2.- Las dudas que surjan resuélvelas inmediatamente con tu maestro o con tu coordinador.

3.- Como autoevaluación contestarás lo que se te pregunta al final de cada párrafo. Si no logras contestar satisfactoriamente deberás repasar de nuevo tu unidad.

UNIDAD IV.

ORIGEN DE LA VIDA.

El orígen de la vida ha preocupado al hombre desde los tiempos más remotos. Sin embargo, sólo hasta fechas recientes se empieza a contar con una explicación que entra en la lógica científica; diversos procesos permitieron la formación de moléculas simples, en la tierra primitiva. Estos compuestos, de manera especialísima en las condiciones físico-químicas de la Tierra se combinaron entre ellos. Produjeron estructuras más y más complejas hasta que una de éstas reunió las características para ser llamada ser vivo. La explicación anterior parece demasiado simplista y no satisface del todo, además que no cuenta con un récord exacto de los eventos sucedidos. Sin embargo, hay que señalar que el orígen de la vida es un problema muy especial. La "sintesis de la vida" en el laboratorio a partir de moléculas orgánicas, sería un proceso sumamente lento. Hasta ahora no ha sido posible simular una serie de reacciones y eventos que sucedieron en la naturaleza a lo largo de un lapso de mil millones de años. De aquí que gran parte de los estudios hechos en este campo son un tanto indirectos, extrapolando condiciones que probablemente existieron en la tierra primitiva y que han permitido reconstruir en buena parte un proceso histórico tan antiguo como la Tierra misma.

TEORÍAS ACERCA DEL ORIGEN DE LA VIDA.

No es extraño encontrar en la historia del hombre, la creencia común de que ciertos seres vivientes pudieran haberse originado repentina y espontáneamente a partir de sustancias inanimadas; este concepto se conoce con el nombre de *generación espontánea*. En la China antigua se aceptaba que los pulgones se originaban por generación espontánea del bambú du-

rante las épocas húmedas y cálidas. Los antiguos egipcios y babilónicos creían que los gusanos, sapos, víboras y ratones se formaban del lodo del Nilo.

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

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

PRIMEROS EXPERIMENTOS.

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

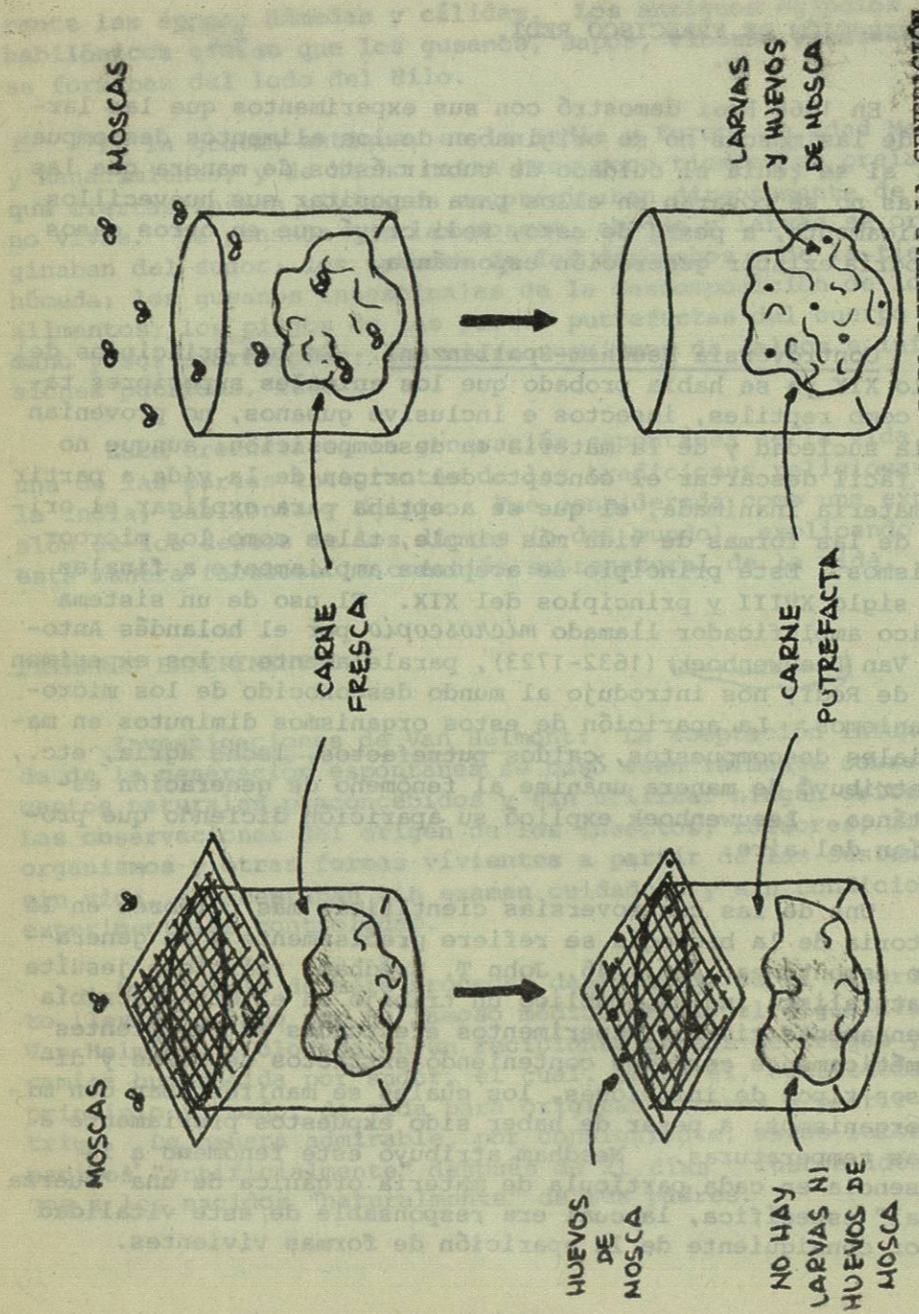
Un ejemplo de este proceder desordenado es el experimento llevado a cabo por un famoso médico belga del siglo XVI, Van Helmont. Colocaba en un recipiente granos de trigos y una camisa humedecida por sudor, el cual, según él, constituía el principio formador de vida para originar ratones a partir del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

CONTRIBUCIÓN DE FRANCISCO REDI.

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

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

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



EXPERIMENTO DISEÑADO POR FRANCISCO REDI, PARA REFUTAR LA GENERACIÓN ESPONTÁNEA COMO UNA EXPLICACIÓN PARA EXPLICAR EL ORIGEN DE LA VIDA.

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

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

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

Primero, demostró la presencia de microorganismos en el aire, hecho dudoso para los postulantes de la generación espontánea. Introdujo una corriente de aire a través de un tubo obtuvo con algodón, luego disolvía este tapón con una mezcla de alcohol y éter, mostrando que en la solución resultante existían partículas insolubles, las que bajo el microscopio

se identificaban como microorganismos. También demostró que calentando el aire a temperaturas elevadas antes de penetrar al frasco que contenía caldo hervido, no había descomposición.

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

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

PANSPERMIA.

Otra posible explicación del origen de la vida fue sugerida por Svante Arrhenius en 1908, quién propuso lo que él llamo la teoría de la Panspermia. De acuerdo con ésta, la vida habría surgido en la tierra desarrollandose a partir de una espora o una bacteria que llego del espacio exterior, y que a su vez se habría desprendido de un planeta en el que hubiese vida. A la teoría de la panspermia, sin embargo, era fácil oponer dos argumentos: por una parte, las condiciones del medio interestelar son poco favorables para la supervivencia de cualquier forma de vida, incluyendo las esporas y, por otro lado, Arrhenius no solucionaba el problema del origen de la vida ya que no explicaba como se podría haber originado en ese otro planeta hipotético del cual se habría desprendido la espora o

bacteria. Hubo, incluso, quienes llegaron a sugerir que para resolver el problema del origen de la vida bastaba con suponer que la vida siempre habría existido, que era externa. Naturalmente esta idea recibió fuertes críticas y fue rechazada por sus tintes casi metafísicos.

TEORÍA EVOLUCIONISTA MODERNA ACERCA DEL ORIGEN DE LA VIDA.

DE OPARIN - HALDANE.

Esta teoría sostiene que recien formada la tierra, cuando aún no había aparecido sobre ellla los primeros organismos, la atmósfera era muy diferente a la actual. Esta atmósfera primitiva no contenia oxígeno libre, sino que tenía un fuerte carácter reductor debido a la presencia de hidrógeno y de compuestos como el metano (CH), amoniaco (CH), bióxico de carbono (CI) y agua. Estos compuestos habrían reaccionado entre si gracias a la energía de la radiación solar, de la actividad eléctrica de la atmósfera y de fuentes de calor como los volcanes, y habían dado como resultado la formación de gran cantidad de compuestos orgánicos de alto peso molecular, entre los cuales estaban presentes azucares y aminoácidos necesarios para la aparición de las proteínas. Estos y otros compuestos orgánicos se habían acumulado lentamente en los mares primitivos, formando la llamada "sopa primigenia", de donde habían surgido a su vez las moléculas básicas para la vida. Todas estas moléculas al interactuar con el medio ambiente posteriormente adquirieron la capacidad de autoduplicarse.

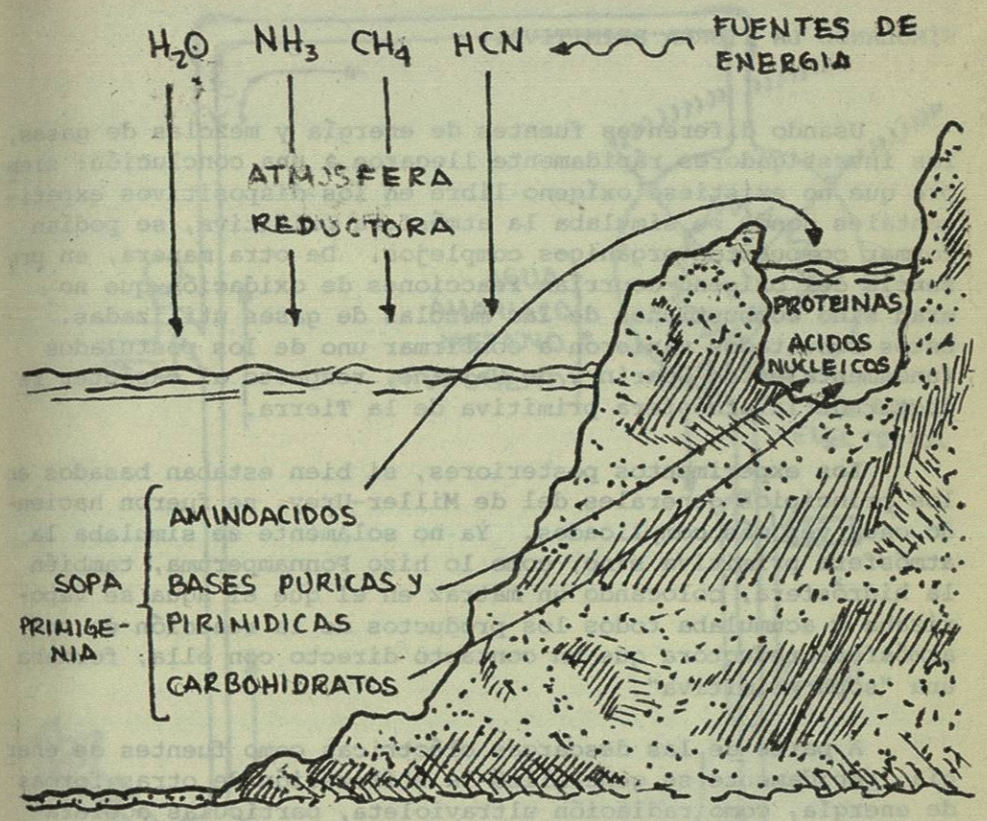
El buen éxito de esta idea es que todo el proceso sucede en completo acuerdo con las propiedades físicas de la materia y no es necesario invocar una fuerza vital responsable.

EXPERIMENTOS QUE APOYAN LA TEORÍA DE OPARIN-HALDANE.

El Experimento de Miller Urey.

Uno de los primeros experimentos que vino a demostrar que los procesos de evolución química que antecedieron a la vida pudieron haber ocurrido en la tierra primitiva, fué el que realizó en 1953 Stanley L. Miller, trabajando bajo la dirección de Harold C. Urey. Para llevarlo acabo intentaron simular en

el laboratorio las posibles condiciones de la atmósfera primitiva de la Tierra. Colocanron una mezcla de hidrógeno, metano y amoníaco en un matraz, al que llegaban constantemente vapor de agua y en el cual se colocaron electrodos que produjeron descargas eléctricas durante una semana; al cabo de ésta, se analizó el agua que se había condensado al enfriarse y que tenía disueltos los productos de las reacciones químicas. El análisis reveló que se habían sintetizado, en el curso del experimento, cuatro aminoácidos, glicina, alanina, ácido aspártico y ácido glutámico, todos ellos componentes de las proteínas de los seres vivos. También se habían formado ácidos grasos, los ácidos fórmicos, acético y propiónico, así como urea, otros aminoácidos no-proteínicos y muchos otros.



MECANISMO PROBABLE DE SÍNTESIS ABIOTICA DE LAS PRIMERAS MOLÉCULAS ORGÁNICAS.

compuestos de alto peso molecular.

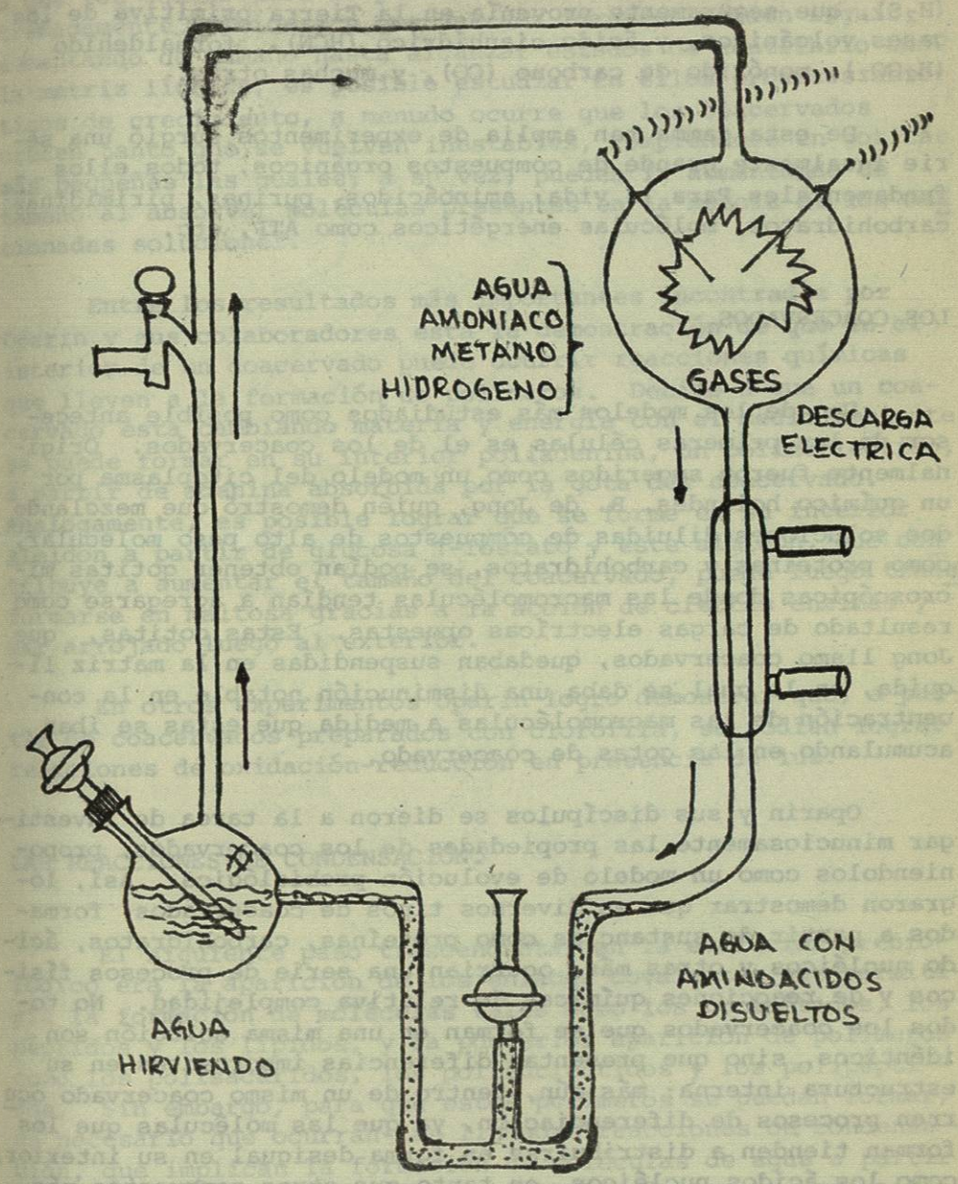
SIMULANDO LA TIERRA PRIMITIVA.

Usando diferentes fuentes de energía y mezclas de gases, los investigadores rápidamente llegaron a una conclución: siempre que no existiese oxígeno libre en los dispositivos experimentales donde se simulaba la atmósfera primitiva, se podían formar compuestos orgánicos complejos. De otra manera, en presencia del oxígeno ocurrían reacciones de oxidación que no eran sino combustiones de las mezclas de gases utilizadas. Estos resultados vinieron a confirmar uno de los postulados fundamentales de Oparin y de Haldane, respecto al carácter reductor de la atmósfera primitiva de la Tierra.

Los experimentos posteriores, si bien estaban basados en los principios generales del de Miller-Urey, se fueron haciendo cada vez más complicados. Ya no solamente se simulaba la atmósfera primitiva sino, como lo hizo Ponnamperuma, también la hidrósfera, colocando un matraz en el que el agua se vaporizaba y acumulaba todos los productos de la reacción de una atmósfera reductora que en contacto directo con ella, formaba una "sopa primitiva".

A parte de las descargas eléctricas como fuentes de energía, rápidamente se generalizó la utilización de otras formas de energía, como radiación ultravioleta, partículas aceleradas que simulaban las producidas por el decaimiento radiactivo de algunos elementos, o fuentes de calor que en la Tierra primitiva pudieron haber sido originadas por la actividad geológica. Y como se suponía que la Tierra había sufrido choques con meteoritos y quizás cometas, se diseñaron experimentos en los cuales la energía mecánica del choque era simulada con esferas metálicas que atravezaban a gran velocidad mezclas reductoras de gases, o bien se hacian pasar ondas de choque. En todos estos casos era siempre posible sintetizar aminoácidos, ácidos grasos, lípidos y carbohidratos.

A medida que se fue comprendiendo mejor la posible constitución de la atmósfera primitiva, se empezaron a utilizar



EXPERIMENTO DE MILLER-UREY.

otros compuestos como precursores, usando, además del metano, amoníaco e hidrógeno otras sustancias como ácido sulfídrico (H_2S), que seguramente provenía en la Tierra primitiva de los gases volcánicos, y ácido cianhídrico (HCN), formaldehído (H_2CO_2), monóxido de carbono (CO), y muchas otras.

De esta gamma tan amplia de experimentos surgió una serie igualmente grande de compuestos orgánicos, todos ellos fundamentales Para la vida: aminoácidos, purinas, pirimidinas carbohidratos, moléculas energéticos como ATP, etc.

LOS COACERVADOS.

Uno de los modelos más estudiados como posible antecesor de las primeras células es el de los coacervados. Originalmente fueron sugeridos como un modelo del citoplasma por un químico holandés, B. de Jong, quién demostró que mezclando dos soluciones diluidas de compuestos de alto peso molecular, como proteínas y carbohidratos, se podían obtener gotitas microscópicas donde las macromoléculas tendían a agregarse como resultado de cargas electrícas opuestas. Estas gotitas, que Jong llamo coacervados, quedaban suspendidas en la matriz líquida, en la cual se daba una disminución notable en la concentración de las macromoléculas a medida que estas se iban acumulando en las gotas de coacervado.

Oparin y sus discípulos se dieron a la tarea de investigar minuciosamente las propiedades de los coacervados, proponiendolos como un modelo de evolución prebiológica. Así, lograron demostrar que en diversos tipos de coacervados, formados a partir de sustancias como proteínas, carbohidratos, ácido nucléicos y otras más, ocurrian una serie de procesos físicos y de reacciones químicas de relativa complejidad. No todos los coacervados que se forman en una misma solución son idénticos, sino que presentan diferencias importantes en su estructura interna; más aún, dentro de un mismo coacervado ocurren procesos de diferenciación, ya que las moléculas que los forman tienden a distribuirse en forma desigual en su interior, como los ácidos nucléicos, en tanto que otros compuestos más sencillos como los azúcares y los mononucleótidos se distribu-

yen en forma más o menos homogénea. Por otra parte, debido a que los coacervados se pueden formar aun en soluciones extremadamente diluidas, y que una vez formados pueden seguir aumentando de tamaño hasta alcanzar estados de equilibrio con la matriz líquida, es posible estudiar en ellos procesos abióticos de crecimiento, a menudo ocurre que los coacervados crecen tanto que se vuelven inestables, rompiéndose en gotitas más pequeñas las cuales, a su vez, pueden ir aumentando de tamaño al absorver moléculas presentes en la mezcla de las mencionadas soluciones.

Entre los resultados más importantes encontrados por Oparin y sus colaboradores esta la demostración de que en el interior de un coacervado puede ocurrir reacciones químicas que lleven a la formación de polímeros. Debido a que un coacervado esta cambiando materia y energía con el medio ambiente, se puede formar en su interior poliadenina, un polinucleótido, a partir de adenina absorbida por la gota del coacervado. Analogamente, es posible lograr que se forme en su interior almidón a partir de glucosa 1-fosfato y este almidón, que contribuye a aumentar el tamaño del coacervado, puede luego transformarse en maltosa gracias a la acción de ciertas enzimas y ser arrojado luego al exterior.

En otros experimentos Oparin logro demostrar que, a partir de coacervados preparados con clorofila, se podían lograr reacciones de oxidación-reducción en presencia de luz.

LAS REACCIONES DE CONDENSACIÓN.

El siguiente paso trascendental en la evolución prebiológico era la aparición de los enlaces covalentes que permitiría la formación de moléculas tales como los nucleótidos, los péptidos y los lípidos, y la posterior aparición de polímeros como los polisacáridos, los polinucleótidos y los polipéptidos, Sin embargo, para que estos polímeros se puedan formar, es necesario que ocurran las llamadas reacciones de condensación, que implican la formación de moléculas de agua a partir de grupos químicos presentes en los movimientos que se unirán entre sí por medio de enlaces covalentes.