

Curso de Biología 4º

Unidad 1:

¿Cómo se originó el Universo, la Tierra, y la vida en ella?

¿Como eran, de qué se alimentaban, y de dónde obtenían la energía las 3 primeras formas de vida en la Tierra?

La ciencia hoy plantea que hace **13700 ± 200 millones de años** ($13,7 \pm 0,2$ Ga) aproximadamente aconteció el **Big Bang** también denominada: “gran explosión”. Allí el **tiempo/espacio** era igual a 0 y toda la materia y energía que hoy encontramos en el Universo estaba concentrada en una bolita de fuego de un tamaño 10^{20} veces menor al de un protón.

A los 10^{-33} segundos de ocurrida dicha “explosión” (Big Bang), el tamaño del Universo originado en la misma aumentó **100 veces**, pasando a conformar una bola de **materia/energía** de 10 cm de diámetro; a este rápido gran crecimiento del mismo es lo que se le denomina: periodo de **inflación del Universo**. De éste se produjo la **materia** y la **antimateria**; dónde la materia en forma de **subpartículas**, y en un principio únicamente por acción de la fuerza de atracción gravitatoria, se unieron para dar las **partículas** (protones, neutrones).

A los 10^{-4} segundos de su origen, la temperatura del Universo era de **1 billón°C** y su densidad equivalente a la del núcleo de un átomo; aquí estaba formado por **protones**, **neutrones**, y **electrones** que se intercambiaban con **fotones** de la luz (radiación).

A los 10^{-2} segundos (0,01 seg) el Universo continuaba expandiéndose y a la vez enfriándose, y su temperatura era de **100 mil millones°C**.

A los 10^{-1} segundos (0,1seg) su temperatura era de **30 mil millones°C**.

Al **1 segundo** la temperatura ya estaba en **10 mil millones°C**, y la densidad era 380 mil veces mayor a la del agua.

A los **14 segundos** ya se aprecia la acción de una nueva **fuerza fundamental** denominada: **nuclear fuerte**, la que va a determinar una primera e **inestable** unión de protones con neutrones (**núcleo de átomo**); pues la temperatura aun es muy alta (**3 mil millones°C**) y dichas partículas se mueven a **velocidades relativistas** (cercanas a la velocidad de la luz: 300.000 km/s), impidiéndoles unirse en forma estable/firme.

Recién a los **3 minutos** del origen del Universo, la unión entre protones y neutrones (**fusión nuclear**) se hace **estable**; y aquí la temperatura era de **1 mil millones°C**.

A los **4 minutos** de originado el Universo su temperatura era menor a **1 mil millones°C** y aconteció la **nucleosíntesis primordial** (**formación de núcleos de H, He, deuterio, y litio**).

A los **30 minutos** la temperatura era de **300 millones°C** y el Universo se encontraba en estado de **plasma**

(núcleos de H, He, y electrones libres moviéndose a velocidades relativistas interaccionan con los fotones de la luz).

A los 300mil años la temperatura era de 6mil°C y la materia ya se movía más lentamente; aquí ya se hace más evidente la acción de la fuerza fundamental electromagnética, la que iba a determinar que los núcleos (carga +) de H y He lograsen capturar electrones libres (carga -) y así se formaran los átomos (carga neutra); y por lo tanto, los fotones (carga -) ya no podían interaccionar (unirse) con la materia (carga neutra) cómo antes.

A los 500mil años la temperatura era la actual -270°C (radiación de fondo de microondas) y el Universo se hacía visible por primera vez; pues la materia se desacopla (separa) de la radiación (fotones/luz), permitiendo que esta última pase a través de ella.

Al 1millón años y a una temperatura definitiva de -270°C (actual) se originaron de nebulosas la primera generación de estrellas, las que vivieron aproximadamente 10.000 millones de años o más.

Y a los 101millones años se originaron las primeras galaxias.

A los 9100millones años se originó nuestro Sistema Solar con el **Sol** como estrella de 2ª generación formado en la nebulosa protosolar que provino de la “muerte” de aquellas primeras estrellas pertenecientes a la generación anterior; y además varios protoplanetas que comenzaron a orbitar a su alrededor.

La **Tierra** junto a su satélite **Luna** se formó a los 9150millones años como causa de un gran impacto dado por una colisión (choque) entre el protoplaneta/Tierra y el protoplaneta/Theia que en determinado momento cayó en la órbita del primero con el consecuente desenlace histórico. Esto determinó que el eje de giro de la Tierra quedara con una inclinación oblicua (23°), y de esa manera se establecieran sus estaciones climáticas.

Pasó el tiempo y la corteza terrestre terminó de solidificarse y comenzó poco a poco a enfriarse; el paisaje en la Tierra en esta época era **volcánico**, con presencia de **gases** que emanaban de dichos volcanes, y conformaban una atmósfera primaria compuesta por: CH₄ (metano), NH₃ (amoníaco), H₂ (hidrógeno molecular), vapor de H₂O, y H₂S (sulfuro de hidrógeno). Con posterioridad, y por acción de la radiación de un Sol joven, así como por la propia actividad interna del planeta, se formó una **atmósfera secundaria** compuesta por: N₂ (nitrógeno molecular), CO (monóxido de carbono), CO₂ (dióxido de carbono), y vapor de H₂O; **no** existía en esta época **O₂** (oxígeno molecular); es decir, oxígeno libre sin combinarse con otros elementos químicos. El vapor de agua que emanaba de los volcanes en erupción, al llegar a la atmósfera se enfriaba, condensaba, y pasaba al estado de agua líquida ocasionando la lluvia; a raíz de este proceso el agua líquida se fue acumulando en la tierra y de esa manera se formaron los **océanos**, los cuáles sus aguas se encontraban a una temperatura de **80°C** aproximadamente; hecho que se explica por la temperatura de la Tierra recién formada y la lava derramada por los volcanes en permanente erupción.

Ahora bien... en lo que atañe a la prima pregunta de la ciencia... de **cómo se originó la vida...**

El primero en elaborar una hipótesis al respecto fue Arrhenius en **1908**, quién planteó su teoría: [Panspermia](#), explicando el origen de la vida fuera de la Tierra; en dónde microorganismos provenientes del espacio exterior viajaron a través del mismo impulsados por las radiaciones cósmicas.

Luego en **1923-1936** Oparin elaboró su hipótesis, en la que plantea que la vida se originó en la Tierra primitiva por intermedio de **biomoléculas** (**glúcidos**, **aminoácidos/proteínas**, **lípidos**, y **nucleótidos**), las que se formaron a partir de una secuencia de reacciones químicas en un periodo de 400 millones años (**9700-10100 millones años**) denominado: [evolución química](#) prebiótica. Dichas reacciones acontecieron en las aguas calientes de los **océanos primitivos** que poseían temperaturas promedio de **80°C**; esto se podría explicar por los volcanes en actividad de la Tierra en su momento, así como por las radiaciones de un sol joven y una atmósfera primaria proveniente de la nébula solar y aún muy lejos de poseer capa de ozono. Oparin nominó a esta solución de biomoléculas en dichas aguas: “**la sopa de la vida**”; haciendo referencia a un concentrado tipo caldo de sustancia orgánica disuelta en los océanos; las mencionadas reacciones fueron posibles gracias a la energía aportada por el **rayo** (descargas eléctricas) al que estaba sometida la Tierra primitiva permanentemente; y el punto de partida de dicha evolución química fueron las reacciones ocurridas entre los distintos componentes de la **atmósfera primaria** que el científico hipotetizó. Las **biomoléculas prebióticas** se dispusieron al principio en **coacervados** que eran pequeñas gotitas de grasa formadas por los **lípidos**, que por sus propiedades físico/químicas (conformar [micelas](#) en el agua líquida por su insolubilidad en ella) se disponían en estado de suspensión en los océanos; estos coacervados muy simples evolucionaron a una estructura más compleja formada por el rodeo y encierro ocasionado por los lípidos **fosfolípidos** al resto de las biomoléculas (**ribosa**, aminoácidos, proteínas, **bases nitrogenadas**, nucleótidos); a esta estructura más compleja se la denominó: [probionte](#) (liposoma) y se hipotetiza fue la primera forma de vida originada en la Tierra hacia los **10100 millones años** de originado el Universo. Durante 20 años la teoría de Oparin fue denostada por la comunidad científica hasta que en **1953** [Miller/Urey](#) realizaron un experimento de laboratorio basándose en la hipótesis de Oparin la que finalmente pudieron confirmar; es decir, en un matraz cerrado simulaban una atmósfera primaria de la Tierra con sus correspondientes componentes (**CH₄**, **NH₃**, **H₂**, **vapor de H₂O**, y **H₂S**), lo calentaron hasta una temperatura de 80°C, y le aplicaron descargas eléctricas con dos electrodos durante una semana; luego con un condensador enfriaron y extrajeron los productos obtenidos que resultaron ser las biomoléculas (aminoácidos) que hipotetizó Oparin en su planteo. Es a partir de aquí que surge la teoría de la **Heterogénesis endógena**, explicando que a través de los **gases** de la **atmósfera primaria** de la Tierra, éstos reaccionaron químicamente entre sí por acción del rayo como energía y dieron lugar a unos **primeros productos** (sustancia orgánica) como ser: el **ácido cianhídrico**, el **etano**, el **etileno**, y el **formaldehído**; esos primeros productos se disolvieron en las aguas calientes de los océanos primitivos, y a su vez continuaron reaccionando químicamente entre sí, y dieron lugar a otros compuestos orgánicos más

complejos químicamente como ser: **monómeros** (ácidos orgánicos, glucosa y ribosa, aminoácidos, bases nitrogenadas); a su vez, estos monómeros se unieron en cadenas para dar **oligómeros** y **polímeros** (lípidos, proteínas, nucleótidos).

A posteriori, en el año **1969** sucedió un hecho histórico para la ciencia... un **meteorito** impactó en [Murchison \(Australia\)](#), y desde ese momento la ciencia abrió una puerta hacia la reinterpretación, el análisis, y el juicio crítico de las teorías al respecto del origen de la vida hasta el momento dominantes en dicho campo de estudio; pues luego de haber sido estudiado minuciosamente, arrojó la sorpresa de una coincidencia extraordinaria entre la composición de materia orgánica (biomoléculas) de esa condrita carbonácea y los productos obtenidos por Miller en su experimento. A la vez, en la actualidad los cosmólogos y la química atmosférica sostienen que probablemente la atmósfera de la Tierra así como la de los demás planetas internos hacia los **9700 millones años** de ocurrido el Big Bang, tendrían una condición redox neutra, predominando el **N₂**, **CO**, **CO₂**, y **vapor de H₂O** como las formas oxidadas (pierden e⁻ o sus equivalentes H⁺) de los gases reducidos (ganan e⁻ o sus equivalentes H⁺): **NH₃**, **CH₄**, **H₂**; es decir, se plantea que la **atmósfera primaria reductora** proveniente de la nébula solar, habría sido sustituida por una **atmósfera secundaria neutra** originada por la tectónica volcánica (erupciones de los volcanes). Esto conllevó repetir el experimento de Miller, pero partiendo de la base teórica de una atmósfera neutra, y no reductora; y es así que los resultados obtenidos en cuanto a la obtención de las biomoléculas fueron malos; por lo tanto la heterogénesis endógena fue puesta en [jaque](#) por primera vez en la historia de la ciencia; y dicha situación condujo a la teoría:

Heterogénesis exógena, en la que se postula que las biomoléculas llegaron a la Tierra primitiva a través de los meteoritos, cometas, asteroides, y polvo cósmico que bombardeó el planeta en el periodo: **9150-9800 millones años** (9,15 - 9,8 Ga) de originado el Universo.

Finalmente, a fines del siglo XX Crick/Orgel elaboraron su teoría de la **Panspermia Dirigida**; en cuyo argumento los autores explican que la vida no se habría originado en la Tierra misma, sino que provino de una siembra llevada a cabo por una civilización superior y anterior en el tiempo a la nuestra, que desde alguna parte del Universo una nave espacial trasladó en su cápsula almacenados microorganismos diversos, los que al caer en la Tierra primitiva la infestaron, e iniciaron así la evolución biológica.

En síntesis y para cerrar la elaboración de este concepto enorme se lo mire por dónde se lo mire... si bien hoy la ciencia ha avanzado notoriamente en aclarar este [dilema](#) del ser humano... como podemos ver, aun sigue teniendo muchas sinrespuestas...

Ahora bien... independientemente de si la vida se originó en la Tierra misma o provino del espacio exterior, hoy ya podemos afirmar con certeza que [la primera célula \(forma de vida\)](#) en el planeta apareció aproximadamente a los **10100 millones años** de ocurrido el Big Bang; tenía un tamaño muy pequeño (**0.001 mm**); poseía **pared celular rígida de peptidoglicano** (proteínas combinadas con azúcares) para protegerse de las

inclemencias del clima terrestre de la época; una [membrana celular](#) formada por una doble capa de fosfolípidos con proteínas encastradas (proteínas integrales), que era **semipermeable** (deja pasar algunas sustancias y otras no), **selectiva** (elige las sustancias que pasan a través de ella), y en **mosaico fluido** (los fosfolípidos se mueven como un gel). Esta membrana encerraba un ácido nucleico (polinucleótido) que en un principio fue el **ARN** y después evolucionó hacia **ADN** cuya longitud de **1,4 mm** se estima en **3.600.000 pares de nucleótidos** y en un total de **4600 genes** que codifican. A su vez, la membrana también encerraba a estructuras supramoleculares (más grandes que las macromoléculas y las moléculas) denominadas **ribosomas** que se encontraban sueltas dentro de la célula, que se utilizaban para fabricar las proteínas necesarias para la primitiva célula (proteínas de membrana, enzimas, etc.). En un principio dicha célula primaria se alimentaba de **glucosa** que se encontraba a su alrededor, es decir era **heterótrofa** (comedora de sustancia orgánica preformada), la glucosa era degradada (destruida paso a paso) por **fermentación** a **CO₂** (**anhídrido carbónico**) y **H₂O**, con una producción de energía de **2 ATP** (moneda energética de la célula). Pero un buen día la glucosa del entorno comenzó a agotarse y la célula debió encontrar una salida a esta primera crisis alimentaria en la que se jugaba su supervivencia; con anterioridad a este hecho (agotamiento de la molécula combustible glucosa del entorno) una de estas células primitivas **mutó** su **ADN** y comenzó a codificar la síntesis de **pigmentos** que le permitieran convertir la energía solar fotónica en energía química ATP para poder combinar el **anhídrido carbónico** con el **H₂S** (**sulfuro de hidrógeno**), y obtener como producto: **glucosa** liberando **S** (**azufre**) a la atmósfera, es decir, realizar **fotosíntesis anoxigénica** (no produce oxígeno). Luego esta glucosa combustible se degradaba por **fermentación** a **CO₂** (**anhídrido carbónico**) y **H₂O**, produciéndose la ganancia en energía de **2 ATP**; es así como las células que mutaron y adquirieron esta facultad, cuando sobrevino la crisis del agotamiento de la glucosa del entorno, ya estaban preparadas para sobrellevarla y sobrevivir como especie **autótrofa** (fabrica su propio alimento), produciéndose de esta forma el primer salto evolutivo de esta célula denominada: [procariota](#) (sin núcleo verdadero). Con el tiempo se comenzó a agotar el sulfuro de hidrógeno que ésta utilizaba para realizar la fotosíntesis anoxigénica, y entonces se presentó la segunda crisis alimentaria en la evolución; al igual que en la primera de estas crisis y con anterioridad a que se suscitara la misma, una procariota **mutó** y comenzó a codificar en su **ADN** la posibilidad de utilizar **H₂O** en vez de **H₂S** (**sulfuro de hidrógeno**) para realizar la fotosíntesis; de esta manera se fabricaba la **glucosa** liberando **O₂** a la atmósfera en vez de azufre; es decir, aparece en la evolución la **fotosíntesis oxigénica** (produce oxígeno); y esto marca un **hito** en la historia de la vida en la Tierra, pues el oxígeno libre comienza a acumularse en la atmósfera primitiva transformándola poco a poco en el tipo de atmósfera que hoy tenemos y respiramos (21% de oxígeno, 78% de nitrógeno, 0.003% de anhídrido carbónico, y el resto vapor de agua y otros gases). La glucosa fabricada a través de esta última fotosíntesis se degradaba por **fermentación** a **CO₂** (**anhídrido carbónico**) y **H₂O**, y producía una ganancia energética de **2 ATP**.

Este hecho histórico en la evolución de la vida en la Tierra, aconteció hacia los 11200 millones años de originado el Universo; y todos estos cambios progresivos en la atmósfera que iba acumulando O_2 en ella, determinaron que apareciera el O_3 (**ozono**) como compuesto proveniente de dicho gas y se constituyera con el tiempo la **capa de ozono** que actuaba y actúa como filtro de las radiaciones UV solares; esto conllevó a que las condiciones climáticas en la Tierra cambiaran produciéndose una baja en las temperaturas al nivel de su superficie y en los océanos, lo que determinó que la primitiva célula pudiera **prescindir** de su pared celular rígida protectora, y **evolucionar** hacia una célula que poseyera sólo membrana celular para relacionarse con su entorno. Esto le permitió a dicha célula crecer sin ninguna limitante como resultaba ser su pared celular rígida, y aumentar su tamaño (**0.01 mm**) así como su **complejidad**; para que se produjera este crecimiento y se complejizara la célula primitiva procariota, entre otras cosas el **ADN** de ésta última tuvo que **mutar** con anterioridad codificando otras proteínas y enzimas nuevas que determinaron una estructura distinta a la de la célula primitiva; es decir, esta célula tenía la propiedad de hacer **fotosíntesis oxigénica** (libera oxígeno a la atmósfera), pero dicha fotosíntesis era realizada en un compartimento especial denominado **cloroplasto** (organelo que contiene el pigmento clorofila). A su vez la célula sin pared celular rígida de peptidoglicano, debió invertir mucha más energía en la fabricación de esta estructura más grande y más compleja, entonces sus genes codificaron la posibilidad de utilizar el oxígeno libre ya concentrado en la atmósfera de esa época, para combinar la **glucosa** fabricada en la fotosíntesis con el O_2 (**oxidación de la glucosa**), y obtener como productos de reacción: CO_2 (**anhídrido carbónico**) y H_2O , así como una ganancia de energía de **30 a 32 ATP**, muy superior a la obtenida por fermentación de tan sólo 2 ATP. Esta nueva célula que apareció en la Tierra hacia los 12200 millones años de acontecido el Big Bang se denominó **eucariota vegetal**, y poseía **núcleo** verdadero (**ADN** envuelto en una membrana nuclear), **citoplasma** (**cloroplastos**, **RER** con sus ribosomas, **REL**, **Golgi**, **mitocondrias**, y **vacuola**), **membrana** celular, y **pared celular** de celulosa.

Hacia los 12700 millones años aparece otro tipo de célula **sin** pared celular de celulosa, **sin** cloroplastos, y **sin** vacuola que nuevamente como al principio se alimentaba de sustancia orgánica preformada (**heterótrofa**), degradando y oxidando la **glucosa** a CO_2 (**anhídrido carbónico**) y H_2O , y obteniendo en este proceso un total de **36 ATP**. A esta nueva célula que compartía su existencia con la procariota y con la eucariota vegetal, se le denominó **eucariota animal**; y todos los seres vivos que integran el reino animal, entre los que se incluyen los seres humanos, están constituidos por este tipo celular.

Hoy en día **conviven** las tres células: la procariota (**bacterias**), la eucariota vegetal (**vegetales**), y la eucariota animal (**animales**, **hongos**, **protistas**).