

ber tomado la forma de nubes descomunales que se remontaron a grandes altitudes, bloqueando acaso la luz del sol. Mientras tanto ocurrieron lluvias continuas y otros tipos de precipitaciones, que se transformaron en vapor al acercarse al calor terrestre. Con el sucesivo enfriamiento de la Tierra, se originaron más lluvias, granizo, hielo y nieve, los cuales se depositaron en las grietas, depósitos y depresiones de la corteza hasta formar océanos, lagos, ríos y corrientes. Al paso de los siglos, el agua se acumuló sobre el planeta, la cubierta de nubes se adelgazó y permitió el paso de la luz a la Tierra.

Los geólogos pueden calcular la edad de los océanos por su salinidad. Las sales en el océano llegaron primeramente por medio del agua de ríos y corrientes que contenían minerales disueltos y suspendidos provenientes del lavado de rocas de la corteza durante las lluvias y otras formas de precipitación. El proceso comenzó con la primera precipitación que llegó a la superficie terrestre y desde entonces se ha hecho continua. Los océanos primitivos deben haber sido ligeramente salinos. Su concentración actual es muy grande, 3 ‰ aproximadamente o sea, suficiente para cubrir una área del tamaño de los Estados Unidos de Norteamérica con una capa de más de 3 km de altura. En un ciclo interminable, la salinidad del océano aumentará constantemente. Las corrientes continuas de los ríos conteniendo minerales disueltos, sedimentos y partículas de rocas que llegan a los océanos son concomitantes con la evaporación del agua de éstos. Después las precipitaciones pluviales retornando el agua a la Tierra y a los océanos, mantienen este ciclo continuamente.

EL CLIMA DE LA TIERRA.

La historia y la evolución de las formas vivientes han sido influidas por el clima terrestre. La superficie del globo tiene una temperatura de 15° a 20°C, siendo los extremos de -15°C a 50°C. La temperatura de la superficie terrestre está determinada en primer lugar por la energía calorífica y luminosa del Sol. Esta temperatura está ligeramente afectada por

las emanaciones de calor, muy escasas, que escapan de la Tierra, debido a que los materiales que forman las capas y que rodean al núcleo son malos conductores del calor. Es de interés señalar que las temperaturas de las capas inferiores de la corteza (a varios cientos de metros de la superficie) está determinada en gran parte por los restos radiactivos de la misma corteza. Este fenómeno ocasiona aparentemente la liberación de cantidades considerables de calor que han llegado desde la superficie o del interior.

Numerosos factores (incluyendo los cambios periódicos del ángulo y órbita de rotación de la Tierra) determinan los diferentes climas que se presentan en las diversas partes del planeta, siendo los vientos y corrientes oceánicas de gran importancia. La secuencia esporádica repetida de cambios geológicos (como formación de montañas, deslizamientos de tierra y mares) seguidas por períodos prolongados de intemperización y erosión, han cambiado el curso de los vientos y de las corrientes oceánicas; esto, junto con otros factores, modifica el clima sobre pequeñas o grandes extensiones de la superficie terrestre. En períodos de formación de montañas hay intervalos de grandes glaciares, observándose grandes extensiones del globo terrestre cubiertas de gruesas capas de hielo. Estos períodos se caracterizan por gran pérdida de vida y de un retroceso de formas vivientes terrestres y marinas hacia el ecuador. El descenso notable de agua disponible debido a la glaciación, y la desviación de vientos húmedos por la presencia de altas cordilleras, con las consiguientes pérdidas de agua, han contribuido a su vez a la formación de los desiertos continentales.

Estos cambios climáticos caracterizados por ascensos y descensos de temperaturas, también acompañaron por invasión de corrientes oceánicas cálidas hacia regiones polares, a la vez que aguas superficiales se precipitaron sobre áreas terrestres. En general, los cambios de relieve, su disminución originada por la erosión y desgaste, alternando con episodios orogénicos, originaron un aumento favorable de humedad y temperatura; factores decisivos que influyeron directamente en la evolución de las formas vivientes sobre la superficie terrestre.

TEORÍAS ACERCA DEL ORIGEN DE LA VIDA.

No es extraño encontrar en la historia del hombre, la creencia común de que ciertos seres vivientes pudieran haberse originado repentina y espontáneamente a partir de sustancias inanimadas; este concepto se conoce con el nombre de *generación espontánea*. En la China antigua se aceptaba que los pulgones se originaban por generación espontánea del bambú durante las épocas húmedas y cálidas. Los antiguos egipcios y babilónicos creían que los gusanos, sapos, víboras y rantonos se formaban del lodo del Nilo.

En la Grecia antigua, en la India y Europa la Edad Media y Renacimiento, y de hecho hasta hace poco tiempo, se creía que ciertas formas vivientes se originaban directamente de las no vivas. Se pensaba que las moscas, abejas y larvas se originaban del sudor; los ratones de los desechos y de la tierra húmeda; los gusanos intestinales de la descomposición de los alimentos; los piojos de las partes putrefactas del cuerpo humano y sus excreciones; los microorganismos de caldos e infusiones pútridas, etc.

Esta creencia en la generación espontánea de la vida fue una de las partes integrantes de las tradiciones religiosas de la India, Babilonia y Egipto. Fue considerada como una expresión de los deseos de los dioses (o del mundo), explicando esta manera fabulosa la creación sobrenatural de la vida.

En las civilizaciones occidentales fue también aceptado este dogma por científicos y pensadores prominentes tales como Harvey, fisiólogo del siglo XVII creador de la teoría de la circulación sanguínea; Francis Bacon, prominente orador y materialista del mismo siglo; así como el gran filósofo francés Descartes. Todos ellos aceptaban el origen de las formas vivas a partir de las inanimadas, considerándolo un hecho perfectamente factible y sin disputa.

Nuestras propias tradiciones religiosas conciliaban el principio de la generación espontánea con mandatos de origen divino. Al tercer día de la creación, de acuerdo con el Génesis, Dios separó las aguas de la Tierra para crear las cosas vivas -primero las plantas, luego los peces, aves, animales terrestres y finalmente al hombre. San Basilio el Grande, autoridad de la Iglesia Oriental en el siglo IV, así como San Agustín de Hipona, autoridad de la Iglesia Occidental, atribuyeron independientemente el origen de las formas vivientes de la materia inanimada y la consideraron una manifestación del deseo divino. Santo Tomás de Aquino, en el siglo XIII, en su clásico *Summa Theologica*, acepta la generación espontánea como una manifestación vital a partir de principios divinos o demoniacos.



PRIMEROS EXPERIMENTOS.

Investigaciones de Van Helmont. La aceptación infundada de la generación espontánea se basó esencialmente sobre conceptos naturales preconcebidos y sin utilizar ningún criterio. Las observaciones del origen de los insectos, roedores, microorganismos y otras formas vivientes a partir de las sustancias sin vida, se aceptaban sin examen cuidadoso y sin condiciones experimentales controladas.

Un ejemplo de este proceder desordenado es el experimento llevado a cabo por un famoso médico belga del siglo XVI, Van Helmont. Colocaba en un recipiente granos de trigo y una camisa humedecida por sudor, el cual, según él, constituía el principio formador de vida para originar ratones a partir del trigo. De manera admirable, por consiguiente, estos ratones nacidos "artificialmente" después de 21 días, fueron idénticos a los nacidos "naturalmente" de sus padres.

El mismo Van Helmont ejecutó uno de los experimentos más significativos y elegantes de la historia sobre la nutrición de los vegetales, el cual se considera clásico por la simplicidad y claridad de sus resultados. En este experimento probó que la mayoría de los elementos para el crecimiento de las plantas provenían del agua y del aire y no del suelo como se creía. Colocó un pequeño arbolito, un sauce, en tierra cuidadosamente pesada, a la que se regaba regularmente y observó que al cabo de cinco años el árbol había aumentado casi 100 Kg mientras que la tierra había perdido solamente unos pocos gramos.

Contribución de Redi. Hasta la mitad del siglo XVII la teoría de la generación espontánea se aceptaba ampliamente y se consideraba indiscutible. Casi no se tenía duda de que representaba un verdadero fenómeno biológico. Las mayores controversias se originaban sobre principios espirituales. Lenta, pero inexorablemente, en la segunda mitad del siglo XVII, surgieron los primeros rumores en contra de este principio sembrando la duda y la incertidumbre; en primer lugar, el trabajo de un médico italiano llamado Francisco Redi, hasta que

doscientos años más tarde la teoría de la generación espontánea fue completamente desechada.

En 1668 Redi demostró con sus experimentos que las larvas de las moscas no se originaban de los alimentos descompuestos, si se tenía el cuidado de cubrir éstos de manera que las moscas no se posaran en ellos para depositar sus huevecillos. Irónicamente, a pesar de esto, Redi creyó que en otros casos sí podría existir generación espontánea.

Controversia Needham-Spallanzani. En los principios del siglo XIX ya se había probado que los animales superiores tales como reptiles, insectos e inclusive gusanos, no provenían de la suciedad y de la materia en descomposición; aunque no fue fácil descartar el concepto del origen de la vida a partir de materia inanimada, el que se aceptaba para explicar el origen de las formas de vida más simples, tales como los microorganismos. Este principio se aceptaba ampliamente a finales del siglo XVIII y principios del XIX. El uso de un sistema óptico amplificador llamado *microscopio* por el holandés Antonio Van Leeuwenhoek (1632-1723), paralelamente a los experimentos de Redi, nos introdujo al mundo desconocido de los microorganismos. La aparición de estos organismos diminutos en materiales descompuestos, caldos putrefactos, leche agria, etc., se atribuyó de manera unánime al fenómeno de generación espontánea. Leeuwenhoek explicó su aparición diciendo que provenían del aire.

Una de las controversias científicas más célebres en la historia de la biología se refiere precisamente a la generación espontánea. En 1745, John T. Needham, religioso jesuita y naturalista inglés, publicó un trabajo en el que describía extensamente ciertos experimentos efectuados en recipientes herméticamente cerrados conteniendo extractos de carne y diversos tipos de infusiones, los cuales se manifestaban con microorganismos, a pesar de haber sido expuestos previamente a altas temperaturas. Needham atribuyó este fenómeno a la presencia en cada partícula de materia orgánica de una "fuerza vital" específica, la cual era responsable de esta vitalidad y por consiguiente de la aparición de formas vivientes.

Este punto de vista y sus resultados fueron refutados por un científico italiano, el abad Lázaro Spallanzani, quien en 1765 publicó pruebas opuestas a las ideas de Needham. Encontró que caldos de vegetales y otras sustancias orgánicas sometidas a altas y prolongadas temperaturas en recipientes herméticamente cerrados, nunca desarrollaban microorganismos; atribuyendo los resultados de Needham al uso de temperaturas inadecuadas, las cuales no bastaban para destruir completamente los microorganismos que contaminaban los recipientes. Needham contestó a Spallanzani que con la ebullición prolongada, él había "torturado" y destruido la "fuerza vital" contenida en los caldos, así como había dañado la pequeña cantidad de aire que permanecía en los recipientes. Spallanzani respondió con nuevos experimentos demostrando que los caldos hervidos desarrollaban microorganismos solamente cuando los frascos se abrían al aire contaminado. Por otra parte, él fue incapaz de probar que el tratamiento con la ebullición no había alterado el aire dentro del recipiente. Esta disputa permaneció, sin resolución y, de hecho, en ese tiempo, se consideró una victoria para Needham.

Destrucción total de la teoría de la generación espontánea por Luis Pasteur. Durante los siguientes cien años, varios científicos experimentaron sin llegar a ninguna conclusión; existiendo, sin embargo, la tendencia a refutar la posibilidad de la generación espontánea, a pesar de que ciertos hechos afirmaban lo contrario. Si los analizamos, podemos deducir que los microorganismos aparecidos en la materia orgánica se debió a fenómenos de contaminación.

Esta controversia llegó al final y se resolvió de una manera decisiva por Louis Pasteur en 1862, por medio de rigurosos y convincentes experimentos, los cuales actualmente se consideran como modelos de perspicacia científica y diseño experimental.

Primero, demostró la presencia de microorganismos en el aire, hecho dudoso para los postulantes de la generación espontánea. Introdujo una corriente de aire a través de un tubo ob- tuvo con algodón, luego disolvía este tapón con una mezcla de

alcohol y éter, mostrando que en la solución resultante existían partículas insolubles, las que bajo el microscopio se identificaban como microorganismos. También demostró que calentando el aire a temperaturas elevadas antes de penetrar al frasco que contenía caldo hervido, no había descomposición.

En otro experimento Pasteur utilizó un frasco lleno hasta la mitad de una solución nutritiva, el cual tenía un cuello largo en forma de S por el que entraba el aire. Cuando el caldo nutritivo hervía y se dejaba enfriar, podría guardarse indefinidamente sin que se desarrollaran microorganismos. Al pasar el aire libremente al frasco, iba acompañado de partículas de polvo, bacterias, mohos y otros microorganismos, los cuales quedaban atrapados en la curvatura interna del cuello del frasco, llegando raras veces al líquido. Las investigaciones de Pasteur demostraron que los resultados de los experimentos obtenidos por otros científicos fueron debido a contaminación por microorganismos y no a fuerzas vitales misteriosas.

Pasteur, con su gran contribución por medio de cuidadosos y atinados experimentos refutó de manera irrevocable el concepto de la generación espontánea. Su gran victoria fue desechar un concepto que tuvo dominada la mente humana por miles de años. Por este trabajo revolucionario, Pasteur fue recompensado con un premio especial de la Academia Francesa de Ciencias.

TEORÍA EVOLUCIONISTA MODERNA ACERCA DEL ORIGEN DE LA VIDA.

ORIGEN DE LA TEORÍA.

La hipótesis de la generación espontánea ha servido de manera singular como base teórica para las dos escuelas opuestas que se refieren al origen de la vida. La mayoría de los científicos del siglo XIX, consideraron la generación espontánea como la única explicación lógica, desde el punto de vista

mecanicista, para explicar el origen de la vida. Sostenían que no existían diferencias fundamentales entre lo vivo y lo no vivo. Los organismos representaban simplemente una estructuración de energía y materia dispuestas e integradas de manera muy complicada, formados de diferentes clases de materiales inanimados, dotados con caracteres vitales en virtud de su organización. La generación espontánea fue básicamente la primera transformación de material inanimado para llegar al estado viviente. Muchos estuvieron a favor de este punto de vista mecanicista en contraste con la creencia vitalista o religiosa del origen de la vida por medio de una creación divina, de una "fuerza vital" mística.

La escuela del vitalismo también adoptó en gran parte la idea de la generación espontánea (por ejemplo, el trabajo de Needham, y otros ya citados) como expresión de creación divina. Pocos años antes (1859), Charles Darwin dio un golpe sorprendente al exponer la teoría evolucionista, la cual ofreció una explicación muy bien documentada de cómo los organismos superiores se originaron de formas más simples. Después se desechó la teoría de la generación espontánea, (debido principalmente a las experiencias de Pasteur) el vitalismo resurgió y afirmó que la comprensión de la "fuerza vital" estaba más allá del intelecto humano y que entre materia inanimada y viviente existía una barrera infranqueable. De acuerdo con este punto de vista, el origen de la vida sólo era explicable sobre la base de una "fuerza vital", especial y misteriosa, la cual era resultado de un acto divino de creación.

Por otra parte, la gran mayoría de científicos de esa era, representantes de las ideas mecanicistas, no daban una explicación comprensible acerca del origen de la vida, pues los trabajos de Pasteur los había colocado ante un dilema al parecer insoluble: la creación de la vida en virtud de fuerzas sobrenaturales, concepto que se resistían a aceptar o bien que los objetos vivientes se originaban espontáneamente siguiendo ciertas leyes naturales, posibilidad que ya había sido eliminada por Pasteur.

Varios científicos respondieron a esa situación, intentando refutar los datos aportados por Pasteur por medio de numero

sos experimentos encaminados a demostrar la generación espontánea, pero sin éxito alguno. Sin embargo, un núcleo pequeño de naturalistas, comenzó a sostener el punto de vista de que los seres vivos no se desarrollaban repentina y espontáneamente de la materia orgánica, sino que eran el producto de la evolución prolongada de la materia inanimada durante millones de años, hasta producir formas primitivas de vida. A pesar de que existieron períodos de desilusión, en el siglo veinte surgieron bases científicas para explicar el origen de la vida, persistiendo y creciendo este concepto evolucionista merced a la aportación cada vez mayor de hechos y deducciones.

La teoría evolucionista actual acerca del origen de la vida, es la hipótesis más factible que explica el surgimiento de las primeras formas vivas por medio de un proceso evolutivo a partir de las sustancias inanimadas.

PAPEL DE LOS MARES PRIMITIVOS.

Esta teoría afirma que los primeros organismos se originaron gradualmente en los mares primitivos a partir de sustancias no vivas. Nosotros creemos que la vida se originó en el mar por cierto número de razones. Las sales y el agua son materiales predominantes en los océanos y son los componentes necesarios de los seres vivientes. El agua forma parte de los organismos en un 70 % a 95 % y en un sentido biológico constituye el solvente universal. En los océanos primitivos se formó el medio de disolución, suspensión y mezcla incesante de una gran variedad de moléculas coloidales, facilitando por consiguiente las reacciones químicas que transformaron los materiales más sencillos a sustancias más complejas. Estas reaccionaron a su vez con otras hasta constituir moléculas de mayor tamaño y complejidad; probablemente los compuestos orgánicos simples fueron el resultado de reacciones químicas entre sustancias inorgánicas; se acumularon en los mares primitivos y con el tiempo evolucionaron por medio de reacciones posteriores hasta llegar a moléculas más y más complejas. Paradójicamente, la ausencia de seres vivos constituyó la única condición que permitió la acumulación y evolución de molé-

culas orgánicas a partir de las inorgánicas. Actualmente, casi todas las moléculas orgánicas en un medio natural subsisten por períodos relativamente breves, puesto que hay innumerables organismos (especialmente microorganismos) que desdoblan rápidamente estas moléculas, utilizándolas para diversas actividades vitales, como el crecimiento.

De esta manera, los mares primitivos llegaron a caracterizarse por ser un descomunal caldo, diluido y estéril; esta última condición significa que su descomposición no fue factible, puesto que no existían organismos vivos. Posteriormente, las moléculas se asociaron unas con otras por medio de reacciones físicas y químicas, para constituir estructuras complejas de organización elevada, es decir, sistemas dinámicos no vivos, o sea, los precursores de las primeras formas vivientes. Se supone que a través de los siglos, por medio de una serie de cambios graduales, los sistemas más estables sobrevivieron a expensas de otros y evolucionaron hasta otros más complicados y cada vez superiores, hasta adquirir por fin las características que atribuimos a los seres vivos.

EVOLUCIÓN DE MATERIALES SENCILLOS HASTA SUSTANCIAS ORGÁNICAS COMPLEJAS.

Uno de los pasos más importantes en la conversión de la materia y que originó a los organismos vivientes, fue la transición de sustancias inorgánicas a materiales orgánicos. No fue sino hasta 1828 cuando el químico alemán Wohler sintetizó una sustancia orgánica, la urea, en el laboratorio sin que tomaran parte organismos vivos, y entonces se aceptó que la formación de moléculas podía ocurrir sin la presencia de éstos. Los trabajos de Wohler abrieron un camino nuevo, el de la química orgánica y desde entonces se ha sintetizado más de medio millón de sustancias orgánicas diferentes.

A partir de 1930 se han encontrado evidencias de que en todas partes del Universo -en el Sol, las estrellas, el polvo interestelar, las nubes gaseosas, en los planetas mayores

del sistema solar y en sus satélites, en los cometas y meteoritos- existe una clase de compuestos orgánicos simples conocidos como hidrocarburos y que ellos constituyen el origen natural de las sustancias orgánicas, sin mediación de organismos vivientes.

Las reacciones químicas necesarias para producir sustancias orgánicas complejas son facilitadas por ciertas condiciones, tales como altas temperaturas y presiones, descargas eléctricas y radiaciones ultravioleta. Experimentalmente ha sido posible reproducir aminoácidos que son la base de las proteínas. Los experimentos de Miller y Urey, por ejemplo, han demostrado que cierto número de aminoácidos biológicamente importantes pueden sintetizarse con descargas eléctricas a través de una mezcla gaseosa formada por amoníaco, hidrógeno, vapor de agua y una sustancia orgánica simple, metano. Otros investigadores han efectuado experimentos semejantes, logrando constituir ciertas moléculas orgánicas complejas conocidas como bases púricas y pirimidínicas a partir de sustancias simples. Estas bases constituyen unidades estructurales muy importantes de los ácidos nucleicos. Durante los cambios sufridos en la historia de la Tierra, tales como fenómenos volcánicos caracterizados por derramamientos de lava hirviente, variaciones de la corteza, etc., se han presentado condiciones especiales de altas presiones y temperaturas. La energía solar en forma de radiaciones ultravioleta y de calor, facilitaron de manera indudable la transformación de compuestos orgánicos simples a sustancias más complejas; así como también influyeron las descargas eléctricas atmosféricas (relámpagos), radiaciones cósmicas y radiactivas.

Algunas de estas sustancias orgánicas fueron arrastradas desde la atmósfera y la Tierra por las lluvias hasta acumularse finalmente en los océanos, donde permanecieron hasta su transformación posterior. Es razonable suponer que las sales de los océanos catalizaron o aceleraron algunas de las reacciones entre las moléculas. Además, la absorción de algunas sustancias orgánicas por partículas pequeñas de materia que se encontraban suspendidas y depositadas en el agua facilitó este tipo de reacciones. Se estima que en cierto momento los océanos primitivos deben haber tenido cuando menos 10 por cien