen con las verdaderas proteínas. Pero hay una diferencia crítica entre la composición de estos proteínicos y la composición de las proteínas que se encuentran actualmente en los seres vivos. Además de las elevadas proporciones de los ácidos glutámico y aspártico que se encuentran en estos polímeros, la serina y la treonina apenas si aparecieron más que como trazas (44). Parece que estos aminoácidos sufren una destrucción masiva bajo las condiciones precisas para polimerizar los aminoácidos. En cambio, en las actuales proteínas, la serina y la treonina son unos aminoácidos muy abundantes, constituyendo generalmente entre el diez y el veinte por ciento de los aminoácidos presentes, y siendo en muchos casos casi iguales a la cantidad de los residuos totales de los ácidos aspártico y glutámico (59). En los proteínicos de Fox, las cantidades combinadas de ácidos aspártico y glutámico superan a las de serina y treonina en varios cientos de veces. Evidentemente, aquí tenemos otra importante discrepancia entre el modelo de Fox para el origen de las proteínas y lo que tendría verdadera relevancia para el origen de la vida.

Nuestra consideración de los experimentos diseñados para exhibir la manera en que se pudieran haber formado los ácidos nucleicos en la tierra primitiva será breve, sencillamente porque todos los experimentos que pudieran haber tenido la más remota semejanza con las condiciones que se postulan para la tierra primitiva han fracasado de manera uniforme. Nadie ha podido producir ni siquiera los precursores simples, esto es, los nucleósidos (combinaciones de una base con un azúcar) bajo condiciones verosímiles. Así, Lemmon ha dicho: «Los nucleósidos constituyen una dificultad fundamental en la síntesis de intermedios biológicamente importantes bajo condiciones de tierra primitiva» (30).

La ausencia de una cantidad suficiente de fosfato hubiera constituido una barrera infranqueable para la síntesis de una cantidad significativa de ácidos nucleicos en la tierra primitiva. Desde luego, no hubiera podido existir ninguna cantidad significativa de fosfato en la forma activada necesaria para vencer la barrera energética contra la formación de enlaces internucleótidos. En un medio acuoso todo el fosfato estaría presente simplemente como fosfato.

El éster de polimetafosfato, utilizado por Schramm y sus colaboradores (41) para inducir una polimerización limitada de nucleósidos bajo condiciones anhídras no tiene ninguna relevancia, como ya hemos mencionado, a causa de que es rápidamente hidrolizado por el agua. Waehnelde y Fox (60) y Schwartz, *et al* (61) han polimerizado nucleósidos utilizando condiciones anhídras y ácido polifosfórico. Aquí, una vez más, las condiciones no son relevantes para el origen de la vida. Debido a que el ácido polifosfórico se hidroliza rápidamente a ácido fosfórico, no se hubiera encontrado en la tierra primitiva. En las reacciones en las que se utiliza el ácido polifosfórico era necesario excluir cuidadosamente la humedad.

La concentración de fosfato en el océano primitivo hubiera sido muy baja, debido a que los fosfatos alcalinos terrestres son muy poco solubles (18-30). Además, ya hemos citado a Abelson (18) respecto a que no hubieran estado presentes cantidades significativas de los azúcares necesarios para la síntesis de los ácidos nucleicos en el océano primitivo, puesto que los azúcares hubieran quedado destruidos por las interacciones con aminoácidos y otros compuestos aminos.

Así, parece obvio que no se hubieran podido formar ácidos nucleicos en cantidades significativas bajo condiciones de tierra primitiva. No se puede explicar la presencia de precursores sencillos, como las purinas, las pirimidinas, los azúcares ni los fosfatos, en el océano primitivo, ni se puede demostrar la formación de nucleósidos bajo estas condiciones. Desde luego, nadie ha podido exponer cómo se hubieran podido polimerizar

los nucleósidos o los nucleótidos para formar ácidos nucleicos bajo condiciones que tuvieran ninguna relevancia para el origen de la vida.

Segundo problema — El origen de estructuras ordenadas poseedoras de actividad biológica

Como ya hemos mencionado con anterioridad en esta sección, las proteínas y los ácidos nucleicos son estructuras sumamente ordenadas. El hecho de que cada uno de estos compuestos químicos extremadamente complejos sea capaz de ejercer su función de una manera sumamente eficiente se debe a que cada uno de ellos está dotado de una estructura maravillosamente específica, singularmente capaz de desempeñar esta particular función. Consideremos, por ejemplo, el enzima catalasa, que cataliza la descomposición de la sustancia tóxica peróxido de hidrógeno en agua y oxígeno. Su compleja estructura incluye hierro, hemo y proteína. Una solución con alguna sal de hierro tiene una cierta capacidad de descomponer peróxido de hidrógeno. Una combinación de hierro y hemo es un catalizador unas mil veces más eficiente que el hierro en solitario. Pero la combinación de hierro, hemo y la proteína específica que se halla en la catalasa es ¡varios miles de millones de veces más eficiente que el hierro! Esta tremenda eficacia se debe a la secuencia particular o disposición de los aminoácidos en la proteína.

Según las hipótesis del origen de la vida que estamos considerando, las estructuras de las proteínas y de los ácidos nucleicos que se hubieran formado en la tierra primitiva hubieran quedado determinadas solamente por las leyes físicas y químicas. En base de consideraciones termodinámicas, está claro que se hubieran formado todas y cada una de las estructuras posibles en alguna proporción. Pero la cantidad de estructuras posibles es tan astronómicamente grande, que la cantidad de cualquier proteína particular o de ácido nucleico con una estructura específica hubiera sido insignificamente pequeña.

En la siguiente página aparece una tabla donde damos la cantidad de formas distintas en que se pueden disponer los aminoácidos en polímeros cuando los polímeros están constituidos por un número determinado de aminoácidos diferentes.

De modo que un polipéptido que contenga solo 17 aminoácidos ¡se puede ordenar de 3×10^{14} maneras diferentes! La secuencia aminoácida de una proteína que contenga solo 12 diferentes clases de aminoácidos, con un peso molecular de 34.000 (aproximadamente unos 340 aminoácidos, una proteína relativamente simple), ¡se podría disponer de 10^{300} formas diferentes! En otras palabras, en la tierra primitiva hubieran podido surgir 10^{300} moléculas diferentes de proteínas de peso molecular 34.000 compuestas de los mismos 12

aminoácidos. Si tuviésemos solo una de cada de estas moléculas, el peso total sería de alrededor de 10^{280} gramos, ¡pero el peso total de la tierra es de solo 10^{27} gramos! Si todo el universo fuese una masa sólida de proteína de esta clase, ¡sería sin embargo imposible hacer caber en el mismo cada una de estas moléculas!

Número de aminoácidos	Número de isómeros
2	2
3	6
4	24
5	120
6	720
7	5.040
8	40.320
9	362.880
10	3.628.800
17	355.687.428.096.000

El ARN del virus mosaico del tabaco está compuesto de unos 6.000 nucleótidos. La probabilidad de que esta molécula apareciese por combinación al azar de los cuatro nucleótidos es de $1/4^{6000} = 10^{-2000}$. Ya que se estima que el cosmos entero tiene un peso de 10^{80} protones, sería prácticamente imposible obtener ni una molécula así de ácido ribonucleico en mil millones de años, mediante un proceso al azar, ¡incluso si todo el mundo estuviera compuesto de una mezcla de nucleótidos en reacción! (62). Un ácido nucleico que contuviera 10.000 nucleótidos tendría ¡ 10^{800} isómeros!

Es evidente por las consideraciones expuestas que la cantidad de proteínas y de ácidos nucleicos que podría existir está más allá de la comprensión humana. Los procesos de polimerización que operen sobre una base puramente química, esto es, aquellos que hubieran estado en operación en la hipotética tierra primitiva, sólo pueden dar origen a estructuras aleatorias. En una mezcla de aminoácidos en polimerización, A, B, C, D, E, —, las cantidades relativas de las combinaciones A–B, A–C, A–D, A–E, etc., que se formarán dependerán tan sólo de la cantidad relativa de cada aminoácido presente, de la energía de activación y de la energía de enlace de cada combinación. Aunque las energías de enlace varían, lo cierto es que la diferencia no es relativamente grande, y se pueden formar todas las combinaciones. Al considerar la combinación de la ley de acción de masas y la

termodinámica, se hace evidente que la mezcla resultante será inimaginablemente compleja.

Tanto Fox (53) como Steinman y Cole (63) han afirmado que sus métodos de polimerización han dado origen a unos polímeros de aminoácidos que no eran completamente aleatorios. De hecho, Fox afirma que los proteínoides que resultan del calentamiento de mezclas de aminoácidos son en realidad muy homogéneos (esto es, la mezcla se compone de un número relativamente pequeño de diferentes clases de estructuras). Yo digo que esta afirmación es evidentemente absurda.* Un resultado como este violaría tanto las leyes de la termodinámica como los principios de la cinética química.

Así, Mora ha expuesto, en sus estudios de polimerización con azúcares, que el número, el tipo, y las reactividades relativas de los grupos funcionales *predicen totalmente* la frecuencia de los diferentes enlaces (64). No pudo descubrir ninguna evidencia de desviación de la aleatoriedad. Él afirma que las consideraciones probabilísticas en las policondensaciones llevan a la *necesidad de estructuras aleatorias*, y que *es sencillamente imposible obtener más orden que el que se introduce* durante una reacción de polimerización.

Schramm, en sus estudios de polimerización con nucleótidos utilizando ésteres de polimetáfosfato, halló que los nucleótidos estaban distribuidos al azar en los polímeros, no poseyendo ninguna secuencia definida (62).

Si se tuvieran que aceptar las afirmaciones de Fox de que las proteínas se originaron según su esquema y que dicho proceso, como él pretende, dio origen a una mezcla relativamente homogénea de estructuras proteínicas, entonces debería haber evidencias de repetición en secuencias cuando se comparasen las estructuras de todas las proteínas diferentes que existen en la naturaleza. Pattee ha efectuado comparaciones a fin de comprobar esta posibilidad. Sus resultados indican que las secuencias conocidas de aminoácidos en las proteínas muestran un orden estadístico en secuencias *di-* y *tripeptídicas* y en cadenas de Markov de orden C de ciertos tipos que es indistinguible de secuencias aleatorias obtenidas de una similar población no uniforme de aminoácidos (65).

* De hecho, Miller y Orgel lo han acusado de engaño: «El grado de no aleatoriedad en los polipéptidos termales, hasta donde se ha podido demostrar, es insignificante en comparación con el grado de no aleatoriedad en las proteínas. Así, pues, es engañoso sugerir que los polipéptidos termales son similares a las proteínas en su grado de no aleatoriedad». Miller, S. L., y L. E. Orgel, 1973. *The Origins of Life on the Earth*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey. Pie de página en p. 144. Citado en *Creation Research Society Quarterly*, Vol. 13, Dic. 1976, p. 163. (Nota del Traductor.)

Estos hallazgos son completamente contradictorios a los predichos a partir de las afirmaciones de Fox.

Así, a partir de predicciones basadas en consideraciones termodinámicas, los resultados conocidos de los estudios de polimerización y las investigaciones de secuencias halladas en proteínas existentes en la naturaleza, se puede decir que no hubiera podido existir ningún proceso ordenador basado meramente en leyes químicas y físicas en la tierra primitiva. Así, el proceso de polimerización que hubiera dado origen a las proteínas y a los ácidos nucleicos hubiera resultado en un número astronómico de diferentes clases de moléculas. No hubiera podido surgir ninguna clase de molécula en ninguna cantidad significativa. Si, por un azar (y hubiera sido un azar sumamente improbable) se hubiera formado una proteína con una secuencia específica de aminoácidos, por ejemplo, el enzima catalasa, ¡hubiera podido andar errante por el océano primitivo por miles de millones de años sin encontrarse con una molécula similar! Y, naturalmente, la acción destructora de la luz ultravioleta, del calor, de la hidrólisis, y otras fuerzas, hubieran destruido esta estructura específica en un plazo relativamente breve. Pero imaginemos la vasta cantidad de una molécula determinada que hubiera sido necesaria para dar origen a una concentración significativa en los océanos primitivos. Hubieran tenido que surgir cientos de diferentes clases de macromoléculas complejas en enormes cantidades a fin de dar origen al primer ser viviente. Si las leyes físicas y químicas conocidas son válidas, esta posibilidad debe ser considerada cero. La probabilidad del origen de la vida a través de un proceso puramente materialista queda por tanto reducida a cero.

CUARTA ETAPA: EL ORIGEN DE SISTEMAS METABÓLICAMENTE ACTIVOS

«Existe una gran distancia entre la formación preliminar esencial de las proteínas, de los ácidos nucleicos y de otras moléculas orgánicas de gran tamaño, y la organización de las mismas en un sistema vivo en el más pleno sentido de la palabra. Este es el paso, o mejor dicho, la gran serie de pasos, de los que menos conocemos, ya sea por inferencia o por extrapolación» (3). Creo yo que ya hemos dejado establecido en la parte precedente de esta obra que el origen de las proteínas, ácidos nucleicos y otras macromoléculas distaba infinitamente de ser algo predeterminado o inevitable bajo ninguna de las condiciones que se pudieran postular de manera razonable para la tierra primitiva. Sin embargo, el problema de cómo hubieran podido estas hipotéticas macromoléculas haberse asociado en sistemas que poseyesen la más rudimentaria capacidad para funcionar como sistemas metabólicamente activos capaces de asegurarse su propio mantenimiento, reproducción y diversificación, es tremendamente mucho más complejo. Simpson, en el artículo que acabamos de citar, indica que, a fin de poder pasar de la etapa de macromoléculas sueltas a la de verdaderos organismos, se debe apelar ya a ciertos mecanismos que operan en los sistemas vivos. Entre ellos, Simpson menciona la mutación, recombinación, selección y ciertos mecanismos de realimentación y codificación. Después de esto sigue diciendo (pág. 772) que «Es necesario adoptar una actitud de esperanza, si no de fe, para suponer que la adquisición de la adaptabilidad orgánica fue determinista o inevitable hasta el mismo grado o siquiera en el mismo sentido en que lo fue probablemente en el previo origen, químicamente más simple, de las macromoléculas». Simpson se apresura a asegurarnos de que no se está refiriendo a ningún «elemento vitalista misterioso» cuando menciona la fe, sino que todo debe actuar sin violación de los principios físicos y químicos. Pero Simpson y otros evolucionistas solo tienen fe para poderse saltar la discontinuidad entre las macromoléculas y los seres vivos, a causa de que no pueden explicar el origen de estos sistemas sobre una base racional.

Green y Goldberger han dejado dicho que «... la transición de la macromolécula a la célula es un salto de dimensiones fantásticas, que está más allá del margen de las hipótesis susceptibles de prueba. En esta área todo son conjeturas. Los hechos disponibles no nos proporcionan una base para postular que las células se originasen en este planeta» (66). Kerkut, en su libro en el que expone las falacias y debilidades en la evidencia que se emplea generalmente para apoyar la evolución (aunque él mismo no es un creacionista)

dijo, «Por tanto, es un asunto de fe para el biólogo que tuviera lugar la biogénesis, y puede escoger cualquier método de biogénesis que le sea más preferible; la evidencia de lo que sucedió no está disponible» (67).

Sin embargo, todavía los hay que persisten en sus intentos de proporcionar una explicación racional para cubrir el inmenso abismo entre una mezcla de macromoléculas sueltas y un sistema vivo. La extensión de este abismo se hace enorme cuando observamos los dos extremos —un océano con una mezcla desordenada de macromoléculas (proteínas, ácidos nucleicos, carbohidratos) y de otras moléculas esenciales para la vida, en contraste con un sistema aislado, enormemente complejo, intrincadamente integrado, enormemente eficiente, autosustentante y autorreproductor, representado por el ser vivo más simple.

Admitiendo de entrada que hubiera existido, en cierto tiempo, un océano lleno de estas maravillosas macromoléculas que estaban dotadas al menos de alguna medida de actividad «biológica», es preciso explicar, en primer lugar, como se disociaron estas moléculas de este medio diluido y pasaron a integrarse en algún burdo sistema, pero funcional y estable. Nos limitaremos solo a dos hipótesis, la de Oparín (4) y la de Fox (48, 52, 53).

La teoría de Oparín — los coacervados

Oparín ha propuesto que los coacervados pueden haber sido los intermedios entre las moléculas sueltas y los sistemas vivos (se puede hallar una reseña de las propuestas de Oparín en la referencia 31, p. 245). Los coacervados son partículas coloidales que se forman cuando las macromoléculas se asocian unas con otras y precipitan de la solución en forma de pequeñas gotitas. Los coacervados complejos son aquellos que se forman entre dos diferentes tipos de macromoléculas. Por ejemplo, un coacervado así sería el formado entre una histona, que es una proteína básica, y un ácido nucleico, que es ácido. Otro ejemplo es el coacervado formado con un complejo de gelatina (básico, y por tanto cargado positivamente) y la goma arábica, con carga negativa.

Oparín, y otros, han afirmado que los coacervados complejos poseen propiedades que les pueden haber capacitado para formar protocélulas. Demostraron que ciertos coacervados absorbían enzimas del medio en el que estaban inmersos y que estas enzimas podían actuar dentro del coacervado (68, 69). Pero se debería entender, no obstante, que la asociación de moléculas para formar coacervados, y la absorción de moléculas del medio, se debe a simples fenómenos químicos y físicos y, por tanto, no es selectivo, autoorganizante ni estable. Las histonas básicas y los ácidos nucleicos forman coacervados simplemente porque la una es básica y los otros son ácidos, y por tanto tienen cargas

contrarias. Hay tan sólo una atracción electrostática entre ambos. Naturalmente, las histonas básicas atraerían a *cualquier* partícula ácida o con carga negativa, y los ácidos nucleicos atraerían a *cualquier* partícula básica o con carga positiva. Esta atracción no sería selectiva, y si prevaleciese una mezcla caótica en el medio, los coacervados serían una mezcla caótica.

La actividad enzimática sólo es útil cuando está coordinada con otras actividades enzimáticas. Ya hemos dado razones de por qué hubiera sido imposible que ninguna macromolécula determinada, como por ejemplo una proteína enzimática, se formara en una cantidad significativa. Pero pongamos que sucediese el que unas pocas moléculas de enzimas fueran absorbidas por un coacervado. La acción de este enzima no hubiera tenido ningún significado ni utilidad a no ser que otro enzima le hubiera proporcionado el sustrato, y a no ser que hubiera otro enzima que pudiera utilizar su producto. En otras palabras, hubiera sido perfectamente inútil para un coacervado proceder a la conversión de glucosa-1-fosfato a glucosa-6-fosfato, a no ser que tuviera una fuente de glucosa-1-fosfato y a no ser que pudiera utilizar la glucosa-6-fosfato una vez que se hubiera producido. Una fábrica que no tenga suministro de materias primas, o que no tenga mercado para su producto, tendrá que cerrar pronto. Los sistemas vivos son extremadamente complejos, con cientos de vías metabólicas perfectamente coordinadas y controladas. Los sustratos van pasando a lo largo de estas vías mientras cada enzima efectúa su función química sumamente especializada, y hay una coordinación tan elevada en el espacio y en el tiempo que cada enzima está provisto de una cantidad controlada de sustrato, y el enzima sucesivo está allí para recibir a continuación el sustrato y a su vez ejercer su función. Cada función química efectuada es útil y con propósito al estar coordinada de una manera maravillosa con todas las demás actividades de la célula.

Sin esta coordinación, la actividad enzimática no solo sería inútil, sino que sería destructiva. Así, las polimerasas (enzimas que catalizan la polimerización de moléculas más sencillas a fin de formar macromoléculas, como las proteínas) también son depolimerasas. Estos enzimas actúan como catalizadores, y hacen que se llegue al punto de equilibrio de la reacción muchísimo más rápidamente de lo que es posible sin catalizador, pero estos enzimas no pueden desplazar el punto de equilibrio para favorecer un lado de la reacción sobre el otro. Por ejemplo, si hay un enzima que es capaz de catalizar la formación de enlaces químicos para formar proteínas, este mismo enzima cataliza la rotura de los enlaces en las proteínas para formar los productos originales. Si se pusiera un enzima así en una mezcla de aminoácidos, catalizaría la formación de polipéptidos favoreciendo la rápida combinación de los aminoácidos. Pero tan pronto como se hubiesen

formado algunos polipéptidos, el mismo enzima catalizaría la rotura de estos polipéptidos (o fragmentos de proteínas) a aminoácidos. Pronto se llegaría a un equilibrio en el que se igualaría la cantidad de polipéptido en formación con la cantidad de polipéptido en descomposición. Si un coacervado formado entre una proteína y un ácido nucleico absorbiera una tal enzima, ésta empezaría a «comerse» a dicha proteína y a cualquier otra que estuviera presente. Su presencia sería destructiva y sumamente indeseable.

En un coacervado, o en cualquier otra mezcla o combinación química, las sustancias catalíticas, si hubiera algunas de ellas presentes, se comportarían de forma química. Cuando las sustancias se comportan de una manera química, se mueven en una sola dirección, hacia el equilibrio. Todo sistema que llega al equilibrio está muerto. Un organismo vivo no es un sistema en equilibrio, sino que es un sistema en estado estacionario. Esto es, la entrada de materias primas, la utilización de estas materias y la salida de los productos finales (es decir, de los productos de desecho) están tan coordinadas y controladas que la cantidad de productos intermedios, y la estructura de la célula misma, permanecen en estado estacionario.

El punto de equilibrio en cualquier reacción química es el punto de menor nivel energético. En una reacción que involucra el encadenamiento de moléculas más simples para formar otras más complejas, el punto de equilibrio siempre está muy desplazado hacia el lado que incluye a las moléculas más sencillas:



Un enzima no puede invertir este punto de equilibrio; solo puede acortar el tiempo en que se logra. Sin embargo, en un organismo vivo, en estado estacionario, no se consigue llegar al equilibrio debido a que C se extrae continuamente, y hay una entrada continua de energía para alimentar la reacción, lo que permite así que se forme lo complejo a partir de lo simple. Pero este no sería el caso de un coacervado complejo, ni de ningún otro tipo de materia sin vida. Los compuestos químicos que contuviesen se comportarían de manera química, no biológica, y todo tendería a pasar de complejo a simple.

Otra grave objeción a la idea de Oparín de los coacervados es la inestabilidad inherente de estas estructuras. Su formación tiene lugar solamente bajo condiciones especiales, y se disuelven rápidamente con una dilución, viraje en el pH, calentamiento, presión, etc. Fox (70), Young (71) y Kenyon y Steinman (72) han citado esta inestabilidad. La inestabilidad es una objeción muy fundamental a cualquier tipo de sistema que se pueda proponer para cubrir el abismo abierto entre las moléculas y las células vivas. Todos estos modelos propuestos, ya sea los coacervados de Oparín, las microesferas de Fox, o cualquier otro,

sufren esta debilidad básica y fatal. Una de las razones por las cuales las células vivas son estables y pueden persistir es que poseen membranas que protegen el sistema dentro de ellas y lo mantienen unido. La membrana de una célula es muy compleja en estructura y maravillosa en sus funciones. Un coacervado o una microesfera proteínica pueden presentar una pseudomembrana, o una concentración de material orientado en el punto de contacto con el medio, que puede dar la apariencia de poseer una membrana. Pero no hay enlaces químicos que ligan a las macromoléculas de esta pseudomembrana, y se rompe fácilmente, con lo que el contenido del coacervado se disgrega luego en el medio.

Debido a que estos coacervados presentan esta inestabilidad inherente, ningún coacervado pudo existir durante un espacio de tiempo que tuviera ninguna significación para el origen de la vida. Aún si pudiésemos imaginarnos una «sopa» con la suficiente concentración de macromoléculas a fin de que pudieran formarse coacervados, su existencia hubiera sido breve. Cualquier organización que se hubiera podido establecer en estos coacervados por cualquier proceso imaginable se hubiera perdido de forma irremediable al disgregarse el contenido del coacervado en el medio.

La teoría de Fox de las microesferas proteínicas

Fox ha propuesto que sus microesferas de proteínicas (48, 52, 53) poseen propiedades que las acreditarían como candidatas para salvar el abismo entre las macromoléculas y los sistemas vivos. De hecho, Fox, ha declarado que sus microesferas constituyen protocélulas y que son, en cierto sentido, una forma primitiva de vida. Esta es una afirmación absurda hasta el extremo.

Estas microesferas están formadas por una pirocondensación de aminoácidos, la extracción con agua caliente de los polímeros formados y el enfriamiento de la solución. Los precipitados globulares formados reciben el nombre de microesferas proteínicas, de las cuales ¡afirma Fox que están prácticamente vivas! Pero su contenido sólo puede ser una secuencia de aminoácidos polimerizados al azar. No puede haber contenido de información ni sistemas de transferencia de información, ni elementos organizados, ni enzimas, ni coenzimas, ni sistemas de generación de energía, ni sistemas de utilización de energía, desde luego nada de ácidos nucleicos, ni sistema reproductor; de hecho, lo único que pueden contener es una mezcla de polímeros de aminoácidos sin orden ni concierto.

Fox y otros han afirmado que los polímeros termales de los aminoácidos poseen ciertas propiedades catalíticas, y que por tanto poseen algunas propiedades parecidas a las de las enzimas (73–76). Pero lo que realmente está demostrado es que algunas propiedades

catalíticas de algunos aminoácidos, como la histidina, quedan realizadas cuando estos aminoácidos forman parte de polímeros cualesquiera. El hecho de que las propiedades catalíticas, en estos casos, no tienen nada que ver con una estructura específica o secuencia queda indicado en el trabajo de Rohlffing con los polímeros termales que catalizan la descarboxilación del ácido oxalacético (73). El polímero más eficiente no fue el formado por una mezcla de diferentes aminoácidos, sino el formado exclusivamente por residuos de lisina. Es evidente que la propiedad catalítica de estos polímeros residía solamente en los residuos de lisina presente, y que no hay ninguna relación con la estructura primaria (secuencia específica de aminoácidos), o con la estructura secundaria o terciaria, como es en el caso de las enzimas.

Rohlffing y Fox han citado que los polímeros termales de aminoácidos que contienen histidina catalizan la hidrólisis del p-nitrofenilacetato de manera más eficiente que la histidina sola, como indicación de que polímeros formados de manera similar pudieran haber constituido los primeros enzimas sobre la tierra primitiva (74). En este caso, la capacidad catalítica de este material (que era muy débil en comparación con la de los enzimas) se debía únicamente a que los residuos de histidina estaban distribuidos aleatoriamente por el polímero. Overberger y sus colegas (77) han demostrado que los polímeros de 4(5)-vinilimidazol y del alcohol vinílico, y de 4(5)-vinilimidazol y p-vinilfenol son mejores catalizadores para la hidrólisis del p-nitrofenilacetato que el imidazol (el imidazol forma parte de la molécula de histidina). Este trabajo demuestra que los residuos de imidazol en cualquier clase de polímero son un mejor catalizador que el imidazol (o la histidina) a solas. Estos resultados apoyan nuestra postura de que la actividad esterasa de los polímeros termales que contienen histidina no se debe a ninguna estructura especial, sino tan sólo al hecho de que contenían residuos de histidina incorporados al azar por el polímero.

Fox ha afirmado un cierto grado de estabilidad para sus microesferas proteínoides, apuntando al hecho de que se pueden centrifugar y seccionar (47). Pero en el mismo artículo (p. 336), Fox menciona que las microesferas contenidas entre los portaobjetos y cubreobjetos de un microscopio se pueden volver a disolver fácilmente ¡simplemente calentando los cristales! ¡Esto es estabilidad! Una estructura que puede quedar disuelta por un mero calentamiento tiene muy poca estabilidad. Además, Smith y Bellware (78) han descrito un experimento en el que las microesferas proteínoides fueron alternativamente depositadas por secado y se volvieron a disolver por rehidratación. En realidad, este experimento demuestra la facilidad con que las microesferas se pueden volver a disolver por dilución. Si se hubieran podido formar microesferas sobre la tierra primitiva por algún

mecanismo de concentración, se hubieran vuelto a disolver de inmediato tan pronto como hubieran entrado en contacto con un medio más diluido. Naturalmente, esto hubiera ocurrido tan pronto como lloviera.

Fox atribuye una gran importancia al hecho de que bajo ciertas condiciones sus microesferas presentan una doble «membrana», simulan una división observada en los cocos tabicados (47), y exhiben otras semejanzas superficiales con procesos vitales, como el proceso de «brotadura» (71), y como una microesfera «blastuloide» (71). El énfasis en estas características de las microesferas nos recuerda el trabajo publicado hace medio siglo por Bütschli (79), Leduc (80), y Herrera (81). Estos investigadores, utilizando mezclas de productos químicos, la mayor parte inorgánicos, produjeron estructuras que parecían amebas (79), algas (80) y bacterias, algunas de las cuales parecían poseer dobles membranas (81); Las características de las microesferas de Fox que presentan una semejanza superficial con ciertas características de los organismos vivos, como la división celular, dobles membranas, y brotaduras, no tienen una relación mayor con los verdaderos procesos en las células vivientes que la que presentaban las estructuras producidas por Bütschli, Leduc y Herrera. Parece ridículo intentar utilizar tales semejanzas para establecer una relación entre las microesferas proteinoideas y las células vivas o las protocélulas que supuestamente las precedieron.

Las teorías que intentan dar cuenta del orden de los sistemas metabólicos estables a partir de macromoléculas sueltas adolecen por tanto de diversos defectos que resultan fatales. El primero es la necesidad de que se hubieran formado las macromoléculas necesarias en cantidades lo suficientemente enormes para saturar los mares primitivos hasta el punto que se hubieran precipitado los coacervados o las microesferas proteinoideas de la solución. El segundo, que dichos productos globulares poseen una inestabilidad inherente, y que se desintegrarían o disolverían fácilmente, y dispersarían su contenido en el medio. Sin embargo, se hubiera necesitado el transcurso de eras geológicas para dar tiempo a que un sistema «suelto» evolucionara para formar una célula viviente. Tercero, incluso si se imaginase que algún coacervado de alguna clase hubiera podido acrecer o poseer inherentemente alguna propiedad catalítica, esta propiedad catalítica hubiera carecido de propósito, y por lo tanto hubiera sido inútil, y en realidad destructiva. Como Simpson dijo, se precisa de una actitud de fe para creer que el origen de sistemas metabólicamente activos, estables y complejos fuese de carácter determinista o inevitable. De hecho, se requiere una gran fe en un proceso naturalista evolutivo para creer que hubiera podido suceder en absoluto de esta manera.

QUINTA ETAPA: EL ORIGEN DE LA PRIMERA UNIDAD COMPLETAMENTE INDEPENDIENTE, ESTABLE Y AUTORREPRODUCTORA — LA PRIMERA CÉLULA VIVA

Es difícil diferenciar la cuestión que se plantea en esta sección de la que se ha tratado en la anterior. Un sistema estable, complejo, metabólicamente activo, poseería muchas de las propiedades que presenta la célula viviente. Pero habría una diferencia crítica. Oparín, al discutir la relación de los sistemas abiertos con el origen de la vida, dijo: «Así, el sistema abiogénético más sencillo que pudo haber servido como punto de partida para el proceso evolutivo que llevó a la aparición de la vida ya debió haber poseído las características organizativas típicas de los sistemas abiertos, en los que las reacciones separadas forman un programa de transformaciones químicas coordinadas en el tiempo» (82). Más tarde dice: «No obstante, los seres vivos difieren fundamentalmente de tales sistemas abiertos en la regulación ordenada de su metabolismo y en el “pleno propósito” de su estructura interna. No sólo existen los muchos cientos de miles de reacciones químicas que tienen lugar en el protoplasma, y que juntas constituyen su metabolismo, estrictamente coordinadas una con otra en el tiempo, compuestas armoniosamente en una sola serie de procesos que constantemente se repiten, sino que toda la serie está dirigida hacia una sola meta, hacia la ininterrumpida preservación y reproducción propias del sistema vivo como un todo en conformidad con las condiciones del medio en el que se halle» (83).

Vemos por esta descripción de un ser vivo que el intento de explicar su origen por medio de un proceso mecanicista evolutivo es sumamente más difícil que el intento de explicar el origen de los sistemas más simples que hubieran debido precederlo, con la gran dificultad que ellos ya presentan. Desde luego, todo son puras conjeturas. Uno tiene que imaginar que los sistemas más simples, considerados en la sección precedente, se fueron transformando de alguna manera en más y más complejos, adquiriendo moléculas catalíticas adicionales, y que estas moléculas catalíticas quedaron compartimentalizadas de tal forma que se originaron vías metabólicas. Se propone que este proceso continuó hasta que se originó la primera célula viva, un sistema tan complejo que es cosa cierta que ninguna persona en solitario jamás conocerá todo lo que se puede conocer del mismo.

¿Cuál hubiera podido ser la constitución del ser vivo más simple, la forma más simple de vida verdaderamente celular? ¿Podría haber sido más simple que la célula bacteriana más «primitiva» que se conozca en la actualidad? Los evolucionistas contestarían unánimemente de manera afirmativa, pues creen que las bacterias que existen en la

actualidad han evolucionado más desde el origen de la vida. Pero esto, naturalmente, es una pura especulación. Cualquier proceso que destruya cualquier parte de una célula bacteriana destruye a la bacteria. Por lo tanto, debemos suponer que no hay componentes que no sean indispensables, y que por lo tanto no puede haber formas más simples.

La forma más simple de vida contiene miles de diferentes clases de enzimas, miles de diferentes clases de moléculas de ácidos nucleicos, incluyendo el ADN del material hereditario de los genes, el ARN mensajero, el ARN de transferencia, y el ARN de los ribosomas. Muchos de estos ácidos nucleicos están asociados a proteínas específicas. Hay cientos de otras moléculas vitales en una célula además de estas macromoléculas. La célula debe incluir una membrana que la estabilice y que, de una manera dinámica, permita de forma selectiva que unas moléculas entren en la célula y que otras salgan. Dentro de la célula se hallan ciertos constituyentes conformados que contribuyen a su organización interna, haciendo posible el complejo sistema de vías metabólicas.

Dentro de la célula hay unos maravillosos mecanismos de control, que activan y desactivan en el momento preciso las muchas reacciones y actividades, como por ejemplo la división celular. Estos mecanismos de control son absolutamente esenciales para la supervivencia de la célula. Sin ellos, unas actividades carentes de dirección resultarían en una muerte temprana.

Dentro de la célula hay mecanismos que la protegen frente a daños, y le sería imposible sobrevivir sin ellos. Por ejemplo, la luz ultravioleta produce cambios dentro de la célula que le son sumamente tóxicos. La capa de ozono que existe en la alta atmósfera filtra casi toda esta luz ultravioleta, haciendo que la vida sea posible. Según las teorías del origen de la vida, la atmósfera de la tierra primitiva hubiera poseído muy poco oxígeno y nada de ozono, y se ha calculado, en base a dicha suposición, que la luz ultravioleta incidente en las capas superiores de la atmósfera podría matar a un organismo contemporáneo en un solo segundo (83).

Uno de los daños causados por la luz ultravioleta es la dimerización de la timina, una de las bases del ADN. También son perjudiciales los tóxicos peróxidos, producidos por la acción de la luz ultravioleta. Las células contemporáneas poseen unos complejos mecanismos defensivos contra ambas formas de daños. Estas células poseen un enzima que cataliza la disociación de los dímeros de timina. Los enzimas catalasa y peroxidasa están presentes para descomponer rápidamente cualquier peróxido que se forme. Ya que estos mecanismos, y otros, son absolutamente necesarios para la supervivencia de la célula, ¿cómo hubiera podido existir una célula, o cualquier «protocélula», sin ellos? La respuesta parece clara —no hubiera sido posible. Esta consideración refuerza también un argumento

muy importante que ya hemos visto antes en este artículo —el del destructivo efecto de la luz ultravioleta.

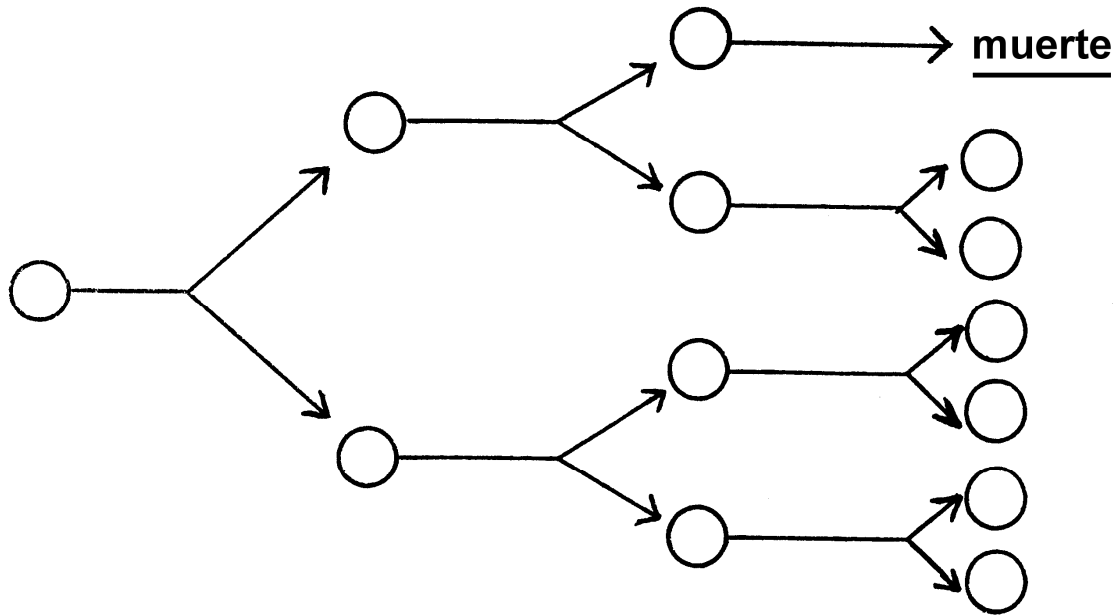
El dilema fundamental

Una de las propiedades de la célula viva plantea uno de los mayores dilemas a todas las teorías sobre el origen de la vida: la capacidad que tiene la célula de reproducirse a sí misma. La autorreproducción de la célula pone en acción un mecanismo extremadamente complejo. La señal para la reproducción la tiene que dar algún mecanismo iniciador, y cada paso del proceso está bajo un control cuidadoso. Muchas enzimas y elementos estructurales de la célula deben trabajar juntos de una manera muy eficiente a fin de lograr una copia precisa de la célula.

Algunos han argumentado que el eslabón que conecta a lo viviente con lo no viviente puede haber sido algo similar a un virus, ya que, según dicen, un virus se puede reproducir. Esta forma de pensar es un craso error. No existe ningún virus que se pueda reproducir a sí mismo, y es igual de cierto que nunca pudo haber existido una molécula con la propiedad de reproducirse a sí misma. Los virus no son nada más que unas complejas moléculas químico-orgánicas, que se componen de un núcleo de ácido nucleico (bien de ADN o de ARN) y de un recubrimiento de proteína (algunos virus van acompañados de pequeñas cantidades de carbohidratos y lípidos, que no son nada más que restos celulares). Un virus no posee ni un solo enzima, ni trazas de actividad metabólica, ni energía, ni ninguna fuente de materiales constructivos. Es imposible considerar a un virus como ser vivo, primitivo o no, por más que forcemos la imaginación. Un virus es simplemente una nucleoproteína (un complejo de ácido nucleico con proteína). Cuando un virus entra en una célula susceptible, entonces éste, como tantas otras nucleoproteínas contenidas en una célula, es reproducido por *esta célula*, utilizándose los complejos mecanismos de síntesis y de producción de energía de la célula para este fin.

Es bien cierto que no existe ninguna molécula que se reproduzca a sí misma en el presente, y es igual de cierto que no hubiera podido existir nunca. Los ácidos nucleicos no poseen la propiedad de autorreproducirse. Las moléculas de proteína no pueden autorreproducirse. No existe ninguna molécula de ninguna clase que posea tal propiedad, y no se puede llegar a imaginar ninguna estructura que pudiera dotar de tal propiedad a una molécula.

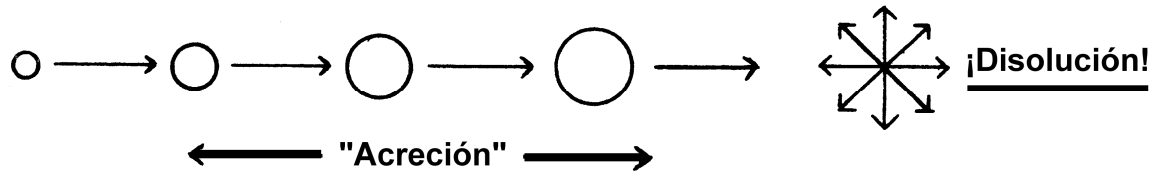
El único modo por el que una especie puede sobrevivir es por autorreproducción. El destino de cada individuo es la muerte, pero la especie se preserva a causa de que los individuos se reproducen:



La célula se puede reproducir muchas veces antes de morir (aparentemente, las células humanas sufren 50 divisiones antes de empezar a morir) (84). No obstante, esta capacidad de reproducirse demanda una organización extremadamente compleja y eficiente. Esta propiedad no la hubiera podido poseer una molécula, un complejo coacervado y ni siquiera una colección relativamente compleja de moléculas que pudieran haber quedado absorbidas por un coacervado de alguna clase determinada.

Ponderemos esta situación. Un complejo coacervado, o cualquier otra clase imaginable de puente entre las macromoléculas sueltas y una entidad autorreproductora, hubiera tenido una existencia limitada en el tiempo. Esto es, su destino cierto sería la disolución. Además, no hubiera poseído la propiedad de autorreproducirse. El tiempo que se hubiera necesitado para que un coacervado pudiera, de alguna manera, adquirir una organización de suficiente complejidad y eficiencia que le hubiera capacitado para reproducirse a sí mismo, hubiera excedido en muchos, muchos órdenes de magnitud, al tiempo necesario para su disolución.

Así, cualquier posible progreso hacia una mayor complejidad se hubiera perdido de modo irremediable al disolverse su contenido y dispersarse por el medio:



El proceso de acreción necesario para llegar a un estado de autorreproducción hubiera precisado de eras geológicas. Por otra parte, la disolución hubiera necesitado tan sólo minutos, días, semanas, o a lo sumo algunos meses. De ahí se concluye que, por esta y muchas otras razones, *el origen evolutivo de la vida es imposible*.

EVIDENCIA DE UNA CAUSA SOBRENATURAL DEL ORIGEN DE LA VIDA

Al principio de esta monografía dijimos que las especulaciones y los experimentos de laboratorio relacionados con el origen de la vida quedan fuera del campo científico, ya que debido a la propia naturaleza del proceso no podría quedar ninguna evidencia de aquel origen que hubiera llegado hasta nosotros y que pudiéramos estudiar. También es cierto que una creación sobrenatural, esto es, divina, de la vida no habrá dejado evidencia para un escrutinio científico. Pero tenemos dos fuentes de evidencia para nuestra fe de que la vida ha sido creada divinamente. La primera y supremamente importante, y suficiente en sí misma, es la Revelación que Dios nos ha dado en la Biblia, de que «En el principio Dios creó ...» Cómo creó Dios, qué medios utilizó, de ello no podemos tener ninguna idea, puesto que Él escogió no revelárnoslo, pero el registro bíblico nos revela que Él es el Creador de la vida. La segunda es que nuestra consideración de todos los aspectos del problema del origen de la vida nos ha convencido de la imposibilidad de que el origen de la vida hubiera tenido una base puramente mecanicista, naturalista, evolucionista. Hay tan sólo dos posibles alternativas para explicar el origen de la vida: O bien se debió a un proceso evolutivo, o a una creación divina. Ya que nuestras consideraciones han eliminado la primera, solo queda la segunda posibilidad.

Tanto los evolucionistas como los creacionistas creen que el hombre ha sido derivado del polvo de la tierra. El evolucionista cree que este origen se debió tan sólo a leyes químicas y físicas, que fue completamente fortuito y sin propósito. El creacionista cree que este origen se debió a un acto creador de Dios, y que por lo tanto no fue fortuito ni carente de propósito. La tremenda diferencia entre el hombre y los animales, inexplicable sobre una base evolucionista, es evidencia del origen no fortuito, sino lleno de propósito, del hombre.

En el principio era el Verbo, y el Verbo era con Dios, y el Verbo era Dios. Este era en el principio con Dios. Todas las cosas por Él fueron hechas, y sin Él nada de lo que ha sido hecho fue hecho. — Juan 1:1-3.

Porque en Él vivimos, y nos movemos, y somos... — Hechos 17:28.

REFERENCIAS

1. P. T. Mora, *Nature*, **199**, 212 (1963).
2. J. D. Bernal, en *The Origins of Prebiological Systems and of Their Molecular Matrices*, ed. por S. W. Fox, Academic Press, Nueva York, 1965, p. 52.
3. G. G. Simpson, *Science*, **143**, 769 (1964).
4. A. I. Oparin, *The Origin of Life on the Earth*, Academic Press, Nueva York, 1957, p. 1.
5. J. Keosian, *The Origin of Life*, Reinhold Publishing Corp., Nueva York, 1964, p. 9.
6. A. Dauvillier, *The Photochemical Origin of Life*, Academic Press, Nueva York, 1965, p. 47.
7. E. A. Schafer, *Rep. Brit. Ass.*, 1912, 3.
8. Creation Research Society, 2717 Cranbrook Road, Ann Arbor, Michigan 48104.
9. J. Keosian, *op. cit.*, p. 2.
10. H. C. Urey, *Proc. Nat. Acad. Sci.*, **38**, 351 (1952).
11. A. Dauvillier, *op. cit.*, p. 88.
12. A. I. Oparin, *op. cit.*, 1957, p. 160.
13. A. I. Oparin, *Proiskhozhdienie Zhizni*, Moscú, 1924.
14. A. I. Oparin, *The Origin of Life on Earth*, MacMillan, Nueva York, 1938.
15. H. F. Blum, *Time's Arrow and Evolution*, Princeton University Press, 1951.
16. H. C. Urey, *The Planets, Their Origin and Development*, Yale University Press, New Haven, Conn., 1952.
17. S. L. Miller y H. C. Urey, *Science*, **130**, 245 (1959).
18. P. H. Abelson, *Proc. Nat. Acad. Sci.*, **55**, 1365 (1966).
19. W. W. Rubey, *Geol. Soc. Am. Spec. Paper No.62* (1955).
20. W. W. Rubey, *Bull. Geol. Soc. Am.*, **62**, 1111 (1951).
21. H. D. Holland, en *Petrologic Studies: A Volume to Honor A. F. Buddington*, ed. por A. E. J. Engel, H. L. James, y B. F. Leonard, Nueva York: Geological Society of America, 1962, p. 447.
22. L. V. Berkner y L. C. Marshall, *J. Atmospheric Sci.*, **22**, 225 (1965); (23) H. E. Landsberg, *Scientific American*, 189, 82 (1953).
24. C. F. Davidson, *Proc. Nat. Acad. Sci.*, **53**, 1194 (1965).
25. R. T. Brinkman, *J. Geophys. Res.*, **74**, 5355 (1969).
26. L. V. Berkner y L. C. Marshall, *Discussions Faraday Soc.*, **37**, 122 (1964).

27. L. V. Berkner y L. C. Marshall, *J. Atmospheric Sci.*, **23**, 133 (1966).
28. J. L. Bada y S. L. Miller, *Science*, **159**, 423 (1968).
29. H. H. Pattee, en *Advances in Enzymology*, Vol. 27, ed. F. F. Nord, Interscience Publishers, Nueva York, 1965, p. 381.
30. R. M. Lemmon. *Chem. Rev.*; **70**, 95 (1970).
31. D. H. Kenyon y G. Steinman, *Biochemical Predestination*. McGrawHill Book Co., Nueva York, 1969.
32. S. L. Miller, *Science*, **117**, 528 (1953).
33. D. H. Kenyon y G. Steinman, *loc. cit.*, p. 125.
34. D. H. Kenyon y G. Steinman, *loc. cit.*, pp. 132, 133, 135, 137.
35. D. E. Hull, *Nature*, **186**, 693 (1960).
36. J. D. Bernal, *Nature*, **186**, 694 (1960).
37. C. Reid y L. E. Orgel, *Nature*, **216**, 455 (1967).
38. G. Wald, *Scientific American*, **191**, 45 (1954).
39. C. N. Matthews y R. E. Moser, *Proc. Nat. Acad. Sci.*, **56**, 1087 (1966).
40. G. Steinman, D. H. Kenyon y M. Calvin, *Biochim. Biophys. Acta.*, **124**, 339 (1966).
41. G. Schramm, H. Grotsch y W. Pollman, *Angew. Chem. Intl. Ed.*, **1**, 1 (1962).
42. R. M. Kliss y R. N. Matthews, *Proc. Nat. Acad. Sci.*, **48**, 1300 (1962).
43. C. N. Matthews y R. E. Moser, *Nature*, **215**, 1230 (1967).
44. S. W. Fox y K. Harada, *J. Amer. Chem. Soc.*, **82**, 3745 (1960).
45. S. W. Fox, *Science*, **132**, 200 (1960).
46. S. W. Fox y S. Yuyama, *Ann. N. Y. Acad. Sci.*, **108**, 487 (1963).
47. S. W. Fox, *Nature*, **205**, 328 (1965).
48. *The Origins of Prebiological Systems and of Their Molecular Matrices*, ed. S. W. Fox, Academic Press, Nueva York, 1965, p. 361.
49. K. Harada y S. W. Fox, *Arch. Biochem. Biophys.*, **109**, 49 (1965).
50. S. W. Fox y T. V. Waehneltdt, *Biochim. Biophys. Acta.*, **160**, 246 (1968).
51. S. W. Fox, Referencia 48, pp. 378 y 381.
52. S. W. Fox, en *Evolving Genes and Proteins*, ed. V. Bryson y H. J. Vogen, Academic Press, Nueva York, 1965, p. 367.
53. S. W. Fox, K. Harada, G. Krampitz y G. Mueller, *Chemical and Engineering News*, 22 de junio de 1970, p. 80.
54. C. Sagan, Referencia 48, p. 374.
55. J. R. Vallentyne, Referencia 48, p. 379.
56. K. Harada y S. W. Fox, Referencia 48, p. 191.

57. S. L. Miller, *Biochim. Biophys. Acta.*, **23**, 480 (1957).
58. W. E. Groth y H. V. Weysenhoff, *Planet. Space Sci.*, **2**, 79 (1960).
59. R. V. Eck y M.O. Dayhoff, *Atlas of Protein Sequence and Structure 1966*, The National Biomedical Research Foundation, Box 692, Silver Spring, Maryland.
60. T. V. Waehneltd y S. W. Fox, *Biochim. Biophys. Acta.*, **134**, 1 (1967).
61. A. W. Schwartz, E. Bradley y S. W. Fox, Referencia 48, p. 317.
62. G. Schramm, Referencia 48, p. 299.
63. G. Steinman y M. N. Cole, *Proc. Nat. Acad. Sci.*, **58**, 735 (1967).
64. P. T. Mora, Referencia 48, p. 287.
65. H. H. Pattee, Referencia 48, p. 385.
66. D. E. Green y R. F. Goldberger, *Molecular Insights into the Living Process*, Academic Press, Nueva York, 1967, p. 407.
67. G. A. Kerkut, *Implications of Evolution*, Pergamon Press, Nueva York, 1960, p. 150.
68. Referencia 4, p. 428.
69. A. I. Oparin, Referencia 48, p. 331.
70. S. W. Fox, Referencia 48, p. 345.
71. R. S. Young, Referencia 48, p. 348.
72. Referencia 31, p. 250.
73. D. L Rohlfling, *Arch. Biochem. Biophys.*, **118**, 468 (1967).
74. D. L Rohlfling y S. W. Fox, *ibid.*, **118**, 122 (1967).
75. D. L Rohlfling y S. W. Fox, *ibid.*, 118, 127 (1967).
76. S. W. Fox y C. T. Wang, *Science*, 160, 547 (1968).
77. C. G. Overberger, J. C. Salamone y S. Yaroslavsky, *Chemical and Engineering News*, 2 de enero de 1967, p. 40.
78. A. E. Smith y F. T. Bellwar, *Science*, **152**, 362 (1966).
79. O. Bütshli, *Untersuchungen über mikroskopische Schaume und das Protoplasma*, Leipzig, 1892.
80. S. Leduc, «Solutions and Life», en *Colloid Chemistry*, Vol. II, ed. por J. Alexander, The Chemical Catalog Co., Nueva York, 1928, p. 59.
81. A. L. Herrera, «Phasmogeny», en Referencia 80, p. 81.
82. Referencia 4, pp. 332, 349.
83. C. Sagan, Referencia 48, p. 212.
84. L. Hayflick, *Scientific American*, Marzo de 1968, p. 32.