

**Apuntes de apoyo docente**  
**Postítulo en Ciencias Naturales y Exactas**  
**Especialidad de Biología**

**Tema: EL ORIGEN DE LA VIDA**

por

**ENRIQUE ZAMORANO-PONCE, D.Sc.**

Laboratorio de Genética Toxicológica (GENETOX)

Departamento de Ciencias Básicas

Facultad de Ciencias

Universidad del Bío-Bío

ezamoran@ubiobio.cl

El tema del origen de la vida, ha sido siempre uno de los que más desasosiego ha producido entre los hombres con inquietudes. Hoy día, para las personas con alguna cultura científica, la explicación darwiniana de algunos aspectos esenciales del problema, ha sustituido en parte ese desasosiego, por el placer espiritual que proporciona el avance en el conocimiento. Sin embargo, a estas mismas personas, la inquietud les viene ahora de más hondo: ¿Qué mecanismos, explican los "avances" evolutivos?, y de más lejos: No nos es difícil contemplar nuestro particular origen como un episodio de la historia evolutiva de los seres vivo pero ¿Qué decir del origen de los propios seres vivos?:

Una mínima reflexión, lleva a la triste conclusión de que todo lo que podemos hacer es idear mecanismos verosímiles por los que la vida surgió en nuestro planeta, pero no llegaremos a poder asegurar que los hechos fueron indudablemente de una determinada manera. Sin embargo, no se trata de cambiar el "**Todo vale**" por el "**no se sabe nada**". Ello inevitablemente conlleva a que cualquier especulación sobre el origen de la vida debe sustentarse sobre datos y/o experimentos fiables. Cuanto mayor rigor y fuerza sugestiva tengan estos apoyos, mayor credibilidad tendrá la especulación.

Que la vida tiene un origen, es una idea muy arraigada en las antiguas tradiciones filosóficas y religiosas, siendo una concepción que se nos suele ofrecer bajo la forma de creencias en una creación sobrenatural.

La idea de origen implica dos consecuencias tanto en el modelo creacionista como en la problemática moderna:

### **1. Novedad**

### **2. Temporalidad**

Tener un origen significa ante todo que en un momento dado haya surgido algo nuevo, inexistente hasta ese momento, superponible a lo que ya existía y opuesto a ello y requiere además que la novedad se perpetúe. No hay origen para lo eterno ya que, evidentemente, toda novedad define por su nacer un antes y un después, es decir, una dimensión histórica.

La **repetición** excluye por supuesto a la novedad, por consiguiente el origen constituye un acontecimiento único y el tiempo que define es el tiempo histórico.

Los biólogos conocen muy bien la dimensión temporal, ya que todo ser vivo tiene historia y la tiene en particular el conjunto de especies, según nos enseña la **TEORIA DE LA EVOLUCIÓN**.

Parece lógico asumir que, si tratamos del origen de la vida adoptemos un punto de vista biológico. Sin embargo, la cuestión del origen de la vida - según piensa **DAUVILLIER**- puede quedar asignada a distintas disciplinas del conocimiento cuando manifiesta:

*"El problema del origen de la vida no es biológico puesto que en aquel momento no existían los seres vivos, es un problema astronómico, geofísico, fotoquímico y físico-químico".*

Analicemos entonces el planteamiento de Dauvillier y preguntémosnos: **¿La Biología es la ciencia de la vida o de los seres vivos?**. Sólo si aceptamos a la

**Biología como la ciencia que estudia la vida**, resulta legítimo introducir el problema del origen de la vida dentro de un plano biológico.

Nos encontramos ahora frente a un problema irritante; ya que cualquier explicación sobre saber qué es la vida es menos claro que la noción o idea intuitiva que tenemos de ella. No podemos establecer siquiera una separación clara entre lo vivo y lo que no lo es y, cuando lo hacemos, es situando arbitrariamente a **VIRUS** a un lado u otro de tal frontera, aunque tal división no resista el menor análisis.

Las hipótesis de la creación de la vida de índole teológica consisten, en general, en la existencia eterna de la materia en un estado elemental y en reposo, la que es activada por el espíritu divino a través de una segunda persona creada por su amor. Así en la mitología egipcia de la creación, se relata que en el principio de los tiempos existían *Ptah*, el Dios eterno y *Nun*, las aguas primordiales, estáticas y en tinieblas. *Ptah* concibió en su corazón a *Atum* y lo creó al mencionar su nombre. A su vez *Atum* creó la Tierra, la luz y la vida. Este hecho es representado por un jeroglífico en el que el ave Fénix, que representa a *Atum* emerge de las aguas primordiales posada sobre un montículo, lo que simboliza la formación de la materia densa. El mito de que el ave Fénix renace periódicamente de sus cenizas pudiera significar el carácter cíclico y eterno de la creación.

El Génesis dice *“En el principio cuando Dios empezó a crear los cielos y la tierra, la tierra no tenía forma las tinieblas se extendían sobre el abismo y el espíritu de Dios se movía sobre las aguas”*. En el Nuevo testamento la creación está a cargo de la segunda persona. *“En el principio era el verbo, y el verbo era con Dios, y el verbo era Dios. Todas las cosas por Él fueron hechas, y sin Él nada de lo que ha sido hecho fuera hecho”* (San Juan 1:1-3).

En el hinduismo se consigna: *“Entrando en la naturaleza material, la cual es MI energía, una y otra vez Yo creo el orden cósmico entero junto con todas las especies de vida”* (Bhagavad-Gita, 9:8). Según la cita anterior en esta filosofía, la

materia y la vida son creadas simultáneamente en ciclos que se repiten por toda la eternidad. Al final de cada ciclo la materia se diluye y la vida es aniquilada. Además, en el momento de la creación de cada ciclo, las diferentes especies que aparecerán están ya predeterminadas. La materia, que existe en un estado elemental antes del acto de creación, recibe el nombre de Maya. El Dios único tiene una personalidad que crea el universo, llamada *Vishnú*. En el momento de la creación, la materia queda imbuida de una energía (kal), identificada con el tiempo, que guía la evolución del universo: *“El factor Tiempo es la suprema personalidad de Dios, que da lugar a la creación mediante la agitación de la neutral e inmanifestada naturaleza”*.

En la antigua Grecia, en la *Argonáutica* de Apolonio de Rodas, se consigna que Orfeo cantaba que en el principio de las cosas estaba el Amor (Eros) en el seno del Caos, por lo que era más antiguo que los dioses y perfecto en sí mismo. Caos significa materia informe (esta palabra fue convertida en la moderna palabra *gas* por van Helmont por transliteración fonética al flamenco hacia el año 1630). Hesíodo en su *Teogonía* difiere un tanto de la tradición órfica, y hace surgir el caos de la Tierra (Gea) y al Amor. Por su parte, en el *Fedro*, Platón también dice que el amor es el más antiguo de los dioses y que no debe confundirse con el otro Eros, el hijo de Afrodita, el Cupido romano. Un concepto similar, pero desligado de la mitología, es el de *nous* de Anaxágoras, la mente universal que impregnaba toda la materia del universo.

En la cosmogonía azteca, el dios creador es Ometecuhtli. El significado etimológico de este nombre es “Señor Segundo”, después del dios eterno, Ayamictlan. Ometecuhtli también es identificado como Tonacatecuhtli (el señor de la abundancia) y su esposa, Tonacáhuatl, lo que recuerda a la teogonía griega. La introducción al culto de esta pareja se debe a Quetzalcóatl, como rey. Ambas deidades son unificadas bajo el nombre de Ometéotl, dualidad generadora y sostén del universo.

Las **soluciones tradicionales** al problema del origen de la vida se pueden conceptualizar dentro de dos categorías:

- a. O bien los seres vivos se originaron en forma espontánea a partir de la materia inerte.
  
- b. O bien la vida existe en el universo desde siempre

Analicemos brevemente la “ **TEORÍA DE LA GENERACIÓN ESPONTANEA**” Aristóteles sostenía la hipótesis de la generación espontánea o abiogénesis, según la cual ciertos animales y plantas se originaban a partir de materia sin vida tanto en el pasado como en el presente.

Hasta hace aproximadamente 100 años atrás se daba generalmente por sentado que la vida podía generarse espontáneamente a partir de materia no viviente. Los egipcios, por ejemplo, pensaban que los ratones se originaban a partir del barro de las riveras del Nilo. Se creía en la generación espontánea de los gusanos a partir de agua, la fruta y carne en descomposición. En el año 1600 J. B. Helmont, un científico de la época, incluso reportó pruebas de la generación espontánea de los ratones e ideó una verdadera receta para producir ratones espontáneamente. Este autor recomendaba emplear un puñado de granos de trigo, envueltos en una camisa sucia y dispuesto en el interior de un recipiente oscuro. En aquella época, las personas también pensaban que las moscas se originaban a partir de carne en descomposición.

Esta teoría ha sido una de las más difíciles de desacreditar al punto que se ha mantenido en la cultura social durante más de 200 años y todavía hoy personas con poca o ninguna cultura científica piensan que las moscas pueden originarse a partir de la carne o fruta en descomposición.

Una de las primeras pruebas en contra de ella, fue dada a conocer en **1668** por **FRANCESCO REDI**, médico italiano que llevó a cabo una serie de experimentos

para demostrar que las moscas no se originaban espontáneamente. Redi dispuso trozos de carne en ollas diferentes. En una, el sistema se mantuvo destapado durante un tiempo y posteriormente se tapó con su cubierta correspondiente. En otra se dispuso una malla y se procedía al igual que en el caso previamente descrito, es decir se mantenía destapada por un tiempo, después de lo cual se tapaba y una última olla que siempre se mantuvo tapada. Lo que Redi observaba era que, sólo en el primero de estos sistemas se producía la aparición de moscas en tanto que en los dos últimos no. Dedujo, entonces, que las moscas depositaban sus huevos que, con el paso del tiempo se desarrollaban en moscas adultas. Aunque la Teoría de la Generación Espontánea empezó a caer en descrédito para organismos de tamaño considerable como ratones y moscas, el descubrimiento de **ANTON VAN LEEUWENHOEK** de los microorganismos volvió a actualizar el problema. En otras palabras, se propuso que si bien la generación espontánea no era posible para organismos de gran tamaño como ratones, moscas y otros; ella sí explicaba el origen de microorganismos más sencillos. Se pensaba que estas criaturas tan diminutas se originaban espontáneamente a partir de alimentos en descomposición. **LAZARO SPALLANZANI**, sacerdote italiano, trató de demostrar que la generación espontánea tampoco acontecía para los microorganismos. Hirvió caldo nutritivo en balones de vidrio y luego los cerró herméticamente de modo que nada pudiera penetrar y contaminar. Al cabo de bastante tiempo el caldo aún permanecía claro y estéril. Sin embargo los escépticos argumentaron que al calentarse el aire dentro del balón éste se había alterado tanto, que ya no podía ocurrir generación espontánea. Hace aproximadamente 100 años correspondió al inmortal microbiólogo francés **LOUIS PASTEUR** silenciar a los escépticos. **Pasteur**, también hirvió los balones pero, en vez de cerrarlos herméticamente dispuso en la tapa de cada uno un tubo en forma de "S". Todavía hoy se conservan en forma absolutamente estéril algunos de los balones originales que empleó este genial científico en el Instituto Pasteur de París. Estos hallazgos hacen que la Teoría de la Generación Espontánea caiga definitivamente en descrédito, fruto de lo cual durante finales del siglo XIX y principios del siglo XX, se plantea una concepción eternalista para explicar el

origen de la vida; la denominada **TEORÍA DE LA PANSPERMIA** (semillas en todas partes) fue enunciada por el químico sueco Svante August Arrhenius (1859-1927) en 1903 y defendida por el químico **JUSTUS LIEBIG** y por el físico **HELMUT VON HELMONT**. Esta teoría, se basa fundamentalmente en la observación de la fecundación de las lavas, originariamente estériles (cuando su temperatura es elevada), por esporas traídas por el viento y establece que este fenómeno podría ocurrir a escala cósmica, es decir, que la Tierra habría sido sembrada por gérmenes provenientes del cosmos. De ahí que a esta Teoría también se la conoce con el nombre de **TEORIA COSMOZOICA**, de la cual han derivado dos vertientes de pensamiento:

1. **LITOPANSPERMIA**: Establece que los gérmenes habrían llegado empleando a los meteoritos como vehículo de transporte. Ello justifica que se examine cabalmente cada meteorito llegado desde el espacio, con el objeto de comprobar si existe en él la presencia de materia viva o de restos orgánicos. Aunque existen pruebas de una y otra posibilidad no se puede descartar la alternativa que se hayan contaminado después de haber llegado a la Tierra.
2. **RADIOPANSPERMIA**: Establece que los gérmenes habrían llegado en medio de polvo cósmico movido por radiación cósmica. Esta teoría la sostiene el físico sueco **SVANTE ARRENIUS** pero presenta varios problemas de entendimiento, por ejemplo, se sabe que un viaje desde el Sol a la estrella más cercana **Centauro** demoraría 9000 años, el viaje sería muy incómodo ya que los gérmenes deberían soportar las bajas temperaturas, la inexistencia de oxígeno y las fuertes radiaciones cósmicas. Esto haría que ni el germen más audaz fuera capaz de soportar tales condiciones de viaje.

Sin embargo en la última década ha empezado a acumularse una serie de datos que sugieren que la panspermia puede ser un proceso natural de ocurrencia frecuente. Estudios paleomagnéticos realizados en algunos meteoritos marcianos como ALH84001 han mostrado que estas rocas han viajado desde Marte a la

Tierra y que en este viaje el interior de las mismas han tenido una temperatura alrededor y no más de 40°C. Experimentos realizados por la Agencia Espacial Europea indican que las bacterias pueden sobrevivir en el espacio profundo por alrededor de cinco años y otros experimentos de laboratorios demuestran que las mismas pueden sobrevivir tanto el impacto de eyección desde Marte, así como el choque con la Tierra. Estudios de dinámica indican que la transferencia de rocas desde Marte a la Tierra ( y en un margen limitado a la inversa) puede llevarse a cabo en un tiempo biológico de corta escala lo que hace pensar que estos organismos pudieron viajar entre estos planetas muchas veces durante la historia del Sistema Solar.

Existen tres líneas de evidencias que sustentan la idea que hace 4000 millones de años atrás la vida en alguna parte había evolucionado hacia altos niveles de complejidad. Primero, la presencia de inclusiones de grafito isotópicamente vacías en cristales de apatita en rocas Archeanas muestreadas en Groenlandia lo que se ha interpretado por la acción de fraccionamiento biológico del carbono posiblemente a través de la fotosíntesis. Sin embargo, existen algunos cuestionamientos al respecto. Primeramente, la apatita posee edades U/Pb y Pb/Pb de 1500 millones de años lo que sugiere que se formaron posteriormente y/o bien que sus relaciones isotópicas fueron de alguna manera modificados por eventos metamórficos ocurridos a alta temperatura. La segunda línea de evidencias es la posible presencia de magnetofósiles de 3900 a 4000 millones de años (indistinguibles de aquellos hechos por bacterias modernas) en los carbonatos de ALH84001. Aunque esta hipótesis es controvertida nadie ha documentado un mecanismo inorgánico posible para producir partículas similares. La industria ha fallado en producir partículas similares de magnetita. La síntesis inorgánica de magnetosomas parecidos a partículas de magnetita no es un hecho simple de considerar. Más de algún autor a publicado la producción de magnetofósiles parecidos a magnetita como resultado del calentamiento de siderita, sin embargo no se ha documentado la forma, como tampoco la química de esas magnetitas inorgánicas en detalle. La tercera línea de evidencias proviene del análisis de

relojes moleculares que se basa en un enorme número de genomas secuenciados a partir de bacterias, Archea y Eukarya, e indica que el último ancestro común de todos los organismos vivos posee una data histórica de 4000 millones de años.

Debido a que la vida en la Tierra depende de una variedad de rutas bioquímicas respiratorias que involucran el transporte de electrones, se ha argumentado que las gradientes electroquímicas son un factor crucial y crítico a la hora de argumentar la iniciación de la vida e introduciría una enorme presión de selección en la evolución inicial. Un análisis reciente de las cadenas respiratorias en Archaea, Bacteria y Eukarya indican que las oxidasas terminales ligadas a oxígeno, nitrato y sulfuro estaban presentes en el último ancestro común de todos los organismos vivientes. Una interpretación alternativa de transferencia lateral masiva de genes puede ser descartada al menos para el oxígeno ya que la mayor parte de los genes de citocromo oxidasas (con excepción de un pequeño dominio en un organismo) reproduce la huella filogenética de los rRNA.

Al considerar el origen de la Tierra, para entender el origen de los elementos, se tiene que partir desde los inicios del universo que según la teoría de mayor aceptación en la actualidad, la del *Big – Bang* (desarrollada por George Gamow con base en el descubrimiento hecho por Edwin Hubble de que el universo está en expansión) está estimada entre 14.000 a 15.000 millones de años (14-15 Ga o como se lee 14-15 Giga años) edad estimada por el corrimiento hacia el rojo de las galaxias distantes. No debe sorprender la presencia de agua en la Tierra ni en el resto de los cuerpos del universo, pues los elementos que lo componen, hidrógeno y oxígeno, se forman en una etapa temprana de la evolución de los cuerpos estelares. El hidrógeno puede considerarse como la materia prima de la que derivan todos los demás elementos; es el combustible que genera energía por fusión produciendo helio. Al empezar a disminuir la cantidad de hidrógeno, la temperatura de la estrella disminuye y la capa exterior de ésta se expande: es el inicio de la etapa de gigante roja. El helio se empieza a acumular en el núcleo de la estrella hasta producir el colapso de éste por gravitación, lo que eleva la temperatura lo suficiente para que se inicie la fusión de helio, que produce carbono.

A su vez el carbono da lugar al nitrógeno y al oxígeno. Diversas hipótesis plantean que, el carbono, la base para la vida, es elaborado en el núcleo de las gigantes rojas por el proceso denominado “triple alfa” (la fusión de tres núcleos de helio que son llamadas partículas alfa). La materia orgánica de cierta complejidad se caracteriza por contener anillos de seis y de cinco átomos de carbono. Estos compuestos de cadena cerrada, o cíclicos también llamados “aromáticos” por su olor característico que tienen como base al benceno, han sido identificados por medio de su espectro infrarrojo, solamente en estrellas que se encuentran en edades más avanzadas respecto a las gigantes rojas: la etapa de transición a la de “nebulosa planetaria”. Las nebulosas planetarias reciben este nombre porque consisten en estrellas que están en la fase de “enanas blancas” rodeadas por una brillante nube de gas y polvo estelar, que en los telescopios dan la apariencia de sistemas formados por un sol y sus planetas. La etapa de gigante roja de una estrella consiste en que mientras en el núcleo de la misma se efectúan reacciones de fusión de helio formándose carbono como producto, en su superficie cesó temporalmente la fusión de hidrógeno en helio dando lugar a la formación de una envoltura de gases y polvo, en los cuales está presente el carbono proveniente del núcleo, llevado probablemente por corrientes de convección, la que se expande hasta ocupar un volumen unas 70 veces mayor. En la etapa de transición, la contracción gravitacional en el núcleo de la estrella hace que aumente considerablemente la temperatura con emisión de radiaciones, lo que origina una inestabilidad que hace que la estrella pulse y que el material que forma la envoltura sea expulsado a gran velocidad. Para ilustrar esta fase se puede poner como ejemplo el del Sol, el cual, debido que no posee una gran masa, al final de su ciclo estelar expelerá la mayor parte de la materia que forma su envoltura, la que llegará hasta la órbita de Marte, en lo que se denomina “etapa de Gigante Roja”. Subsecuentemente, esta materia será impulsada a una gran velocidad y se expandirá hasta alcanzar la órbita de Plutón en unos 10.000 años entrando en la etapa de “nebulosa planetaria”. Después de este tiempo, la materia, que seguirá en expansión se hará de densidad tan baja que ya no será detectada, quedando sólo una enana blanca. El material expulsado por la gigante roja consiste en

hidrocarburos de cadena abierta, como el acetileno, formados hasta por ocho átomos de carbono. Con base en lo anteriormente expuesto, puede concluirse que, por lo menos en parte, el material carbonoso de nuestro sistema solar podría haberse originado en las fases de nebulosa planetaria o de gigante roja de una estrella o incluso estar formada por todas estas fases en conjunto provenientes de una gran diversidad de estrellas. Respecto del origen mismo de la Tierra a partir de una nebulosa de gases provenientes de la explosión de una supernova y posiblemente con el aporte de otro tipo de estrellas, como las gigantes rojas mencionadas anteriormente. Esta nebulosa se activó hace aproximadamente 4600 millones de años ( o 4.6 Ga) por atracción gravitacional del gas y el polvo originando un globo dotado de rotación producida por el colapso gravitacional antedicho. Conforme procedió la contracción, la velocidad de rotación aumentó debido al principio de *conservación del momento angular*. La fuerza centrífuga asociada a la rotación quizás hizo dispersar el material del sistema protosolar recién formado, pero esta fuerza se habría canalizado hacia la formación del ecuador del protosol perpendicularmente al eje de rotación de un disco del que se separan los anillos que habrían dado origen a los planetas. En la actualidad se considera que la materia del disco, inicialmente fría, empezó a calentarse gradualmente conforme la contracción gravitacional en el globo central aumentaba, hasta alcanzar por lo menos en la parte interna del disco, en la que queda ubicada la Tierra, una temperatura lo suficientemente alta como para hacer que la fase sólida pasara al estado gaseoso exceptuando el material rocoso más refractario. Por su parte la región exterior del disco quedó relativamente fría. Sin embargo la radiación de la supernova que activó a la nebulosa debió haber sido lo suficientemente intensa como para destruir todo rastro de desintegración radiactiva útil para fechar, ya que hasta la fecha no se ha obtenido datación alguna de los meteoritos que sea superior a los 4.6 Ga. Se infiere el carácter presolar de estas partículas llamadas “granos presolares”, con base en relaciones isotópicas diferentes a las del sistema solar, dadas por la abundancia de ellas de  $\text{Si}^{28}$ ,  $\text{Ti}^{44}$ ,  $\text{O}^{18}$ , y  $\text{Al}^{26}$ , entre otros.

Transcurridos sendos pasos de formación cosmológica y debido al estado de fusión de la Tierra en formación se produjo el evento de diferenciación magmática de importancia capital en la formación y ulterior evolución del planeta. La diferenciación condujo a la formación de un núcleo "interior" de Fe y Ni en estado sólido, rodeado por una capa llamada "núcleo exterior" de Fe y Ni fundidos, cuyo borde externo contiene FeS (troilita). La capa siguiente es la del manto inferior, que se define como la zona situada a una profundidad de unos 1000 Km, formado por silicatos con una densidad de  $4.7 \text{ g/cm}^3$ . Por encima de él, se halla el manto superior, formado por silicatos con una densidad de  $3.4 \text{ g/cm}^3$  y composición peridotítica. Al enfriarse la superficie se desarrolló rápidamente una capa sólida llamada "Corteza", que está separada del manto superior por la discontinuidad de Mohorovicic, definida por el cambio en la velocidad de las ondas sísmicas P de 7 Km/s en la corteza inferior, a 8.1 Km/s en el manto superior. La corteza oceánica posee un espesor promedio de 10 a 15 Km y la corteza continental de unos 35 km. En una clasificación por el estado físico, a la capa sólida se la denomina "Litósfera" la que consiste en la corteza y la parte más superficial del manto superior. Su espesor es del orden de los 100 km. Debajo de ella se halla la "astenosfera" (esfera de debilidad) en la cual tienen lugar los flujos plásticos que permiten los ajustes isostáticos y en la que pueden generarse los magmas.

La edad de formación de la Tierra no puede determinarse con exactitud debido a los repetidos eventos de fusión que ésta ha experimentado, pero puede considerarse como límite superior la edad de los meteoritos más antiguos, como el Allende, que es de 4.6 Ga. La Tierra es considerada para esta edad como una esfera de metal y roca fundidos.

Se considera que al formarse la Tierra a partir de uno de los anillos de la nebulosa de gas y polvo, hace 4.56 Ga, existía una primera atmósfera de los llamados gases cósmicos H, He,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{CH}_4$  y  $\text{CO}_2$ , principalmente. Sin embargo, estos gases fueron difundidos en el espacio debido a la alta temperatura de la Tierra, o bien, fueron barridos por el viento solar. En ese entonces, el panorama era el de un planeta rocoso, estéril y sin atmósfera; sin embargo, el enfriamiento en la superficie debió

causar corrientes de convección considerables en el magma interior que, junto con los frecuentes impactos de meteoritos debieron fracturar la delgada litósfera inicial, lo que favoreció el vulcanismo y la emisión asociada de gases de una composición similar a la que tienen ahora; 70% de vapor de agua, 15%  $\text{CO}_2$ , 5% de  $\text{H}_2\text{S}$ , además de  $\text{CO}$ ,  $\text{CH}_4$   $\text{NH}_3$  y otros gases con la ausencia de  $\text{O}_2$ , lo que daba un carácter reductor a la atmósfera en esa época. Estos gases formaron la etapa inicial de la segunda atmósfera en la Tierra. Uno de los compuestos considerados necesarios para la aparición de moléculas orgánicas complejas como los aminoácidos, es el  $\text{HCN}$ , cuya formación es factible en una atmósfera que contiene  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2$  y  $\text{N}_2$ .

Por lo que toca al oxígeno, dado su alto grado de nocividad para la materia viva, su presencia ha sido muy debatida. Debido a que no existía capa protectora de ozono, al incidir la radiación solar, principalmente la ultravioleta (UV), sobre las moléculas de vapor de agua en la parte superior de la atmósfera, las disociaban en átomos de hidrógeno y de oxígeno; este fenómeno es conocido como Fotólisis. El hidrógeno por ser un gas muy ligero, se escapa hacia el espacio, pero el oxígeno permanece y sus átomos se unen en moléculas de  $\text{O}_2$  que tienden a descender hacia la superficie. Aunque el oxígeno producido por fotólisis es escaso, existe una corriente de opinión que considera que su presencia disminuyó el carácter reductor de la atmósfera lo suficiente para que ésta no fuera favorable para la formación de la vida. En contra de lo anterior, Urey, quien propuso ese fenómeno en 1952 consignó que, como resultado del mismo, se generaría una capa de ozono que serviría de escudo contra la radiación UV, lo que reduciría la subsiguiente formación de oxígeno y protegería a los compuestos orgánicos. A favor de un ambiente reductor está la llamada "paradoja del Sol joven". Para resolver esta última, se requiere la presencia de gases de invernadero, que son estables en un ambiente reductor. Como el  $\text{CO}_2$  reacciona para formar carbonatos se ha considerado que debió haber habido  $\text{CH}_4$  y  $\text{NH}_3$ , que son inestables en ambiente oxidante. No obstante la existencia de un Sol menos brillante, postulado por la paradoja mencionada, ha sido objetado por algunos autores quienes mediante

simulación por computadora del proceso de acreción del protosol, concluyeron que éste aún antes del inicio de las reacciones de fusión nuclear, era dos veces más brillante que el sol actual debido a la energía liberada por la acreción de las partículas que lo formaron.

Al empezar a enfriarse la corteza, el vapor de agua de la atmósfera se condensó en la parte superior de la atmósfera para originar las primeras nubes y, después, una lluvia que duró miles de años. Al principio debido a las altas temperaturas, las gotas de agua no alcanzaban a tocar la superficie sino que se evaporaban antes, tal como acontece en algunos desiertos actualmente. La evaporación contribuyó a acelerar el enfriamiento hasta alcanzar el punto en que se formaron los primeros torrentes y, finalmente, los océanos. Las lluvias arrastraron a las aguas oceánicas una parte de los volátiles que se hallaban en la atmósfera, principalmente  $\text{CO}_2$ , que les dio un carácter ácido y una parte del exiguo  $\text{O}_2$ . La lixiviación en los primeros continentes y el aporte hidrotermal submarino produjo una alta concentración de  $\text{Fe}^{+2}$

Un grupo de investigadores del Carnegie Institution of Washington, mediante experimentos a temperaturas entre 300 y 800°C y elevadas presiones representativas de los sistemas hidrotermales submarinos, mostró que el  $\text{N}_2$  procedente de la atmósfera pudo haber sufrido una reducción a  $\text{NH}_3$  dentro de estos sistemas por efecto de la acción catalítica de los minerales hidrotermales. Por otra parte ha sido considerado que, mediante este mecanismo de intercambio con la atmósfera, el amoníaco hidrotermal, además de su rol esencial en la síntesis orgánica, podría haberse sumado al amoníaco atmosférico para resolver la llamada “paradoja del Sol Joven”, como fue propuesto por Sagan y Chyba. Según estos autores, el amoníaco de la atmósfera (originado por fotólisis del metano), protegido, debido a que es inestable, de la radiación UV por un escudo de partículas orgánicas sólidas a gran altitud, habría que contrarrestarlo, por el “efecto invernadero”, la deficiencia en calor del sol primitivo, que habría tenido sólo un 70% de su brillo actual, lo cual habría conducido a un congelamiento de la mayor parte

de la Tierra, irreversible porque el hielo habría reflejado una parte importante de la radiación solar.

En el año 1924, **ALEXANDER OPARIN**, bioquímico ruso y el biólogo inglés John Haldane (1929) plantearon una teoría para explicar el origen de la vida la cual, aún cuando cae en el terreno de la especulación, posee muchos adeptos considerando que ella cuenta con cierto apoyo experimental. La **TEORIA DE OPARIN** concibe el origen de la vida en dos etapas:

- I. **EVOLUCION QUIMICA:** En los tiempos prebióticos, es decir antes del origen de la vida, la atmósfera de la Tierra habría carecido de oxígeno, como sucede en la actualidad con los planetas Júpiter y Saturno. Contenía principalmente Hidrógeno, amoníaco, metano y agua El agua, en forma de vapor, cubría parte de la superficie de la Tierra, aunque normalmente estas moléculas son poco reactivas podrían haber interactuado gracias a la energía provista por la radiación ultravioleta, el calor y las descargas eléctricas. Como producto de esas reacciones se habrían originado moléculas mayores tales como los carburos, que por reacción con vapores acuáticos habría originado los hidrocarburos que a su vez, en reacción con amoníaco, habrían dado origen a: amidas, aminoácidos, bases nitrogenadas y azúcares.
  
- II. **EVOLUCION BIOLOGICA:** El enfriamiento progresivo de la Tierra habría permitido la formación de lagunas en las cuales todas esas moléculas habrían permanecido en solución, constituyendo un verdadero “caldo nutritivo” en el cual se habría favorecido las interacciones entre ellas. Así se habrían llegado a formar Proteínas y Polisacáridos, que habrían reaccionado para originar los denominados **COACERVADOS**, esto es, complejos moleculares que poseen una superficie semejante a membrana y un interior líquido y que tendrían algunas capacidades vitales, tales como: alimentación, metabolización, crecimiento, reproducción.

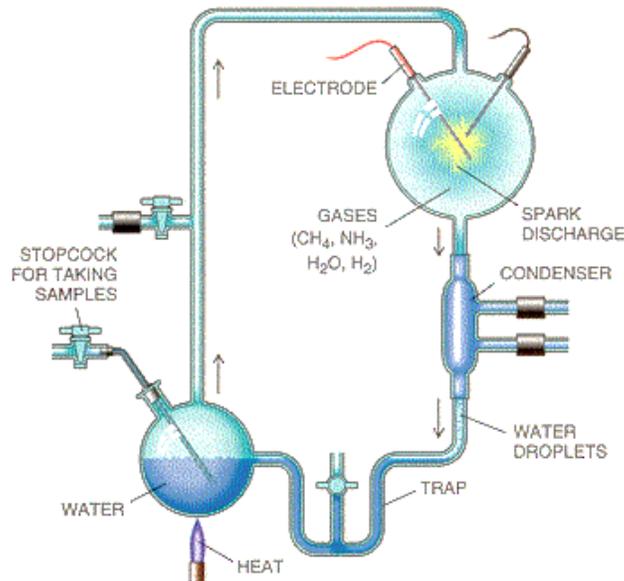
Quede claro que, si la Ciencia se caracteriza y ennoblece por el reconocimiento de la provisionalidad de sus aseveraciones, hemos de admitir como personas relacionadas con la ciencias que, las que hemos estudiado en esta clase adolecen en mayor o menor medida de incertidumbre. ¿Qué ofrece la Ciencia en estos terrenos? . Sencillamente la búsqueda honesta de la verdad. Es célebre aquello que dijo el premio Nobel **GEORGE WALD: "Con el tiempo lo imposible se vuelve posible; lo posible, probable y, lo probable y virtualmente cierto"**

Nuestro mundo, es un venerable planeta de unos 4600 millones de años. Sin embargo, se calcula que -en realidad- hace unos 4000 millones de años las condiciones ambientales no habrían permitido los procesos bioquímicos presumiblemente necesarios para la generación de los sistemas vivientes.

Hasta hace no muchos años, los paleontólogos definían el período **CAMBRICO**, como aquel en el que empezaban a aparecer fósiles de pequeños organismos y englobaban en un "cajón de sastre" llamado **PRECAMBRICO** a toda la época precedente. El precámbrico abarca **4100** millones de años y el cámbrico sólo da paso a los 570 millones de años finales. Los mismos paleontólogos han afinado sin cesar sus observaciones, reparando en algo obvio: si los organismos fósiles en conjunto son más sencillos y pequeños conforme retrocedemos en el tiempo, podríamos encontrar restos en estratos precámbricos si miramos muestras de esos estratos de la Tierra bajo el microscopio. Siguiendo este raciocinio, se han hallado fósiles microscópicos de hasta **3500 millones** de años de antigüedad en Sudáfrica y en el oeste de Australia, aunque la certeza de su origen biológico no es absoluta. Incluso en estratos más antiguos de la Tierra (3800 millones de años), en Isua (Groenlandia) parecen albergar no ya fósiles, sino huellas de actividad biológica. Una vez aparecidos los últimos antepasados comunes a todos los organismos terrestres, de estructura procarionte (sin núcleo), el siguiente gran paso, en cuanto a organización de los organismos fue la aparición de los eucariontes (células nucleadas) hace aproximadamente **1800** millones de años. Por consiguiente, la aparición de la vida fue relativamente muy

rápida, aparentemente más sencilla que ese avance organizativo posterior, que no parece ofrecer tantas dificultades de comprensión.

En **1953**, siguiendo las ideas prevalecientes en la época sobre la formación de la Tierra y en particular de la atmósfera primitiva, según las cuales ésta tendría un carácter reductor (en concreto sería rica en **CH<sub>4</sub>, NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O**), **STANLEY MILLER**, hizo un experimento revelador. **Miller**, un estudiante que comenzaba su tesis doctoral en el laboratorio de **Harold C. Urey** en la Universidad de Chicago, reprodujo en el laboratorio aquella presunta atmósfera y la sometió -no sin temor- a una de las fuentes de energía seguramente abundantes en aquellos remotos tiempos: descargas eléctricas. el resultado fue asombroso, pues apareció en su “matraz” una serie de aminoácidos, componentes esenciales de los seres vivos actuales. Efectivamente, después de un cierto tiempo de experimentación continua, Miller pudo constatar que un 10% del sistema se había transformado en cierto número de compuestos identificables: un dos por ciento del carbono se empleó en fabricar aminoácidos como los que constituyen las proteínas.



Desde entonces, se han hecho cientos de "experimentos de simulación" de las condiciones primitivas que han ido conduciendo -bajo supuestos muy diversos- a la formación de más y más componentes químicos "biológicos" sencillos, presuntos bloques de construcción de los organismos primigenios. Aun cuando la atmósfera reductora hubiera permanecido por un corto lapso, para mutar a otra de carácter oxidante, no hace falta recurrir a un laboratorio a escala planetaria para albergar reacciones necesarias para que comenzara la vida. Así se postulan ambientes localizados donde las condiciones serían especialmente favorables: fuentes hidrotermales submarinas, charcas formadas por la caída relativamente suave de un cometa.

Los experimentos de simulación, debe decirse, son a menudo muy caprichosos e inverosímiles. Así, se ha conseguido formar todos los compuestos que se pudieron necesitar en condiciones supuestamente similares a las prebióticas pero asumiendo condiciones de muy diverso tipo según qué experimento. Sin embargo, si para ensamblar los componentes de un ser vivo se necesita una serie diversa de compuestos, hay que encontrar mecanismos que permitan disponer de todos ellos a la vez y sin compuestos entorpecedores. esto es, un escenario plausible en donde ocurriera todo lo necesario.

Mucho de los componentes vitales de un organismo se forman en los experimentos de simulación a partir de ácido cianhídrico (**Cianuro**) y de formaldehído (que combinado con agua es formol), esto es, un veneno mortal (para nosotros) y un conservante de cadáveres, respectivamente.

Está uno en derecho a dudar de los experimentos de simulación, de que se formen compuestos de interés prebiótico con tanta facilidad. Pero hay un dato aplastante a favor de muchos de ellos: Hay realmente materia orgánica por todo el Universo. Si bien no sabemos hasta qué punto compleja. Más. El meteorito que cayó en Murchison - Australia en 1969, tenía un contenido en aminoácidos de sorprendente parecido al que surge en los experimentos de simulación clásicos (como los de Miller). Los datos recopilados por **CHRISTOPHER CHYBA y CARL SAGAN** les

han llevado a proponer con fundamento que las moléculas orgánicas caídas a la Tierra desde el espacio pudieron ser una fuente de material de enorme importancia para la emergencia de vida en el planeta.

La siguiente tabla muestra la similitud de compuestos presentes en los experimentos de simulación y los encontrados en el meteorito que se mencionaba en párrafos precedentes.

AMINOACIDO	METEORITO	EXPERIMENTO
<b>Glicina</b>	****	****
<b>Alanina</b>	****	****
<b>Acido a-amino N-butírico</b>	***	***
<b>Acido a-aminoisobutírico</b>	****	****
<b>Valina</b>	***	**
<b>Norvalina</b>	***	***
<b>Isovalina</b>	**	**
<b>Prolina</b>	***	*
<b>Acido Aspártico</b>	***	***
<b>Acido Glutámico</b>	***	**
<b>b-Alanina</b>	**	**
<b>Acido b amino N-butírico</b>	*	*
<b>Acido b aminoisobutírico</b>	*	*
<b>Acido g -aminobutírico</b>	*	**
<b>Sarcosina</b>	**	***
<b>N- etilglicina</b>	**	***
<b>N - Metilalanina</b>	**	**

tabla transcrita a partir de: Leslie Orgeel "Origen de la Vida sobre la Tierra", Investigación y Ciencia, Diciembre de 1994

Acaso el problema más grave en el origen de la vida no sea el de la formación de los "bloques de construcción" como aminoácidos o azúcares etc., ni siquiera el de su polimerización, sino, el ensamblaje funcional de estos componentes.

En los organismos actuales, la mayoría de los trabajos vitales los desarrollan unas proteínas de estructura compleja: las **ENZIMAS**, biocatalizadores que modulan de manera específica diversas reacciones bioquímicas que se desarrollan a nivel celular y que se sintetizan gracias a la información contenida en los ácidos nucleicos. Pero, para que los ácidos nucleicos expresen su

información y se dupliquen, es necesario que previamente existan ya proteínas. Es un círculo virtuoso que complica el problema de los orígenes.

Sin embargo en el año **1981** unos descubrimientos de **THOMAS CECH**, que le llevaron a obtener el premio Nobel de química en 1989, arrojaron una nueva luz a nuestra penumbra intelectual. Cech y sus colegas encontraron la existencia de un tipo de ácidos nucleicos **ARN** con capacidades enzimáticas, capacidad tenida como exclusiva de las proteínas. Se les dio el nombre de **RIBOSIMAS**.

El primer impulso fue argüir que unos ribozimas primitivos no necesitarían proteínas enzimáticas auxiliares, lo que eliminaría el problema del origen simultáneo. Esta sugerencia teórica se ha fortalecido por los trabajos posteriores del propio Cech y otros autores que han conseguido ARNs sintetizados de forma artificial con capacidad de formar réplicas de otros ARNs preexistentes. En otras palabras el mundo primigenio estuvo probablemente habitado por ARNs un "mundo de ARN" como la bautizara **WALTER GILBERT** (otro premio Nobel). Después de este mundo químico sometido a las presiones ambientales de la época y evolucionando por selección natural en el sistema "Tierra" bajo las condiciones imperantes, no es difícil imaginar todo lo que pudo venir a continuación.

**GRAHAM CAIRN-SMITH**, de la Universidad de Glasgow, ha elaborado una hipótesis muy bien argumentada sobre la posibilidad de que, antes de los seres vivos orgánicos existieran **ORGANISMOS MINERALES**. De arcilla concretamente. En efecto, los cristales de arcilla, pueden ser sistemas con capacidad de crecimiento y duplicación y acaso con capacidad de evolucionar por selección natural. Cabe la pregunta ¿Cómo es ello posible? . Los cristales de arcilla, no son perfectos, no son uniformes. En su estructura pueden albergar diversos tipos de "defectos" y estos defectos se extienden al crecer los cristales, y se esparcen al fracturarse los cristales, y como los defectos alteran las propiedades de la arcilla, podría haber cristales que se reprodujeran más rápidamente o que perduraran más que otros con defectos distintos. Según

Cairn-Smith, estos sistemas arcillosos podrían evolucionar llegando a incluir en su estructura a moléculas orgánicas (ARNs), asegurándose de esta forma el "poder genético" en la evolución gracias a sus mayores potencialidades. Otra alternativa es que los coacervados de Oparin hubieran introducido un tipo particular de ARN con propiedad catalítica y con ello hubiera adquirido la capacidad de continuidad y mutación.

El tema del origen de la vida -como ve- continúa siendo un tópico científico apasionante, motivo de interesantes acercamientos pero, hasta hoy no se ha podido desentrañar con certeza cuál fue el origen de la vida.

Le he presentado a usted la visión que ofrece la ciencia, como sistema organizado de conocimiento, acerca de este trascendental tema. Cabe, enfatizar lo que dijera al inicio de este apunte: todo lo que digamos acerca del problema del origen de la vida, cae dentro del terreno de la especulación, sin embargo, es necesario enfatizar -en justicia- que lo que la Ciencia ofrece en este terreno es el fruto de un afán sistemático y sincero por acercarse a la verdad. Ello, no cabe duda, es de un valor incalculable para la humanidad que se ha debatido por siglos entre los fuegos de dos imperialismos: Ciencia y Religión. Usted deberá reflexionar acerca de ello y, sin renunciar a sus convicciones particulares, puede ahora quizá compatibilizar lo que resulte fruto de esa reflexión. Ello le ayudará sin duda en el encuentro de su propio camino hacia la verdad.

## GLOSARIO DE TERMINOS

<b>CREACIONISMO:</b>	Doctrina filosófica y teológica que afirma que el mundo y el hombre han sido creados de la nada por un acto divino.
<b>TEMPORALIDAD:</b>	Condición de lo que existe en el tiempo.
<b>EVOLUCION:</b>	Proceso de cambio de las especies biológicas que desemboca en la aparición de otras distintas a través de la adaptación al medio y la llamada selección natural en la lucha por la existencia.
<b>GEOFISICA:</b>	Parte de la geología que aplica los principios y métodos de la física al estudio de la Tierra.
<b>DESACREDITAR:</b>	Quitar o disminuir la credibilidad en una persona o cosa .
<b>ESCEPTICO:</b>	Dícese de quien no cree en determinadas cosas.
<b>AMIDA:</b>	Cada uno de los compuestos orgánicos que formalmente se consideran derivados del amoníaco ( $\text{NH}_3$ )
<b>CARBURO:</b>	Combinación de carbono con otro elemento.
<b>COACERVADO(TO):</b>	Fase de coacervación más concentrada en componente coloidal.
<b>ENZIMA:</b>	Fermento de origen biológico y naturaleza proteica que actúa como catalizador en las reacciones químicas de naturaleza orgánica.
<b>CATALIZADOR:</b>	Sustancia que modula la velocidad de una reacción, pudiendo recuperarse sin cambios esenciales en su forma o composición al final de la reacción.