

### 3.4- EL ORIGEN DE LA VIDA.



Las preguntas "quiénes somos" y "de dónde venimos" acompañan a nuestra especie desde que apareció como tal. Al margen de explicaciones míticas, la Biología ha resuelto en parte esas cuestiones gracias a las teorías de la evolución. La evolución explica cómo han aparecido todas las especies actuales, por cambios graduales a partir de un antecesor común, pero no explica cómo apareció ese antepasado común. El origen de la vida es pues, uno de los principales interrogantes de la ciencia actual.

#### 3.4.1-ANTECEDENTES.

##### La generación espontánea.

Desde la antigüedad, tanto en Europa como en Asia, se había creído que los organismos simples se generaban espontáneamente, sin necesidad de descender de otros seres vivos. Así, en China se pensaba que los pulgones se creaban a partir del bambú joven, en la India se pensaba que moscas, escarabajos y otros insectos se generaban a partir del sudor y la basura, en Egipto se pensaba que el limo del Nilo producía sapos, ranas, ratas y serpientes. En la Europa del siglo XVII, se podían encontrar recetas de cómo "crear" insectos, protozoos e incluso ratones a partir de licores, extractos de animales, granos de trigo, e incluso de ropa sucia.

La idea de generación espontánea fue adquiriendo el rango de polémica científica, con las primeras esterilizaciones aceptables, conseguidas por Lazzaro Spallanzani, y sobre todo las de Louis Pasteur, con las que demostró que cualquier fluido nutritivo, nunca desarrollaba seres vivos si no se permitía que llegaran a él semillas, huevos o esporas de otros seres vivos. A partir de mediados del siglo pasado, se abandonó la idea de generación espontánea, y se aceptó que todo organismo procede de otro organismo.

##### El vitalismo.

Hasta el siglo XIX parecía imposible fabricar en laboratorio, a partir de compuestos minerales, moléculas idénticas a las presentes en los seres vivos. Químicos, médicos y biólogos creían firmemente que tales sustancias sólo podían ser creadas gracias a una misteriosa "fuerza vital", presente tan sólo dentro de los organismos vivos. Química orgánica (o del Carbono) era sinónimo de vida.



El vitalismo se fue al traste con la primera síntesis artificial de un compuesto orgánico: la urea, realizada en 1828 por el químico alemán Friedrich Wöhler, a la que siguieron la de otras muchas sustancias orgánicas. Desde entonces se sabe que innumerables sustancias orgánicas pueden originarse y estar presentes en lugares donde no haya rastro de vida.

### 3.4.2- QUÉ ES LA VIDA?

La característica más importante que posee nuestro planeta es sin duda, la existencia de vida. Por supuesto que existen otras características que hacen diferente a la Tierra de sus vecinos (Venus, Marte) como la existencia de agua líquida, o la presencia de oxígeno libre en la atmósfera. Pero estas peculiaridades son insignificantes comparadas con la existencia de una Biosfera. Es más, algunas de ellas son consecuencias de la existencia de vida.

Hoy sabemos que los actuales seres vivos son el producto de una larga evolución basada en las mutaciones y la selección natural, que ha durado miles de millones de años. Sabemos que todo ser vivo descende de otro ser vivo, que distintas especies tienen antepasados comunes, y que en definitiva todos los seres vivos tienen un origen común. Este hecho se manifiesta en tres propiedades comunes a toda la materia viva, pese a su inmensa diversidad:

1-La universalidad de la composición química. Todos los seres vivos están formados por moléculas basadas en la química del carbono. El carbono, gracias a sus propiedades, es fuente de una inmensa variedad de compuestos, con una estabilidad compatible con las condiciones de la vida.

2-La universalidad del código genético. Todos los seres vivos almacenan su información hereditaria en el ADN. La capacidad de almacenar información reside en un alfabeto de 4 letras. Todos los seres vivos traducen el lenguaje del ADN al del ARN, y el de éste al lenguaje de las proteínas, formadas por los mismos 20 tipos de aminoácidos, y construidas por los ribosomas, básicamente iguales en todo ser vivo. Todo ser vivo además, duplica constantemente sus instrucciones hereditarias.

3-La universalidad de la organización celular. Todo ser vivo está constituido por una o más células, que limitan con el exterior o través de membranas de lípidos y proteínas, y que realizan por sí mismas todas las funciones básicas de la vida.

El "árbol de la vida" en resumen, es grande, variado y frondoso. Presenta innumerables ramas con diferencias notables entre sí, pero posee un único tronco: un único origen. Y lo más importante; hay un único árbol de la vida. La vida apareció una vez en la Tierra, y ha originado a todos los organismos que podemos contemplar, pero no han aparecido desde entonces "nuevas vidas": no hay varios "árboles de la vida", al menos en nuestro planeta.



Descifrar el misterio del origen de la vida, consiste en explicar cuándo, dónde y cómo surgió el primer ser vivo de la Tierra. Para ello es imprescindible definir qué es la vida, o siendo más precisos, ¿qué propiedades debe cumplir un sistema para poder ser considerado como viviente? Las respuestas más aceptadas a esta cuestión son:

1-Estabilidad frente al medio

2- Las partes del organismo han de trabajar coordinadamente para el bien común.

3-Reaccionar ante estímulos externos.

4-Almacenamiento de información hereditaria

5-Reproducción.

6-Evolución

7-Obtención de energía del exterior

Así pues, cualquier sistema que cumpla la totalidad de las características anteriores, debe ser considerado como vivo, independientemente (y esto es importante) de su composición química o de su aspecto. Durante mucho tiempo, el problema parecía centrado en explicar el origen de los compuestos de Carbono, pero como hemos visto, ni la vida es imprescindible para la química orgánica, ni probablemente, la química orgánica lo sea para la vida.



### 3.4.3- ¿CUÁNDO APARECIÓ LA VIDA?. (Primeras etapas de la evolución de los seres vivos)

Vamos a realizar una cronología de la aparición de las primeras formas de vida, independientemente de cómo surgió la primera. Debemos tener en cuenta que las primeras oleadas de vida, supusieron un fuerte impacto para el medio, de manera que no sólo evolucionaron los seres vivos, sino también la atmósfera, la hidrosfera e incluso la litosfera. Los seres vivos y el medio se influyeron mutuamente.

Partimos de una Tierra joven, recién consolidada, sometida aún frecuentes impactos meteoríticos, vulcanismo mucho más activo que el actual, océanos más delgados y atmósfera más

tenue. Pero la principal característica es que no había oxígeno libre ni en la atmósfera ni disuelto en las aguas, es decir, partimos de **condiciones reductoras**.



En una atmósfera sin oxígeno ( $O_2$ ), tampoco hay ozono ( $O_3$ ), por lo que penetran hasta la superficie de la Tierra todas las radiaciones solares. Las descargas ultravioletas inciden sobre los gases atmosféricos (que también están disueltos en los océanos), y los combinan formando sustancias orgánicas, que al no haber oxígeno libre, nada las destruye y pueden acumularse en los mares.

Hace unos 4000 millones de años aparecen en los océanos las primeras formas de vida. Se trata de seres unicelulares, procariontes (de organización celular sencilla), anaerobios (no toleran el  $O_2$ ), y heterótrofos (no son capaces de fabricarse su propia materia orgánica). Sobreviven fermentando sustancias orgánicas formadas por las descargas ultravioletas (similares a las actuales arqueobacterias)

Hace 3800 millones de años aparecen los primeros organismos autótrofos. Son similares en todo a los anteriores, pero añaden la capacidad de formarse su propia materia orgánica, aprovechando la energía que se libera en reacciones exotérmicas que suceden en el medio (similares a las actuales bacterias quimiosintéticas) Continúan siendo procariontes y anaerobios, pero constituyen los primeros productores. La vida se independiza y se expande rápidamente por los océanos.



Hace 3600 millones de años aparecen los primeros organismos fotosintéticos. No sólo pueden fabricarse su propio alimento, sino que su fuente de energía es la abundante e inagotable luz solar. Al principio se trata de una fotosíntesis en la que no se libera  $O_2$  sino S, ya que la fuente de  $H^+$  y de  $e^-$  no es el  $H_2O$ , sino el  $H_2S$  (como sucede con las actuales sulfobacterias púrpuras). El ambiente general sigue siendo reductor, y ningún ser vivo necesita el oxígeno.

Poco después, aparece una nueva forma de fotosíntesis. Es en todo igual a la anterior, excepto en la fuente de  $H^+$  y  $e^-$ . Comienza a utilizarse la abundantísima  $H_2O$ , con lo que se inicia una masiva liberación de  $O_2$  en las capas superficiales de los océanos. Sin embargo, durante al menos 100 millones de años no se acumula oxígeno libre en la atmósfera, ya que el que se va produciendo es empleado en oxidar las rocas de la superficie, los abundantes gases reductores (metano, amoníaco, etc) y sobre todo, los cationes metálicos en disolución.

El hierro, hasta entonces disuelto como  $Fe^{2+}$ , comienza a precipitar masivamente en forma de  $Fe_2O_3$  (hematites), originando las rocas conocidas como "Formaciones Ferríferas Bandeadas"

que constituyen la primera prueba indirecta de la existencia de vida, o al menos, de un cambio a una atmósfera e hidrosfera oxidantes.

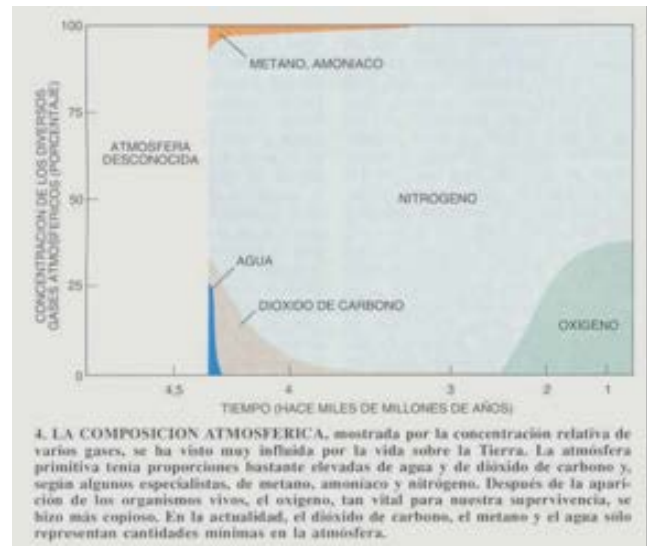
Las bacterias responsables de el último cambio, serían similares a las actuales cianobacterias, y también nos dejaron los primeros fósiles: los estromatolitos, o láminas de colonias de bacterias fotosintéticas, que se forman en medios intermareales.

La acumulación de oxígeno, provoca cambios dramáticos en la joven biosfera. Todas las formas de vida anteriores quedan relegadas a ambientes locales anóxicos, y son sustituidas por la nueva estirpe de bacterias aerobias, que no sólo toleran el oxígeno, sino que comienzan a utilizarlo victoriosamente para obtener energía de una forma mucho más eficiente (respiraciones)

La acumulación de oxígeno además, supone la formación de una incipiente capa de ozono en la atmósfera, con lo que la radiación ultravioleta deja de bombardear la superficie, y la síntesis fotoquímica de compuestos orgánicos, desaparece definitivamente.



de colonias similares a las actuales volvox.



Hace 1500 millones de años, aparecen los primeros organismos de organización eucariota, posiblemente a partir de colonias de procariotas. Con los organismos eucariotas, se inventa la reproducción sexual, lo que permite la mezcla continua de caracteres, y una variabilidad mucho mayor. La evolución se acelera considerablemente.

Hace 1300 millones de años aparecen los primeros seres pluricelulares, tras un primer estadio

### 3.4.4- CÓMO APARECIÓ LA VIDA?

#### a- La atmósfera primitiva

Como ya se ha dicho, en una atmósfera como la actual, no es posible la síntesis de compuestos orgánicos fuera de los seres vivos, y de formarse, se destruirían rápidamente por oxidación. Los compuestos orgánicos están limitados en la actualidad al interior de los seres vivos, o a los ambientes anóxicos. Sin embargo la atmósfera primigenia no contenía oxígeno libre, y estaba constituida mayoritariamente por  $N_2$ ,  $CO_2$ , y cantidades apreciables de amoníaco, metano e hidrógeno. Esta hipótesis se ve confirmada por varios hechos independientes:

-Ésa es la composición de los planetas vecinos al nuestro.

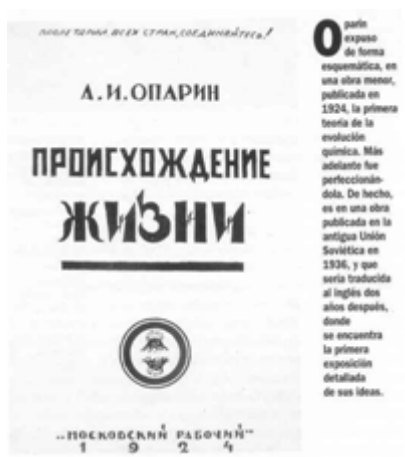
-Ésos son los gases que se desprenden mayoritariamente en las erupciones volcánicas.

-Ésa sería la composición de la atmósfera si desapareciese la fotosíntesis.

-Las rocas más antiguas del Precámbrico demuestran siempre que se sedimentaron en ambientes reductores.

En una atmósfera reductora los compuestos orgánicos son estables, pero ¿cómo pudieron formarse sin seres vivos?

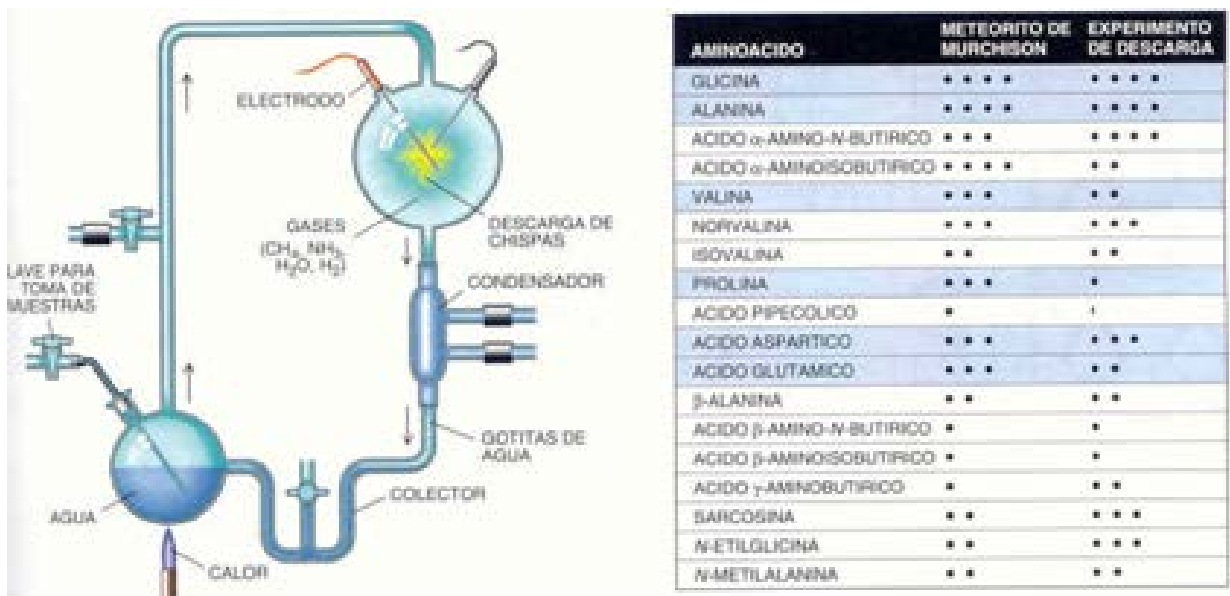
#### b- La "Química prebiótica".



En la década de los años 30, el bioquímico soviético Alexei Oparin, publicó el primer intento serio y plausible de explicar el origen de la vida, partiendo de una Tierra primitiva. En esencia su teoría proponía que las descargas ultravioletas, habrían servido de fuente de energía para unir constituyentes atmosféricos simples, formándose sustancias orgánicas sencillas. Éstas, se habrían ido disolviendo y acumulando en los mares, formando una "sopa o caldo primitivo". En dicha "sopa", las moléculas orgánicas sencillas se habrían unido por azar, formando los primeros polímeros o macromoléculas de interés biológico, las cuales, al cabo de millones de años habrían formado sistemas autorreproductores, iniciándose la vida. Los experimentos que se fueron realizando en los



siguientes 40 años intentaron seguir la senda trazada por Oparin, consiguiéndose sorprendentes éxitos, y también callejones sin salida.



The diagram shows the Miller-Urey experiment apparatus. It consists of a round-bottom flask containing water (AGUA) heated by a Bunsen burner (CALOR). A tube leads from the flask to a vertical condenser (CONDENSADOR) where water droplets (GOTITAS DE AGUA) are collected in a collector (COLECTOR). The gas mixture (GASES) of  $CH_4$ ,  $NH_3$ ,  $H_2O$ , and  $H_2$  is introduced into the top of the flask. An electrode (ELECTRODO) is placed in the gas mixture, and a spark discharge (DESCARGA DE CHISPAS) is applied. A side arm with a valve (LAVE PARA TOMA DE MUESTRAS) allows for sample collection.

AMINOACIDO	METEORITO DE MURCHISON	EXPERIMENTO DE DESCARGA
GLUCINA	• • • •	• • • •
ALANINA	• • • •	• • • •
ACIDO $\alpha$ -AMINO-N-BUTIRICO	• • •	• • • •
ACIDO $\alpha$ -AMINISOBUTIRICO	• • • •	• •
VALINA	• • •	• •
NOYVALINA	• • •	• • •
ISOVALINA	• •	• •
PROLINA	• • •	•
ACIDO PIPECOLICO	•	•
ACIDO ASPARTICO	• • •	• • •
ACIDO GLUTAMICO	• • •	• •
$\beta$ -ALANINA	• •	• •
ACIDO $\beta$ -AMINO-N-BUTIRICO	•	•
ACIDO $\beta$ -AMINISOBUTIRICO	•	•
ACIDO $\gamma$ -AMINOBUTIRICO	•	• •
SARCOSINA	• •	• • •
N-ETILGLICINA	• •	• • •
N-METILALANINA	• •	• •

En 1953, el bioquímico estadounidense Stanley Miller, obtuvo el primer éxito experimental importante. Preparó una mezcla gaseosa que simulaba la composición original de la atmósfera, y la sometió a descargas eléctricas. Al cabo de varios días fueron apareciendo sustancias como el cianuro de hidrógeno (HCN), el formaldehído (CH<sub>2</sub>O), la urea, el ácido acético y numerosos aminoácidos. Por supuesto, todos éstos compuestos se obtenían ya de forma rutinaria en laboratorios de todo el mundo, pero Miller demostró que se formaban espontáneamente, sin catalizadores y sin sucesión precisa de pasos intermedios. Bastaba un ambiente reductor y un aporte energético.

En los años que siguieron a los resultados de Miller, se desató una carrera por simular la formación de biomoléculas en condiciones similares a las de la Tierra primitiva. Se probaron con distintas mezclas y distintas fuentes de energía, y el fruto fueron nuevas biomoléculas, como bases nitrogenadas, azúcares y grasas (aunque estos dos últimos en mucha menor cantidad). Los monómeros orgánicos obtenidos reaccionaban fácilmente entre sí para dar polímeros (como los llamados proteinoides).

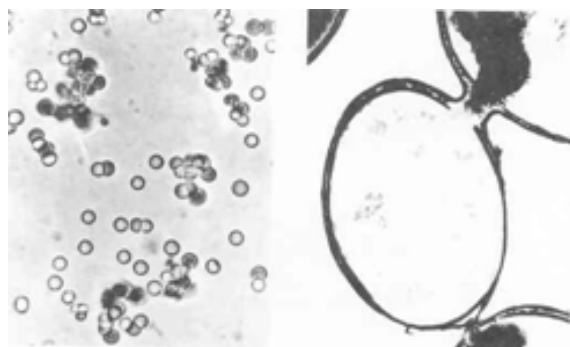


**c-De las macromoléculas a la organización celular.**

La resolución del misterio del origen de la vida, requería obtener auténticas estructuras celulares, a partir de grandes biomoléculas. En 1971, el británico Sidney Fox obtuvo en laboratorio unas estructuras a las que llamó microsferas, de un tamaño entre 1 y 80 micras.

Cada microsfera estaba aislada del exterior por una doble capa de lípidos y proteínas (similar a cualquier membrana celular). Las microsferas, son capaces de colocar nuevos lípidos y

proteínas en su superficie, constituyendo una forma simple de crecimiento. Son capaces de absorber glúcidos, aminoácidos y enzimas, haciéndolos fermentar en su interior y extrayendo así energía del medio circundante. Son también capaces de enquistarse cuando las condiciones externas son adversas. El camino trazado por Oparin parecía estar casi concluido. A finales de los años 70, parecía que sólo restaba por crear en laboratorio estructuras capaces de reproducirse, pero nunca se consiguió.



#### **d- La Panspermia.**

En la década de los cincuenta del siglo XX, el británico Fred Hoyle recuperó la vieja hipótesis de que la vida unicelular pudo haber llegado desde el espacio... concretamente a bordo de cometas. Su teoría no tuvo ningún respaldo, pero años después comenzó la búsqueda de compuestos orgánicos en meteoritos y cometas y los resultados fueron sorprendentes.



En 1986, la sonda Giotto descubrió en la estela del cometa Halley sustancias como el cianuro de hidrógeno, formol y 14 glúcidos. En el meteorito de Murchisson se hallaron 14 aminoácidos, 250 hidrocarburos distintos y las cinco bases nitrogenadas propias de la vida (adenina, guanina, citosina, timina y uracilo) Más tarde se ha demostrado que incluso el polvo cósmico contiene compuestos que se creían exclusivos de

la vida. Estos hallazgos han sido plenamente corroborados por las sondas Rosetta y Hayabusha.

Así pues, la química orgánica es un suceso más abundante en el universo de lo que se creía. La teoría de la Panspermia plantea que los cometas (millones en el sistema solar) habrían ido sembrando de macromoléculas los planetas y satélites, y la vida habría florecido sólo en los sitios “fértiles”.

La Panspermia no resuelve el problema del origen de la vida, sino que lo traslada a otro lugar del sistema solar.

#### **e- Los primeros replicadores. El papel de las arcillas.**

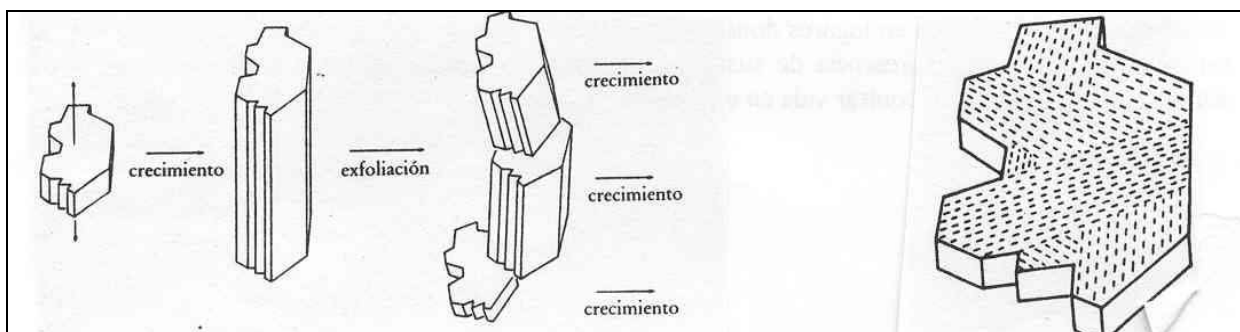
Todos los intentos de producir en laboratorio una vida basada en el C han fracasado en el mismo punto: La reproducción. Hoy por hoy no hay reproducción sin ácidos nucleicos, y éstos no pueden aparecer espontáneamente. Los bioquímicos necesitan 14 pasos muy precisos para fabricar un solo nucleótido (dos o tres casualidades encadenadas, son posibles, 14 casualidades seguidas



son absolutamente improbables). Para cada paso, precisan de una enzima u otro tipo de catalizadores. El ser vivo más simple que podamos imaginar, necesitaría al un mínimo de 50 genes activos, lo que supondría decenas de miles de nucleótidos colocados en orden correcto. Ciertamente, la Tierra dispuso de varios cientos de millones de años para "jugar a los dados" con las biomoléculas, pero ni con todo ese tiempo se puede esperar que se forme un gen "por azar". Se ha sugerido que las primeras moléculas autorreplicadoras, pudieron ser de ARN o algo aún más simple, pero el problema de la improbabilidad de su síntesis espontánea sigue siendo insalvable.

Dado que la vida que conocemos es de alta tecnología. Dado que la actual maquinaria biológica es en definitiva, demasiado compleja para aparecer espontáneamente, precisamos algún paso intermedio. Unos pasos de los que pueden no quedar rastros, como un andamiaje que ayuda a construir un edificio, pero que es retirado tras su conclusión. Faltan los catalizadores no biológicos, que condujeron a la síntesis de ADN y ARN.

La idea de que algunos minerales hayan podido desempeñar un papel importante en la aparición de la vida, no es algo nuevo. Numerosos autores han utilizado (con éxito) minerales para la síntesis de macromoléculas orgánicas. La idea más aceptada es que diversos silicatos, especialmente las arcillas pudieron haber actuado como catalizadores, consiguiendo en algún momento la síntesis de un ácido nucleico.



### “Ciclo vital” de los silicatos.

Pero científicos como Graham Cairns-Smith van mucho más allá. Para ellos, no sólo los minerales sirvieron de punto de partida para la vida actual, sino que las arcillas constituyeron la primera clase de vida que habitó nuestro mundo.

Las arcillas, como todos los demás minerales, se forman a partir de disoluciones saturadas. Crecen colocando ordenadamente nuevas capas de átomos, según patrones geométricos característicos.

No obstante, para que crezca un mineral, es precisa la existencia de una "semilla". Basta con que aparezca un trocito diminuto de cristal en la disolución, para que el crecimiento sea posible. Por otra parte, los cristales del mundo real, poseen "imperfecciones" producidas por azar (las más frecuentes son la sustitución de unos átomos por otros, aparición de huecos en la red por ausencia

átomos, dislocaciones de la red que generan mosaicos piezas con distintas orientaciones, maclas, etc).

Algunas de estas imperfecciones alteran las propiedades físico químicas del cristal, alterando la velocidad de crecimiento, causan cambios en la forma o hábito cristalino del mineral, cambian su



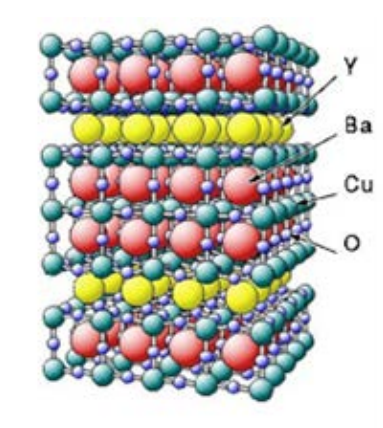
durante un ciclo de sequía-deshidratación y un medio que contenga los componentes básicos de los nucleótidos y la presencia de sales de sulfato, se pueden fabricar nucleótidos, ladrillos básicos de los ácidos nucleicos. En el transcurso de las reacciones también se obtienen dinucleótidos y cadenas cortas.

solubilidad, proporcionan mayor o menor dureza, causan su rotura al alcanzar cierto tamaño, etc.

Cuando un mineral de arcilla está creciendo a partir del "alimento" disuelto en el agua, las nuevas capas cristalinas crecen de acuerdo con el patrón que existe en la

"semilla", de modo que los "errores" originales son repetidos indefinidamente mientras dure la cristalización. Los nuevos minerales pueden pasar a formar parte de rocas sedimentarias, o pueden ser erosionados. Cada mineral se rompe entonces en fragmentos diminutos, que se dispersan portando los errores (la información del cristal "padre"). Algunos fragmentos, tendrán la posibilidad de caer en mares o lagos, donde volverá a repetirse el proceso; pero también se encontrarán con "semillas" rivales capaces de realizar su propio ciclo de crecimiento-rotura-dispersión. Quien de ellas realice su "ciclo vital" con más éxito depende en buena medida del tipo particular de imperfecciones cristalográficas que posea. Por puro azar, además, irán apareciendo nuevos errores (mutaciones).

(Las arcillas poseen pues, las bases para protagonizar una evolución Darwiniana basada en la variación y la selección natural. Para llegar hasta este escenario no ha sido necesario plantear ningún ambiente extraño, ni atmósferas de condiciones improbables, ni casualidades encadenadas, sino vulgares procesos geológicos como erosión, viento, disolución, cristalización, etc, fácilmente reproducibles en laboratorio.)

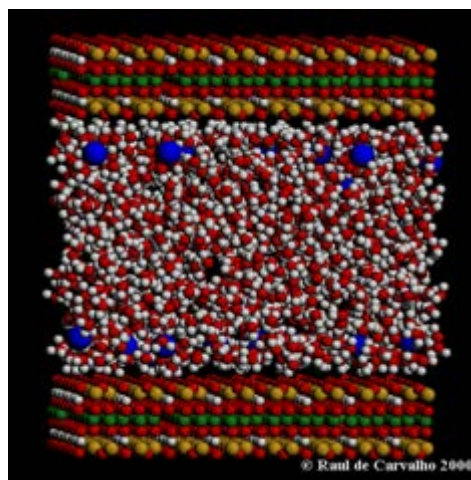


De sobra es conocido el "gusto" que muestran las arcillas por formar complejos de adsorción, es decir, capas ordenadas de iones, ajenos al cristal pero pegados a él con enlaces débiles, originando capas concéntricas. A menudo este proceso sirve de mecanismo de unión de unas sustancias con otras. Es decir, las arcillas no sólo se copian, sino que son catalizadores activos. Cuando en el agua abundan las sustancias orgánicas, las arcillas las atrapan, y se rodean de ellas formando los lodos

bituminosos. Hasta aquí es donde puede progresar hoy día esta particular evolución, porque donde hay arcillas con biomoléculas, existen bacterias, hongos y animales comedores de limo que abortan cualquier "intento evolutivo". A comienzos del Precámbrico sin embargo, no existían las bacterias ni por supuesto los animales. Además, como hemos visto, las aguas almacenaban gran cantidad de materia orgánica. El relato de la primera vida, la "vida de baja tecnología", puede comenzar.

En un primer estadio, los replicadores cristalinos, carentes de cualquier competencia, se extienden por las aguas. Según Cairns-Smith, al principio vivirían en ambientes protegidos, en rocas porosas o fondos marinos, y más adelante se extendieron a lugares más expuestos, más cambiantes, más próximos a la superficie. Algunas variedades, portarían mejoras, haciendo que las condiciones fuesen más duras para sus rivales. Podrían haber aparecido "depredadoras" capaces de destruir a otros replicadores, e incorporar los fragmentos de sus víctimas como materia prima. (Es importante recordar que no se sugiere ningún proyecto deliberado, sencillamente el mundo tiende a llenarse de aquellas variedades de arcilla que poseen propiedades que las hacen crecer y diseminarse con más éxito). Los genes minerales no poseen el exacto control molecular que poseen nuestros enzimas, pero con su información, podrían haberse construido poros, membranas, conductos y otros trucos destinados a un crecimiento y un uso del agua saturada, verdaderamente eficaces.

Algunas familias de cristales, pudieron catalizar la síntesis de nuevas sustancias que les ayudasen en sus procesos de replicación-dispersión. Estas sustancias secundarias serían en un principio meras herramientas de los genes de arcilla (¿su fenotipo?) (Las moléculas orgánicas son usadas con frecuencia en la industria petrolera para alterar las propiedades de lodos bajo presión de fluidos. Ej: los cristales de montmorillonita, tienden a fragmentarse en presencia de determinados compuestos orgánicos, los taninos alteran la dureza de illitas y caolinitas, otras, disminuyen la solubilidad de los minerales, etc) La "edad de oro" de la vida de baja tecnología, sería un mundo poblado por seres orgánicos, controlados por genes de cristal, que continúan poseyendo la información hereditaria, y aún son los únicos replicadores. (En laboratorio se han obtenido variedades de arcillas que se rodean de membranas lipídicas cuando han agotado sus posibilidades de crecimiento, y que incluso pueden realizar una auténtica fotosíntesis)



Con el tiempo, se inventarían las proteínas. No sólo como soportes estructurales, sino con funciones catalizadoras. Su función de control químico, resultaría mucho mejor que las rudimentarias superficies de la arcilla. Un gen cristalino, trabajando con enzimas, sería capaz de llevar a cabo su ciclo vital de un modo mucho más rápido y preciso. La selección natural trabajaría a su favor. Poco después, se inventaría el ARN como elemento estructural. Durante bastante

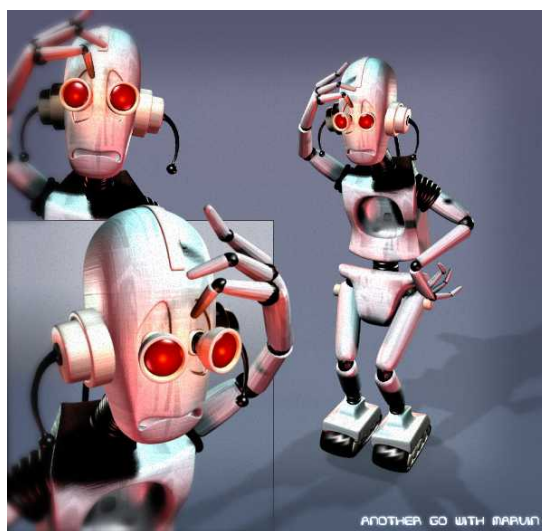
tiempo, sin embargo, ninguno de los cada vez más complejos "cuerpos" orgánicos tenía la capacidad de replicarse.

En un momento dado, el ARN, o algo similar, comenzó a duplicarse por sí mismo. Proteínas y ARN tomaron las riendas, y se mostraron no sólo como mejores catalizadores, sino como ejemplares y rápidos replicadores. En éste momento, el primer ser vivo, enteramente orgánico vio la luz. Se produjo el primer **relevo genético**. Las nuevas formas de vida (¿bacterias?), demostraron realizar todas y cada una de sus funciones de autocopiado de un modo infinitamente más efectivo que las viejas replicadoras minerales, que pronto pasarían a la historia. Había comenzado la vida de alta tecnología: nuestra vida.

### Epílogo.

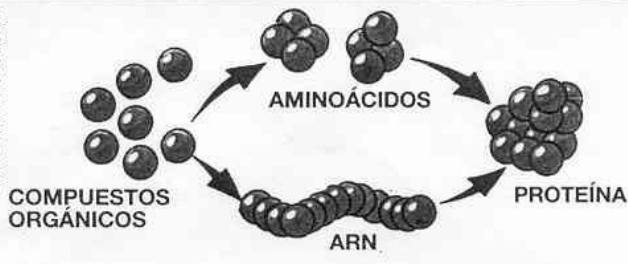
La selección natural creó los genes replicadores (con las arcillas, o por cualquier otro camino) Los genes se agruparon y se rodearon de estructuras que llamamos células y cuerpos, auténticas máquinas de supervivencia destinadas a su mejor y más rápida transmisión. La evolución también consiguió equipar a algunos cuerpos con computadoras de a bordo que llamamos cerebros. Recientemente, los cerebros han comenzado a construir estructuras replicadoras, completamente ajenas a los genes orgánicos.

Cairns-Smith, Dawkins y otros, proponen que en la actualidad se está produciendo un nuevo relevo genético. La nueva oleada de vida no está basada en el carbono. Su información son bits, y sus cuerpos están hechos de circuitos semiconductores de silicio. Aunque todavía está en su niñez y aún depende por entero de nosotros, su velocidad replicadora es superior a la nuestra en varios órdenes de magnitud. El día que existan máquinas u ordenadores capaces de crear copias de sí mismos, el segundo relevo genético se habrá consumado. ¿Habrá en un futuro remoto organismos electrónicos dotados de consciencia e inteligencia que se pregunten "quiénes son y de dónde vienen"? ¿Existirán biólogos de metal y silicón que consideren imposible la aparición por azar de sus primeros antepasados, los ordenadores? ¿Podrá imaginarse uno de estos seres, que fueron creados por una vida anterior, basada en el carbono? Evidentemente, todo esto no es más que ciencia ficción, pero sería irónico que la vida basada en el silicio, recuperara el control de la evolución, después de un interludio (que duró tres eones) de vida de Carbono.

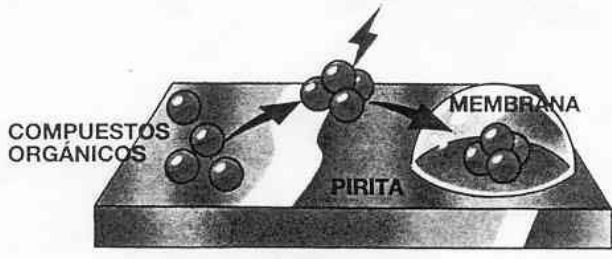


# TRES TEORIAS: ASI COBRÓ VIDA LA MATERIA INERTE

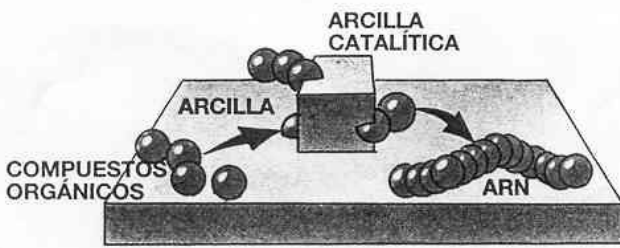
ILUSTRACIÓN: ANTONIO MEDINA



**SOPA PRIMORDIAL.** En 1953, Stanley Miller obtuvo en el laboratorio un cóctel de aminoácidos –los constituyentes de las proteínas– a partir de una mezcla de sustancias que se pensaba que formaba parte de la atmósfera primitiva. Los científicos sospechan que las moléculas genéticas, tal vez el ARN, precedieron a las proteicas.



**PIRITA.** Muchas moléculas orgánicas tienen la propiedad de adherirse a superficies minerales de pirita. Estas sustancias pudieron agruparse en colonias capaces de llevar a cabo reacciones energéticas de tipo fotosintético. Las colonias acabarían aislándose en membranas y sintetizando los precursores del ARN y ADN.



**ARCILLA.** Alternativamente, los cristales de arcilla, que además de ser capaces de crecer y replicarse, no son perfectos, podrían haberse asociado a moléculas simples de ARN y otras sustancias orgánicas muy simples.