

EL ORIGEN DE LA VIDA

APUNTES DE APOYO DOCENTE

por

ENRIQUE ZAMORANO-PONCE, D.Sc

Laboratorio de Genética Toxicológica

Departamento de Ciencias Básicas

Facultad de Ciencias

Universidad del Bío-Bío

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 **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

Analícemos brevemente la “ **TEORÍA DE LA GENERACIÓN ESPONTÁNEA**”

Hasta hace aproximadamente 100 años atrás se daba generalmente por sentado que la vida podía generarse espontáneamente a partir de materia no viviente. Se creía en la generación espontánea de los gusanos a partir de agua, la fruta y carne en descomposición. Le comento, por ejemplo, que en ese entonces, **VAN HELMONT**, un científico de la época, daba recetas para producir ratones espontáneamente. Este autor recomendaba a todo aquel que deseara producir ratones espontáneamente, 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. 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**, 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.

En el año 1920, **ALEXANDER OPARIN**, bioquímico ruso planteó 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 u 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"*

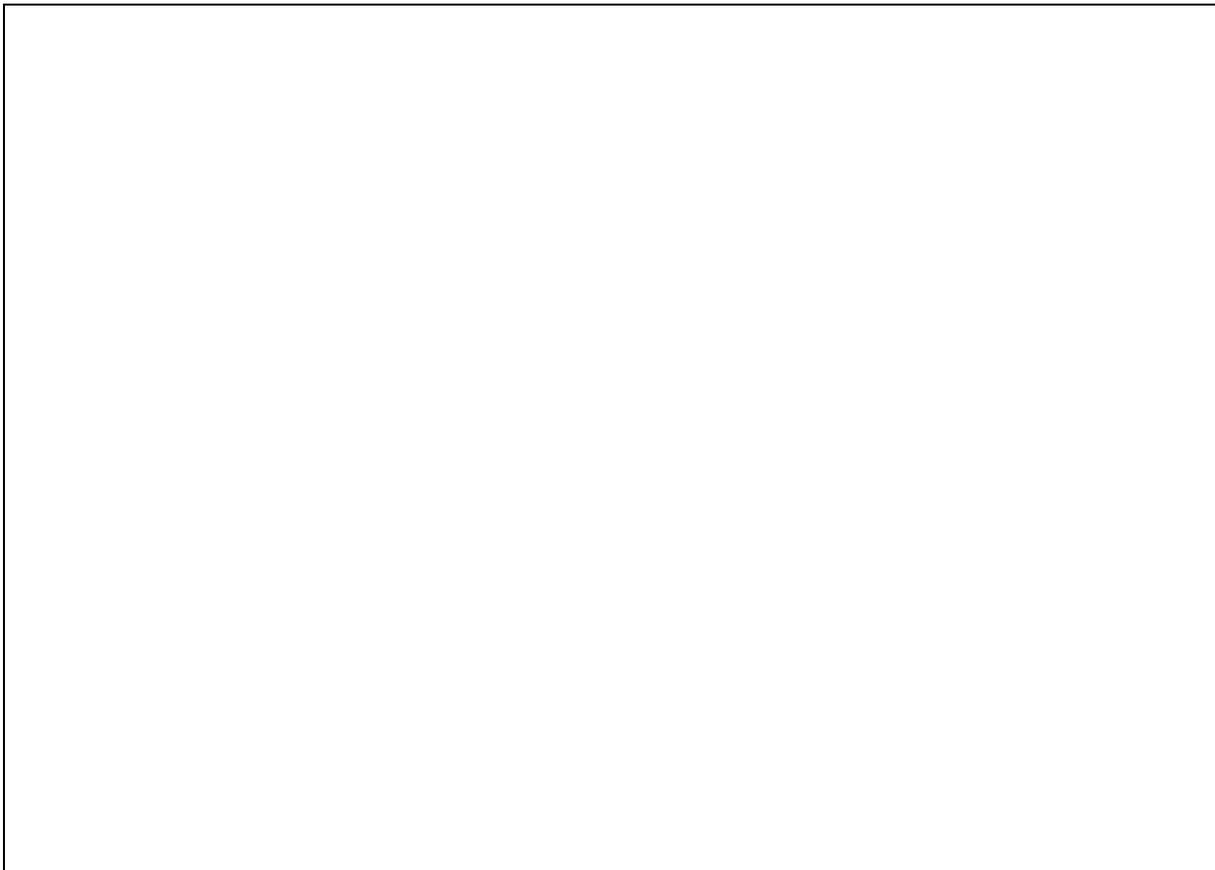
Nuestro mundo, es un venerable planeta de unos 4600 millones de años. Sin embargo, se calcula que -en realidad- hace unos 4000 millones de años las condiciones ambientales no habrían permitido los procesos bioquímicos presumiblemente necesarios para la generación de los sistemas vivientes.

Hasta hace no muchos años, los paleontólogos definían el período **CAMBRIKO**, como aquel en el que empezaban a aparecer fósiles de pequeños organismos y englobaban en un "cajón de sastre" llamado **PRECAMBRIKO** 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 **CH₄, NH₃, H₂ y H₂O**),

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.

En el espacio que sigue a continuación le sugiero que diagrame el sistema experimental empleado por Miller. Para ello consulte: **Investigación y Ciencia, diciembre de 1.994 pág.49)**



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
Glicina	****	****
Alanina	****	****
Acido α -amino N-butírico	***	***
Acido α -aminoisobutírico	****	****
Valina	***	**
Norvalina	***	***
Isovalina	**	**
Prolina	***	*
Acido Aspártico	***	***
Acido Glutámico	***	**
β -Alanina	**	**
Acido β -amino N-butírico	*	*
Acido β -aminoisobutírico	*	*
Acido γ -aminobutírico	*	**
Sarcosina	**	***
N- etilglicina	**	***
N - Metilalanina	**	**

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

CREACIONISMO:	Doctrina filosófica y teológica que afirma que el mundo y el hombre han sido creados de la nada por un acto divino.
TEMPORALIDAD:	Condición de lo que existe en el tiempo.
EVOLUCION:	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.
GEOFISICA:	Parte de la geología que aplica los principios y métodos de la física al estudio de la Tierra.
DESACREDITAR:	Quitar o disminuir la credibilidad en una persona o cosa .
ESCEPTICO:	Dícese de quien no cree en determinadas cosas.
AMIDA:	Cada uno de los compuestos orgánicos que formalmente se consideran derivados del amoníaco (NH ₃)
CARBURO:	Combinación de carbono con otro elemento.

COACERVADO(TO): Fase de coacervación más concentrada en componente coloidal.

ENZIMA: Fermento de origen biológico y naturaleza proteica que actúa como catalizador en las reacciones químicas de naturaleza orgánica.

CATALIZADOR: Sustancia que modula la velocidad de una reacción
Pudiendo recuperarse sin cambios esenciales en su forma
o composición al final de la reacción.