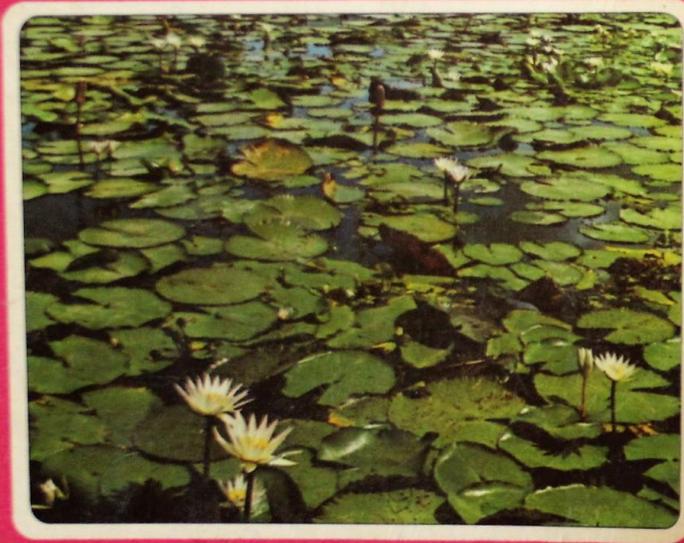


# Ciencias 2

MANUAL



EDUCACION  
CREATIVA

# CIENCIAS 2

MANUAL

35

Este libro es propiedad de:

Grado o curso: \_\_\_\_\_

Año: \_\_\_\_\_

Profesor: \_\_\_\_\_

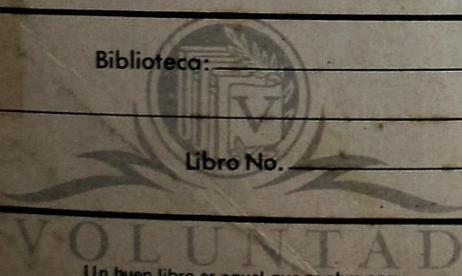
Establecimiento Educativo:

Ciudad: \_\_\_\_\_

País: \_\_\_\_\_

Biblioteca: \_\_\_\_\_

Libro No. \_\_\_\_\_



Un buen libro es aquel que se abre con  
expectación y se cierra con fruto.

ALCOTT



SEGUNDO CURSO DE ENSEÑANZA MEDIA

DE ACUERDO CON LOS PROGRAMAS VIGENTES

QUINTA EDICION



EDUCACION  
CREATIVA

La Serie EDUCACION CREATIVA ha sido elaborada según el plan del Editor y bajo su responsabilidad, por los siguientes integrantes del Departamento de Investigación Educativa de VOLUNTAD EDITORES LTDA. & CIA. S.C.A.:

|                             |  |
|-----------------------------|--|
| CIENCIAS:                   | Rubén Darío Bolívar S.<br>Homero Chaves R.<br>Guillermo Rojas Rodríguez  |
| HISTORIA:                   | Ana Victoria Navarro<br>Francisco Ríos García<br>Teresa Sánchez Huertas  |
| GEOGRAFIA:                  | Mariela Camacho Morales<br>Bolívar Mejía Rueda<br>Humberto Mendoza Jiménez   |
| MATEMATICAS:                | Samuel E. Díaz Romero<br>Helio H. Eraso Dorado<br>Luis S. Guarín Avellaneda  |
| DIBUJANTES:                 | Benhur Sánchez Suárez <b>José A. Peña.</b><br>Martha Sandoval  |
| FOTOGRAFIAS:                | Hernando Chaves, <b>Federico Virkigt.</b><br>Movifoto - Rudolf - USIS<br>Embajadas de Canadá, México,<br>Perú, Ecuador, Argentina<br>International Society For Educational<br>Information, Tokio<br>California Institute of technology and<br>the Carnegie Institution of Washington |
| COORDINACION<br>PEDAGOGICA: | Isabel Torres de Caballero<br>Carlos William Gómez R.<br>Jorge E. Eraso D.   |
| DIRECCION GENERAL:          | Humberto Angel Rodríguez   |

NUESTRA CARATULA  
Lago de Lotos (Foto Rudolf)

© Derechos reservados — Es propiedad del Editor Copyright. — 1975  
Esta publicación no puede ser reproducida en todo ni en parte, ni archivada o transmitida por ningún medio electrónico, mecánico, de grabación, de fotocopia, de microfilmación o en otra forma, sin el previo consentimiento del Editor.

VOLUNTAD EDITORES LTDA. & CIA. S.C.A.  
Carrera 13 No. 38-99  
Bogotá, D. E. — Colombia

Impreso en los Talleres Gráficos de

INDUSTRIA CONTINENTAL GRAFICA LTDA. & CIA. S.C.A.  
Calle 11 No. 22-01  
Bogotá, D. E. — Colombia.

ISBN 84-8270-054-5



Gorgojos de la papa

## UNIDAD 1

### SERES DE LA NATURALEZA

#### A. GENERALIDADES

##### 1. Las Ciencias Biológicas

Una de las mayores inquietudes científicas es la de conocer y desentrañar los extraordinarios mecanismos que rigen la vida. Como consecuencia de esta necesidad, surge la **Biología**, rama importante de la Ciencia que se encarga de estudiar los seres vivos y los procesos que se realizan en ellos.

Para comprender y obtener el máximo provecho de los actuales avances tecnológicos y prepararse para la adecuada explotación de las enormes posibilidades que ofrece la naturaleza, es indispensable un conocimiento básico de los principios que regulan el mundo viviente.

Por lo tanto, el objetivo más elevado de esta área de la Ciencia, es el de ha-

cerle comprender al hombre los principios naturales para concederle un dominio que lógicamente le pertenece. Las grandes leyes en las que se fundamenta la biosfera son simples dentro de su grandiosidad; basta analizarlas con sencillez y claridad para llegar a su fácil comprensión.

##### 2. Fundamentos de las ciencias Biológicas

Para afrontar el amplio campo de estudio de los seres vivos, es indispensable girar alrededor de ciertos aspectos fundamentales.

Quando se observa un organismo, una de las tantas inquietudes que surgen es la de buscar la relación existente entre la estructura de sus órganos y la función que ellos desarrollan.

Además, es interesante analizar los diversos mecanismos de adaptación, producto de la interacción del organismo con el medio natural que lo rodea.

Naturalmente, el punto de partida lo plantea el interrogante: ¿Qué es la vida? El tratar de dar solución a esta pregunta, abre un amplio campo de estudios e investigaciones científicas.

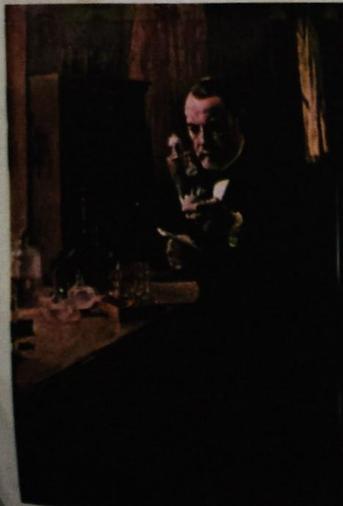
Al profundizar un tanto en este aspecto, se llega a una gran conclusión: la unidad que caracteriza al mundo viviente.

Parece ilógico, que los millones y millones de seres vivos que habitan en nuestro planeta, guarden una estrecha relación en sus estructuras y funciones.

Sin embargo, a pesar de esa gran diversidad, todos los organismos presentan enormes semejanzas.

La vida de todos los seres se desarrolla sobre las mismas estructuras básicas

Louis Pasteur (Científico francés).



y sobre idénticas funciones. La respiración como tal, se cumple en todos los organismos, e igual cosa ocurre con la reproducción y otras funciones vitales. En síntesis, la vida se manifiesta como un solo fenómeno, ya que los procesos que realiza una planta o un animal, cualesquiera que éstos sean, son similares en su fondo.

Por esta razón, un enfoque moderno de la Biología implica un estudio integrado, donde se buscan más las semejanzas que las diferencias. Sólo de esta manera, se comprende la unidad e interdependencia de la naturaleza.

### 3. ¿Cómo se trabaja en Ciencias Biológicas?

La Biología es una ciencia dinámica, en proceso permanente de cambio y renovación.

Los hombres dedicados al conocimiento de los fenómenos vitales, día a día demandan nuevas respuestas con lo cual abren amplios y mejores campos a la investigación científica.

El biólogo se distingue por su gran curiosidad, porque el estudio de los seres vivos así lo requiere. Los hechos biológicos plantean una sucesión de problemas, ante los cuales, el hombre de ciencia puede formular una serie de hipótesis, las que tendrán que comprobarse experimentalmente para determinar su validez.

Quien se dedica al estudio de la Biología, necesita habilidad para observar. Los fenómenos vitales no presentan la misma regularidad que distingue a los fenómenos físicos y químicos. Por el contrario, se manifiestan con grandes irregularidades, según sean las condiciones en que se realicen. Por ejemplo, el número de pulsaciones difiere de una persona a otra de acuerdo al estado de

ánimo, al estado de salud o a las condiciones geográficas del lugar. Lo anterior implica que el biólogo debe ser excelente observador, con la suficiente capacidad de análisis y reflexión; sólo así estará en condiciones de detectar todos los factores que rodean y determinan un hecho biológico.

### 4. ¿Cómo se estructuran las Ciencias Biológicas?

Sobre la base de que el mundo de la vida se desenvuelve como un solo conjunto, es natural que los conocimientos biológicos guarden entre sí enormes relaciones.

La vida se manifiesta a través de las interrelaciones de materia-energía, impulsadas por un algo espiritual, incomprendible para el hombre. Sin embargo, los conocimientos biológicos se estructuran de acuerdo a hechos observados, sobre los cuales se formulan hipótesis y modelos.

En ciertos casos, a partir de éstos últimos se llega a los principios y generalizaciones.

El primer problema que enfrenta el biólogo es el que hace relación al origen de la vida, el cual aún permanece en el plano de las suposiciones, sin embargo esto no impide que se puedan establecer principios generales como éste: "todo ser vivo proviene de otro ser vivo".

Brillantes investigadores como Louis Pasteur, Francisco Redi y Lázaro Spallanzani, contribuyeron con sus trabajos a dar claridad a este delicado e interesante aspecto.

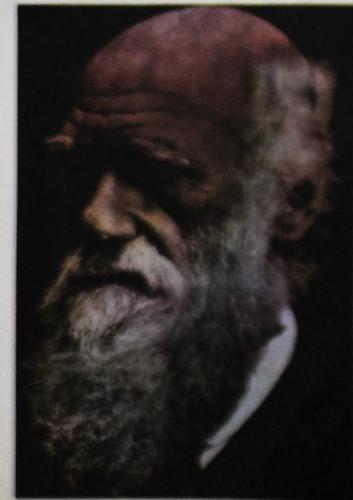
Pilar fundamental de la Biología Moderna es la **Teoría Celular** establecida en 1838 por los naturalistas Mathias Schleiden y Teodoro Schwann.

Estos eminentes científicos llegaron a la conclusión de que todos los seres vivos están constituidos por cajitas o unidades vivientes, a las que llamaron **células**.

Aporte esencial a la controversia científica, lo constituye el concepto de **Evolución**. Juan Carlos Lamarck y Charles Darwin colocaron las bases de la teoría evolucionista, la cual sostiene que los seres vivos están en un proceso permanente de **cambio**, cuya finalidad es la de perfeccionar las formas corporales para enfrentar con mayor éxito los problemas que plantea el ambiente.

Cuando se trata de analizar las relaciones existentes entre los seres vivos, fácilmente se llega a la conclusión de que ningún organismo vive aislado o independiente. Todos se hallan integrados formando comunidades, dentro de las cuales cumplen diferentes e importantes funciones.

Charles Darwin, naturalista inglés (Evolucionista).



Los vegetales como productores y los animales como consumidores, junto con los microorganismos y algunos materiales no vivos, constituyen un sistema donde la vida se desarrolla bajo un extraordinario equilibrio.

En conclusión, los estudios que abarca la Biología son amplios, variados e interesantes. Esto justifica la existencia de varias ramas que le ayudan en su cometido:

La **Botánica**, rama que se especializa en el estudio de las plantas y sus mecanismos.

La **Zoología**, cuya área de investigación la constituyen los animales: sus formas, su medio de vida, sus semejanzas y diferencias.

La **Ecología**, que se encarga de estudiar las relaciones de los organismos entre sí y con el medio en que habitan; analiza la curiosa trama que caracteriza al mundo viviente.

Además de las anteriores, se distinguen la **Genética**, la **Bacteriología**, la **Anatomía**, la **Fisiología** y otra serie de especialidades que profundizan en distintos aspectos del campo biológico.

##### 5. ¿Cuál es la diferencia entre la materia inerte y la materia viva?

Punto de partida de la Biología, es la de definir qué es un ser vivo, y establecer diferencias entre éste y la materia inerte. Antiguamente se creía que los hechos vitales pertenecían a una categoría especial, donde intervenía un "algo", llamado **Fuerza Vital**, cualidad exclusiva de los organismos. Sin embargo, las investigaciones posteriores, comprobaron que una gran cantidad de dichos fenómenos, se realizan por fuera de los seres vivos y obedecen a las mismas leyes que rigen la materia y la energía en general.

La palabra **organismo** se utiliza para nombrar cualquier ser vivo planta o animal, en oposición al ser inanimado o inerte, que abarca a todos los objetos carentes de vida.

##### 6. Características de los seres vivos

La palabra **vida** es sinónimo de **movimiento**, entendiéndose por tal, no sólo la translación de lugar de ciertos organismos, sino la actividad permanente de los elementos constitutivos de todo ser vivo. Las sustancias integrantes de un organismo, se hallan en un proceso continuo de cambio y renovación. A cada instante, nueva materia se incorpora a las estructuras vivas, en tanto que otra parte se elimina, cumpliendo un ciclo, que empieza en el nacimiento y termina con la muerte del ser. En resumen, la vida se caracteriza por una constante adición y eliminación de todas las sustancias internas, con una conservación de la forma exterior del ser.

En ocasiones, dicho proceso de intercambio permanece estático tal como ocurre en las semillas. No obstante, cuando las condiciones ambientales son favorables, estas pasan del estado de vida latente a una situación de vida activa.

El análisis anterior demuestra que la vida es una y única en su fondo. Los seres vivos nacen, crecen, reproducen y mueren, realizando un ciclo que los diferencia plenamente de los seres inertes.

##### 7. La vida y la energía son inseparables

La vida implica actividad y ésta requiere energía, razón por la cual es imposible concebir un organismo aislado de este principio. Plantas y animales, desde los microscópicos hasta los de gran tamaño, requieren en menor o mayor

cantidad un suministro energético. La energía que sostiene a todo el mundo viviente proviene del Sol, la cual llega hasta nuestro planeta como luz de distintas longitudes de onda. Tan solo una pequeña parte de esa gran cantidad de energía lumínica, es aprovechada por los seres vivos.

Las plantas verdes son las únicas capaces de captar directamente la energía solar. Gracias a la **clorofila**, pigmento verde que las caracteriza, las plantas capturan la energía lumínica y la transforman en energía química mediante el proceso llamado **FOTOSÍNTESIS**.

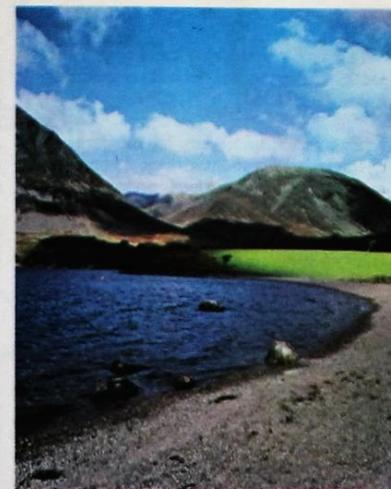
Dicho proceso consiste en combinar agua con gas carbónico para formar compuestos químicos más complejos, como los llamados **carbohidratos** (azúcares, almidones y celulosa).

Estas sustancias son especies de "alcancías", que guardan la energía en los enlaces de sus moléculas. Allí permanece hasta que la planta la utiliza para sus funciones vitales.

Como los vegetales son los únicos organismos que transforman la energía luminosa del Sol en la energía química de los alimentos, éstos los convierte en la despensa de todo el mundo animal. La energía que las plantas asimilan, circula a través de las diversas escalas de animales, formando verdaderas **cadena alimenticias**.

Una cadena alimentaria, no es sino el camino por el cual, la energía se traslada dentro de la biosfera. Es lógico, que siempre se inicie por las plantas verdes, se continúe con los herbívoros y termine con los carnívoros.

Un ejemplo de cadena alimentaria se puede comenzar tomando unos pequeños arbustos, los cuales gracias a la



Los elementos naturales forman un conjunto único.

clorofila que poseen, absorben la energía solar. Cuando un animal, digamos un conejo, come dichos arbustos, la energía pasa a él. Ahora supongamos que un águila atrapa al conejo y se lo come. ¿Qué ocurre? Sencillamente, la energía que el conejo obtuvo del arbusto, ahora la toma el águila. Finalmente, cuando el águila muere, la energía presente en sus restos, será aprovechada por un grupo especial de microorganismos, los **descomponedores**, quienes se encargan de destruir los cadáveres con el fin de transformarlos en sustancias sencillas como el agua y el gas carbónico, para que puedan ser nuevamente útiles a las plantas.

Este ejemplo, uno de los muchos que se cumplen en la naturaleza, ilustra con claridad el paso de la energía en los seres vivos. Faltaría anotar que la misma energía asimilada por las plantas, es la que viaja de eslabón en eslabón. Lógicamente, la cantidad disminuye a

cada paso, puesto que cada organismo gasta una porción en sus respectivas funciones vitales.

En conclusión, en la biosfera se destacan tres grandes grupos de organismos. En primer lugar aparecen las plantas, llamadas **productores**, puesto que son los que introducen la energía al mundo viviente.

Se distinguen también los **consumidores**, quienes aprovechan la energía captada por los primeros. Finalmente, aparecen los **DESCOMPONEADORES**, como los hongos, levaduras y bacterias, cuya labor ya fue analizada.

## B. EL SER VIVO COMO SISTEMA DINAMICO

### 1. Cada organismo es una máquina de transformación

Considerando únicamente el aspecto material, hay que definir a los seres vivos como máquinas, que poseen extraordinarios mecanismos de transformación. Cada organismo toma del medio exterior las sustancias que necesita para las funciones vitales. En el interior, dichas sustancias sufren grandes cambios, que conducen a la estructuración de la **materia viva u orgánica**. Sin embargo, aquí no termina todo el proceso, puesto que estos productos, en forma permanente y constante, se desintegran para volver al medio.

La materia viva jamás permanece en reposo; sus materiales se renuevan segundo a segundo, gracias a una serie de modificaciones físicas y actividades químicas que se cumplen en ella. La necesidad diaria de nutrientes y la eliminación permanente de sustancias, demuestran plenamente el hecho.

Bajo este intercambio material, aparece también el suministro energético.

8

Actuando como una máquina perfecta, cada organismo transforma la energía química del alimento en energía de movimiento o cinética, calórica, lumínica y eléctrica. Todas las funciones vitales como el crecimiento, la reproducción y la misma supervivencia, son una manifestación de la actividad material y energética que se cumple en cada ser.

### 2. Los seres vivos y su riqueza de formas

Aunque las manifestaciones de la vida sean fundamentalmente las mismas, es natural que cuando los seres vivos se examinan en sus detalles presentan caracteres no comunes, que se pueden utilizar para separarlos en categorías más o menos diferentes.

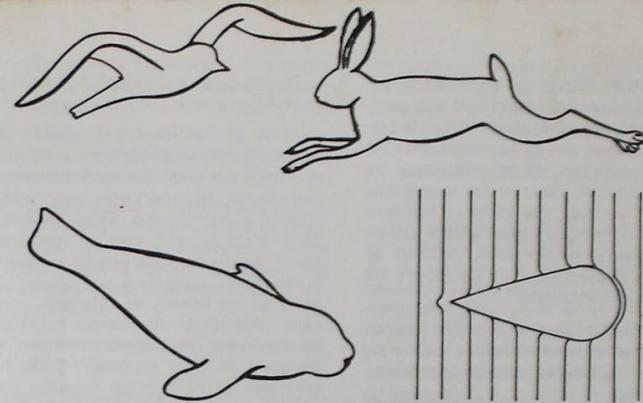
Desde este punto de vista, es admirable la variedad de formas que nos muestra la naturaleza. Las últimas investigaciones afirman que 950 000 tipos distintos de animales y 343 000 tipos diferentes de plantas, viven actualmente sobre la superficie de nuestro planeta.

El tamaño, la forma, las adaptaciones para la supervivencia, y en fin, una cantidad de aspectos de los organismos, hacen de la biosfera un mundo rico en formas y variedad.

### 3. El tamaño de los seres vivos

Sobre la base de la diversidad que caracteriza al mundo viviente es interesante hacer un análisis acerca del tamaño de los organismos.

Basta una mirada al mundo de las plantas, para encontrar desde árboles gigantes de 80 metros de altura como las secuoyas, que pueden vivir más de 3 000 años, hasta las diminutas bacterias, que poseen un diámetro de un quinientosavo de milímetro.



Aerodinamismo de los animales.

En forma similar, si se examina el mundo animal, se destaca por su enorme tamaño la ballena azul, que alcanza unos 30 metros de largo y 120 toneladas de peso. Contrastan estas dimensiones con las de una ameba, que tiene únicamente 1/4 de mm. en anchura, y un peso menor a una centésima de gramo.

Cuando se comparan los datos anteriores, se observa que los vegetales alcanzan tamaños superiores en relación con los animales.

Además, entre estos últimos, los más voluminosos son de vida marina. ¿Cómo se explican estos hechos?

La respuesta a la primera parte del interrogante, se explica por la resistencia de los materiales constitutivos. Generalmente las estructuras vegetales son más consistentes que las animales. El tallo de un árbol es bastante compacto, lo cual le permite soportar un peso mayor. El hecho de que los animales de mayor tamaño vivan en el mar, se explica por la fuerza de empuje que caracteriza a los líquidos.

“Todo cuerpo sumergido en un líquido, pierde aparentemente algo de su

peso”. Esto implica que los animales marinos, no requieran estructuras demasiado resistentes, puesto que el agua se encarga de sostener gran parte de su masa.

Cuando se compara el esqueleto de la ballena con el de una vaca, se observa que el primero es flexible, en tanto que el segundo es fuerte y consistente, adecuado para soportar todo el peso del cuerpo. Una ballena sacada de su medio, está condenada a morir; sus huesos son incapaces de sostener por sí solos esa inmensa mole.

### 4. El aerodinamismo de las formas animales

Las formas animales deben facilitar el desplazamiento de éstos en su medio. De allí, la forma estilizada y ágil del venado, apta para que el animal se convierta en magnífico corredor, o la forma ahusada de los peces, que les permite nadar sin mayores problemas. También se destaca el aerodinamismo de las aves, que les facilita vencer la resistencia del aire.

La naturaleza dota a cada organismo de una forma adecuada para desenvol-

9

verse en su habitat. Cuando una persona intenta caminar dentro de una piscina, encuentra serias dificultades; la forma humana no es la mejor para el medio acuático. Si se relacionan las formas de los insectos que vuelan con las de las aves, se establece bastante similitud, porque ambos grupos deben adaptarse al medio aéreo. También se destaca el parecido entre los peces y los organismos voladores.

Las ilustraciones de la página anterior muestran la forma aerodinámica que caracteriza a este conjunto de seres vivos.

Se observa una porción redondeada delante, con un remate de punta en la parte posterior y una anchura máxima en el costado, recargada hacia adelante.

Para el diseño de los barcos, submarinos, cohetes y aviones, el hombre tuvo que copiar las formas estilizadas de los organismos voladores y nadadores. Además, si establecemos un contraste entre la forma de los organismos y la de los seres inanimados, se observa que estos últimos, también muestran formas variadas y curiosas.

La estructura de cada organismo debe proporcionar una buena sustentación. La fortaleza de las extremidades y su disposición, contribuyen de manera especial a mantener la estabilidad de un ser vivo.

##### 5. Las estructuras fundamentales de los seres vivos

Cuando se observa la conformación externa de un organismo, se detalla una serie de partes o miembros, cada uno de los cuales cumple cierta función. Las aletas de los peces les permiten nadar; los ojos permiten la visión; los músculos facilitan el movimiento; en las plantas, el tallo se constituye en soporte y la raíz en medio de fijación.

En fin, cada órgano está destinado a un trabajo especial en cada ser vivo.

Si se profundiza en el análisis de estos órganos, se comprueba que están formados por pequeñas unidades llamadas células, las cuales son únicamente visibles al microscopio. Se puede comparar a un ser vivo con un rompecabezas, en donde, cada una de las diminutas piezas, equivale a una célula. La cantidad de células es diferente para cada organismo. Al cuerpo humano, por ejemplo, lo integran millones y millones de estas unidades. Todo lo contrario ocurre con los llamados microbios, conformados por una de ellas.

En los organismos pluricelulares, o de miles de células, estas se organizan en aparatos y sistemas. Nuestro aparato digestivo, por ejemplo, está compuesto por los siguientes órganos: boca, esófago, estómago, intestino delgado e intestino grueso. Igual ocurre con los sistemas como el muscular y el nervioso.

Los sistemas y aparatos no actúan aisladamente, sino que coordinan sus funciones para desarrollar una labor de conjunto. Para que la planta satisfaga la necesidad de alimento, intervienen varios órganos. La raíz se encarga de absorber el agua y los minerales; la hoja absorbe el gas carbónico y suministra la clorofila, en tanto que el tallo realiza el transporte de los nutrientes a todas las partes del vegetal. En esta forma, las funciones vitales son el producto del trabajo integrado de los sistemas y aparatos orgánicos.

##### 6. Las funciones fundamentales de los seres vivos

Las funciones básicas de todos los seres vivos, se pueden reducir a los siguientes grupos:

a. aquellas que se relacionan con el mantenimiento de la vida, como la

nutrición, la respiración, la asimilación y funciones de relación como el movimiento.

b. aquellas que persiguen la propagación y conservación de la especie, o sea la reproducción.

c. aquellas que facilitan al organismo el autocontrol, es decir la propia regulación del funcionamiento, como ocurre con la función de la piel, que se encarga de controlar el calor del organismo.

##### • El movimiento como función de los seres vivos

Una de las funciones más notorias, principalmente en los animales, es la del movimiento. La gran mayoría de estos organismos poseen variados mecanismos (alas, patas, aletas) que les permiten desplazarse en su medio.

En ellos, el sistema muscular y el esquelético cumplen un papel esencial. Sin embargo, algunos animales como

los corales y las esponjas, no poseen un movimiento tan acentuado, aunque sí disponen de órganos especiales, tentáculos, que permanecen en constante agitación; su finalidad, es la de rebullir el agua que les rodea para conseguir el alimento.

Los vegetales también gozan de esta propiedad, a pesar de ser menos evidente. Su crecimiento y su desarrollo, al igual que en los animales, van indiscutiblemente ligados a ciertos movimientos de los órganos en proceso de formación. Pero, no es ésta la única movilidad que ellos presentan. Las plantas inferiores como algas y bacterias, se trasladan con facilidad de un lugar a otro, nadando o reptando, en busca de mejores condiciones de vida.

Las plantas superiores, aunque no se desplazan con la desenvoltura de las inferiores, también efectúan movimientos, que en ocasiones sirven para la orientación en el espacio o incluso para

Dionaea muscipola (planta carnívora) y mimosa púdica o dormidera.



atrapar el alimento, como ocurre en las curiosas plantas carnívoras. Un ejemplo de esto, es la orientación de las hojas en busca de luz o del tallo en oposición a la fuerza de gravedad.

En general, para los seres vivos, el movimiento es una forma de responder a determinado estímulo o cambio en las condiciones del medio. El alimento, la temperatura, la luminosidad, la humedad y el sonido son estímulos que actúan sobre plantas y animales, si bien la forma o intensidad de la respuesta es variable, por la organización que caracteriza a cada uno de ellos. Dicha capacidad de respuesta constituye la llamada **excitabilidad o irritabilidad**, regulada en los animales por el sistema nervioso.

La ruborización ante una situación emotiva, la respuesta a un pinchazo o el exceso de salivación a la vista de un plato delicioso, demuestran la excitabilidad humana.

El abrir y cerrar de ciertas flores, el movimiento de las hojas de la sensitiva,

Los alimentos suplen el desgaste biológico.



y en general, los movimientos de crecimiento, ponen de manifiesto la excitabilidad vegetal.

#### • El mantenimiento de la vida

Una de las funciones esenciales de todos los seres vivos es la que les permite mantener su propia existencia. Para ello, cada organismo realiza una serie de procesos que buscan transformar la energía, que originalmente proviene del Sol.

La alimentación, la respiración, la reparación o formación de nuevas células que reemplazan a las que mueren, la secreción o producción de sustancias que regulan el funcionamiento, la eliminación de sustancias de desecho como la orina, son actividades básicas de la vida y que en conjunto constituyen el llamado **metabolismo**.

Una consecuencia directa de los procesos metabólicos es el crecimiento. El aumento de materia viva en los seres es un producto de la nutrición. A medida que un organismo se desarrolla, su número de células aumenta hasta alcanzar un tope, a partir del cual se inicia un descenso. Sin embargo, en algunos vegetales el crecimiento es indefinido y se realiza durante toda la vida del mismo. En la materia inanimada no existe, aunque puede haber aumento de tamaño por agregación de nuevas partículas, como ocurre en la formación de sólidos y cristales.

#### • El anabolismo y el catabolismo

Todos los seres vivos incorporan del medio, sustancias de organización química diferente a la que presentan las que constituyen su cuerpo. Lo anterior implica, que cada ser vivo debe desbaratar los nutrientes, para armarlos de acuerdo con sus propios patrones. Este proceso de construcción o de asimilación, es el llamado **anabolismo**.

Recordemos que la materia viva se renueva constantemente, lo cual significa que las sustancias formadas no permanecen indefinidamente dentro del organismo, sino que se desintegran para mantener un ciclo de renovación. Tal proceso, contrario al anterior, se denomina **catabolismo**.

Los dos tipos de procesos metabólicos se producen de manera continua y se complementan de tal forma, que en ocasiones resulta complicado diferenciarlos. En un mismo organismo las moléculas de ciertos compuestos se desintegran, para recombinarse y dar origen a otros; las interconversiones de grasas, azúcares y proteínas, son ejemplos de procesos anabólicos y catabólicos combinados.

En resumen, cada ser vivo dispone del mecanismo necesario para armar sus componentes, con el fin de incorporar materia o restituir la que a diario elimina. Esta cualidad los diferencia plenamente de los seres inertes, incapaces de realizar esta transformación, que demuestra el equilibrio dinámico de la materia viva.

#### • La continuidad de la vida

Si hay alguna propiedad primordial de la materia viva, esa es la capacidad para reproducirse. Gracias a ella, la vida ha permanecido sobre la superficie de nuestro planeta, a pesar de los múltiples cambios que se han sucedido en éste.

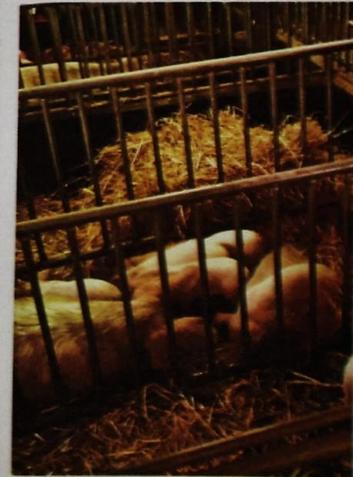
Tanto plantas como animales, cumplen el llamado **ciclo vital**: nacen, crecen, envejecen y mueren. Ante esta alternativa, el único factor que determina la conservación de las especies, mediante la sustitución de unos individuos por otros nuevos, es la **reproducción**, la cual se cumple en todos los niveles. Se reproducen algunas moléculas de la materia viva, las mismas células y los organismos.

Las formas de reproducción son diversas y van desde lo simple a lo complejo, aunque en el fondo, cada ser viviente es capaz de separar una parte de su masa, la que se desarrollará hasta dar origen a otro ser con las características del progenitor.

#### 7. La célula como unidad del ser vivo

Decíamos que todo ser vivo, desde el más grande hasta el más pequeño está constituido por partes diminutas llamadas células, en cuya organización radica la vida. Para comprender la vida en la forma más elemental, hay que partir del análisis de una célula, porque allí está la clave de este extraordinario fenómeno. La validez de esta afirmación lo demuestra la existencia de organismos conformados por una célula: los llamados seres **unicelulares** como la ameba, las bacterias y las levaduras. En ellos, todos los procesos vitales los realiza la única célula que los integra.

La reproducción asegura la continuidad de la vida.



El resto de los organismos, son los llamados pluricelulares, resultantes de la suma de dos o más células. Cuando se compara un ser unicelular con un pluricelular, se encuentran notables diferencias. Pero, cuando dicha comparación se hace de manera profunda, se establece que cualesquiera de las millares de células que componen una planta o un animal superior, es similar a la que forma un ser unicelular como la ameba.

Otro hecho que vale la pena destacar, es el que todo ser vivo pasa por un estado unicelular. "Toda vida se inicia por una sola célula", ley biológica fundamental que se pone de presente en el momento de la reproducción. Un ser humano, una planta o cualquier organismo pluricelular, comienza su ciclo vital por una única célula.

#### a. La célula como unidad de estructura

De la manera como unos ladrillos conforman un edificio, así también las células integran un organismo.

Dentro de un animal o planta pluricelular, las células no se disponen al azar, sino que guardan una perfecta organización, de acuerdo con el trabajo que tengan que desarrollar. En esta forma aparecen los tejidos, conjuntos de células aptas para cumplir determinada labor, como el tejido muscular en los animales y el tejido leñoso en las plantas.

A su vez, los tejidos se asocian para formar los órganos, los cuales estructuran aparatos o sistemas. Por ejemplo, los tejidos muscular, nervioso y epitelial integran el órgano del corazón, parte fundamental del aparato circulatorio.

14

Es lógico concluir, que la estructura de los organismos unicelulares, coincide con la organización de la única célula que los integra.

#### b. La célula como unidad funcional

La célula no sólo es la unidad de estructura, sino también la unidad funcional. En cada una de esas pequeñas celdillas, se realizan las funciones que caracterizan la vida. La célula que conforma una bacteria, se alimenta, respira, crece y reproduce; es decir, realiza todos los procesos metabólicos. En los organismos superiores, cada una de sus células ejecutan idénticas funciones, aunque aparece un nuevo elemento: la especialización.

Para facilitar la supervivencia, las células de los individuos pluricelulares se han repartido el trabajo. En esta forma aparece un conjunto que se especializa en la reproducción, otro conjunto se encarga del movimiento, otro conjunto se dedica a captar el oxígeno para la respiración y así sucesivamente. Lo anterior demuestra, que la vida de un pluricelular, no es sino el producto de la labor que desempeñan todas y cada una de sus células.

Aunque en el fondo las estructuras son iguales, la especialización ha hecho que las células tomen formas diferentes, según el trabajo específico que deben desarrollar. Una célula de protección, como las de la piel, es generalmente aplanada y resistente, en tanto que una muscular es alargada y elástica porque su labor de extensión y contracción así lo requiere. En las plantas, las células de los tejidos conductores son cilíndricas y forman tubitos que facilitan el viaje de los líquidos.



Nebulosa de Orión.

### C. LA BIOSFERA EN EL COSMOS

#### 1. Una visión global del Universo

Nada más difícil para el hombre que el tratar de descifrar los extraordinarios misterios que guarda el Universo o Cosmos. En realidad, la mente humana resulta pequeña para comprender las complejas leyes que regulan la marcha del mismo.

El Universo, tal como se conoce actualmente, está conformado por millones de conglomerados de estrellas denominados galaxias. Cada galaxia es un conjunto de cientos de millones de estrellas las que a su vez están acompañadas por sus planetas y satélites. Las

distancias existentes entre estos cuerpos celestes son inimaginables.

Con todo, a pesar de esa grandiosidad, la constitución química del cosmos es bastante uniforme. Los elementos más abundantes son el Hidrógeno y el Helio, gases sencillos y livianos, que copan el 99% de la materia. El 1% restante abarca a los elementos pesados como el oxígeno, el carbono, el uranio y otros.

Nuestra galaxia, la Vía Láctea presenta una forma de espiral y consta de cien mil millones de estrellas. Una de éstas es el Sol, estrella relativamente mediana, alrededor del cual giran nueve planetas, entre ellos la Tierra.

15

Actualmente los conocimientos que el hombre tiene acerca del Universo son un tanto amplios, pero el problema que plantea el origen de este último aún sigue insoluble.

¿Cómo y cuándo se inició el Universo? ¿Tendrá un fin? Estos son interrogantes fundamentales que parecen destinados a permanecer en el plano de las suposiciones.

En medio de esta incertidumbre, destacados hombres de ciencia están de acuerdo al considerar, que el Universo está en evolución o en proceso de cambio permanente. Una de las cualidades más extraordinarias es la continua expansión. El destacado astrónomo Edwin Hubble estableció que las galaxias transitan en el espacio a enormes velocidades. Este movimiento continuo, aleja de manera progresiva a todos los cuerpos interestelares. Quienes siguen esta teoría, consideran que el Universo tuvo origen hace diez mil millones de años. Se supone tal formación a partir de la explosión de una gran bola de materia hirviendo. Más tarde sucedieron una serie de cambios, los cuales originaron las estrellas, los planetas y las galaxias.

En oposición a la teoría anterior, existe la del estado invariable; ella afirma que el Universo ha existido siempre, siendo infinito en el tiempo y en el espacio, sin principio y sin fin.

Cuando se analizan estas dos teorías, no se puede catalogar cuál de ellas está más cercana a la verdad. Con los actuales conocimientos es imposible resolver categóricamente este inquietante problema científico. Punto de partida para el esclarecimiento de estos hechos, lo constituye el considerar que los mismos fenómenos que tuvieron y tienen lugar

en nuestro sistema solar, también sucedieron o suceden en muchos lugares del Cosmos.

## 2. La vida en el Universo

¿Es la vida un patrimonio de nuestro planeta? Esta pregunta la han planteado cientos de veces numerosas personas y científicos, hasta el punto de que la búsqueda de la respuesta, impulsó al hombre a la conquista del espacio. A pesar de que en la actualidad no se ha comprobado la presencia de vida en otros lugares del Universo, parece demasiado optimista el pensar que el hombre vive solo en la inmensidad del espacio.

Basta un vistazo hacia el firmamento para constatar la presencia de millones de astros. Los cálculos más recientes consideran en cien mil millones las estrellas integrantes de nuestra galaxia, la VIA LACTEA. Ante esta situación, se puede suponer que a una distancia relativamente corta de la Tierra, hay miles de planetas en condiciones similares al nuestro. No es exagerado admitir que algunos de ellos poseen una atmósfera de igual composición que la terrestre, una misma fuerza de gravitación, con una fauna y flora bastante parecidas.

Sin embargo, no necesariamente la vida debe estar presente en planetas semejantes a la Tierra. Las últimas investigaciones demuestran que ella también es posible en condiciones diferentes a las terráqueas.

Actualmente, no parece muy acertado el afirmar que un organismo necesita irremediablemente oxígeno y agua. Por ejemplo, se han descubierto bacterias que no requieren oxígeno y otras, que pueden sobrevivir en condiciones adversas, como ocurre con algunas que fueron detectadas en aguas altamente radioactivas, comúnmente consideradas mortíferas.

Estas y otras experiencias conducen a la necesidad de reflexionar acerca de los moldes que nosotros hemos establecido para la vida. En tales condiciones, es lógico esperar que las próximas generaciones encuentren una vida exuberante en otros lugares del cosmos, tal vez con inteligencias superiores a las nuestras.

## 3. La vida en nuestro planeta

La vida que se desarrolla en la superficie de la Tierra es variada y abundante. Las condiciones que ofrece el planeta, parecen ser las ideales: cantidades ilimitadas de oxígeno, enormes reservas de agua, temperaturas ni demasiado altas ni demasiado bajas. Además sobresalen una serie de procesos, encargados de rejuvenecer periódica y constantemente la naturaleza. Entre ellos, el ciclo de transformaciones que cumple el agua y

el mismo ciclo vital de los organismos, son los más comunes.

Pilar fundamental de la vida en nuestro planeta es el Sol, único generador de la energía que permite la realización de todas las transformaciones y el dinamismo de los seres.

El Sol, como fuente de energía, fue y sigue siendo la causa de las reacciones químicas mediante las cuales la materia se organizó paulatinamente, hasta dar origen a las estructuras moleculares que caracterizan a los seres vivos.

El carbono, el hidrógeno, el oxígeno y el nitrógeno son los elementos básicos de la materia viva. Organizados en diferentes compuestos, cumplen ciclos de renovación permanente, convirtiendo a la Tierra en un laboratorio donde la materia y la energía se regulan, para mantener latentes los fenómenos vitales.



La energía que mueve a plantas y animales proviene del Sol.

- Nuestra Biosfera: un equilibrio que asombra

Miles y miles de organismos forman la parte viva de nuestro planeta. Pero no asombra tanto el número, sino el orden extraordinario en el cual transcurre la vida de estos seres. Toda función vital implica actividad y toda actividad demanda presencia de energía. Para satisfacer sus requerimientos energéticos, los organismos han creado dos posibilidades:

- Los animales, incapaces de asimilar directamente la energía solar, aprovechan aquella almacenada en las plantas; por ello reciben el nombre de heterótrofos.

- Por el contrario, las plantas gracias al pigmento clorofílico que poseen en las células, están en capacidad de transformar la energía luminosa en energía química y de esta manera fabricar su propio alimento, lo cual justifica la denominación de autótrofos.

Como el trabajo de las plantas es relativamente poco, y en cambio, la energía que acumulan es abundante, esto las transforma en fuente de energía biológica.

Así, destacándose una vez más el balance natural, aparecen en la biosfera organismos específicos que captan la energía, para luego brindarla al resto de la escala vital. Toda cadena alimenticia comienza en los organismos autótrofos o plantas verdes, de ahí la abundancia que los distingue. A partir de ellos, la energía y la materia cumplen un recorrido a través de los seres heterótrofos, haciendo palpable una interdependencia o relación. Cada eslabón de una cadena alimenticia está perfectamente balanceado: los individuos disminuyen en número a medida que ella se alarga,

situación que origina una pirámide en cuya base encontramos los vegetales y en el vértice los grandes depredadores, como leones y tigres, no tan numerosos por ser quienes menos alimentos tienen a su disposición.

Así, la naturaleza adquiere la forma de un conjunto único, donde cada organismo recibe la influencia de quienes le rodean, y a su vez influye sobre los demás.

Dicha acción funciona desde dos ángulos: el del medio físico y el del medio biológico.

Es innegable que las condiciones del medio físico actúan en forma decisiva sobre los organismos. Factores como la temperatura y la humedad de un lugar, la cantidad de luz y la situación geográfica, condicionan las cualidades de un organismo. El pelaje abundante que caracteriza a animales como la llama o a plantas como el frailejón, no son sino una adaptación a los lugares fríos de su habitat. También los factores biológicos, ejercen acción de primer orden sobre los seres vivos. La caza, la defensa, los mecanismos de reproducción, la competencia por el espacio y el alimento, determinan en cada organismo una serie de adaptaciones fundamentales. La agilidad para la carrera; la agudeza de la vista, el oído y el olfato; la capacidad de confundirse con el medio para evitar ser presa de los enemigos; la presencia de espinas en las plantas, son hechos que implican la interacción de los organismos.

En conclusión, seres vivos y medio, conforman un solo bloque donde la supervivencia depende de su orden y equilibrio.

## D. LA VIDA, ORIGEN Y EVOLUCION

La investigación acerca del origen de la vida, ha sido a través de los siglos motivo de controversias entre la religión y la ciencia. Por tal razón, al exponer las diferentes teorías sobre este aspecto, es posible encontrar opiniones contradictorias.

Hoy, cuando el estudio de la ciencia muestra claridad en sus procesos y objetivos, no se justifica la oposición entre religión y ciencia en esta materia, si se considera que, grandes investigadores científicos sobre el origen de la vida y la evolución son católicos: los sacerdotes John Mac Enery y Teilhard de Chardin. Las concepciones religiosas no son obstáculo para el estudio de estos temas.

Un ejemplo de armonía entre ciencia y religión, lo muestra el célebre científico Louis Leakey, quien descendía de una familia de misioneros ingleses en Africa Central. Profesante de una fe sólida en sus creencias religiosas, refiriéndose a sus investigaciones sobre el origen y evolución del hombre, afirmaba: "Veo la mano del Creador en las maravillosas complejidades de la Evolución".

A continuación presentamos las principales teorías acerca del origen de la vida desde el punto de vista científico, tratando de seguir un orden cronológico. Para facilitar la comprensión de algunos fenómenos, que según las diferentes teorías dieron lugar al origen de la vida, comenzaremos por analizar brevemente cómo era el ambiente terrestre en aquella época.

### 1. La Tierra primitiva

Acerca del origen de la Tierra, existen varias teorías y la mayoría de ellas coincide en hechos importantes.

Se cree que en un comienzo, la Tierra era una masa incandescente, la cual se enfrió en forma lenta a través de millones de años. Es lógico suponer, que las condiciones ambientales también cambiaron. Las investigaciones más recientes permiten calcular en unos cinco mil millones de años, la edad de la Tierra y en 3 000 millones, el tiempo transcurrido desde que probablemente aparecieron las primeras formas de vida. De las condiciones ambientales existentes en el espacio de tiempo, entre la formación de la Tierra y la aparición de las primeras formas de vida, las de mayor importancia son las que existían en la época en la cual se cree tuvo lugar la aparición de la vida.

Cuando la Tierra alcanzó un cierto grado de enfriamiento, se originó la parte sólida, sembrada de miles de volcanes que por millones de años expulsaron materiales sobre la superficie. Estos materiales expelieron gases que, poco a poco, estructuraron la atmósfera primitiva integrada por vapor de agua, amoníaco, metano e hidrógeno. El vapor de agua, al ascender a las partes frías de dicha atmósfera, pasa al estado líquido para precipitarse en forma de lluvia sobre las rocas aún calientes de la corteza terrestre. El calor de las rocas evapora el agua, repitiéndose el fenómeno anterior. En esta forma se producen violentas lluvias, que cubren de agua las partes más bajas de la superficie. Así aparecen los océanos primitivos, de composición diferente a la de los actuales.

Los gases componentes de aquella atmósfera sufrieron los efectos de las fuertes descargas eléctricas de las tormentas y de las radiaciones ultravioleta provenientes del Sol. La acción de estos factores originó una serie de reacciones químicas, que condujeron a la formación de sustancias más complejas, las



La tierra en sus comienzos.

cuales se depositaron en las aguas de los océanos, por acción de la lluvia. Así, estas aguas enriquecidas con una cantidad considerable de compuestos de carbono, nitrógeno, oxígeno e hidrógeno dieron origen al denominado: "caldo nutritivo". Estos compuestos tenían mayor posibilidad de permanecer inalterados; el agua los protegía de las radiaciones ultravioleta.

Si se tiene presente la importancia del agua en las reacciones químicas y ante el hecho de las altas temperaturas existentes, factor también favorable a dichas reacciones, es de suponer que los componentes del "caldo nutritivo" evolucionaron químicamente hasta estructurar compuestos más complejos y lo que es aún más importante, de carácter orgánico.

20

## 2. Teoría de la generación espontánea

Una de las primeras interpretaciones dadas por el hombre al origen de la vida, es la de que muchos de los seres vivos aparecieron en forma espontánea y repentina, como un resultado de fenómenos físicos y químicos de la materia inerte; consideraban este origen como un hecho real que no admitía discusión. En general, no defendían la generación espontánea del hombre ni de los organismos superiores, pero sí la de los animales y vegetales inferiores y hasta de algunos vertebrados. Así, en la China antigua se creía que los pulgones surgían por generación espontánea del bambú durante las épocas húmedas y cálidas.

En Babilonia y Egipto, existía la idea de que tanto los gusanos como los

sapos, los ratones y algunas víboras, tenían origen en el lodo del río Nilo y aún, hasta hace poco partían del supuesto, que las moscas, las abejas y las larvas provenían del sudor; los gusanos intestinales de la descomposición de los alimentos, y los microorganismos del agua en putrefacción.

Entre los principales defensores de la generación espontánea están:

a. **Aristóteles**, filósofo griego, que vivió entre los años 384 a 322 A.C. Propuso la teoría de que los seres vivos proceden de otros idénticos a ellos, aunque también pueden nacer de la materia inerte.

En sus obras describe numerosos ejemplos de generación espontánea, como el caso de moscas y mosquitos a partir del lodo, y peces a partir de algas en descomposición. Explicaba este hecho de la siguiente manera:

"Todo ser está formado por un principio pasivo que es la materia y un principio activo que le da forma y vitalidad". Así, la materia del lodo es el principio pasivo y unido a él, existe un principio activo capaz de darle forma y vida al nuevo ser.

Un huevo fecundado de gallina tiene un principio activo, que presenta la capacidad de organizar la materia del huevo (principio pasivo) y convertirla en un pollito. Aristóteles consideró que además de las sustancias antes mencionadas, también tenía principio activo la luz solar, la carne en putrefacción y otras, en potencia de originar seres con vida.

La hipótesis, de que todo cuanto existe resulta de la combinación adecuada del principio pasivo y del activo, tuvo vigencia durante muchos siglos,

aún en la Edad Media, época en la cual la teología dominaba el campo de la ciencia.

b. **Jean Baptiste Van Helmont**, médico y experimentador belga del siglo XVII, quien sobre la base de la generación espontánea, propuso una receta para producir ratones en 21 días.

Recomendaba tomar una camisa sucia y dejar en ella unos granos de trigo durante 21 días, al cabo de los cuales aparecían algunos ratoncitos. Para él, el principio activo estaba representado por el sudor humano de la camisa.

¿En realidad, qué podría suceder para que la receta de Van Helmont tuviera éxito?

Probablemente estas creencias parecen absurdas para nosotros, pero en aquel tiempo tuvieron la aceptación de los mejores intelectuales.

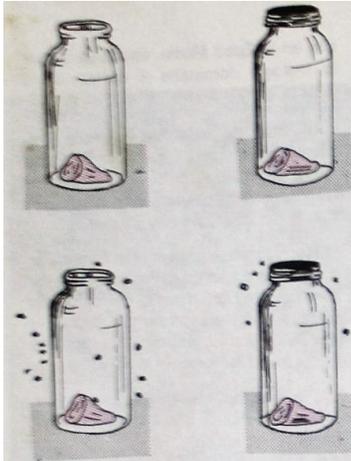
## 3. El ocaso de la teoría de la generación espontánea

A partir del siglo XVII, experimentadores y científicos se trenzaron en disputas por demostrar o atacar los principios anteriores; este hecho trajo como consecuencia el debilitamiento y la muerte de la teoría de la generación espontánea. Entre las experiencias que incidieron en este hecho sobresalen:

### a. El experimento de Redi

Francesco Redi, biólogo y médico nacido en Florencia (Italia 1626-1698) no admitió las teorías acerca de la generación espontánea, y sostuvo que: "La Tierra, después de haber producido las primeras plantas y animales por orden del Creador, nunca ha vuelto a producir un tipo de planta o de animal, ya sea perfecto o imperfecto". Redi estaba convencido de que todo ser vivo debía provenir de otro ser vivo, hecho que se

21



Experimento de Redi.

puede resumir con la palabra "biogénesis".

Para demostrar su hipótesis, Redi realizó el experimento que se ilustra en la figura. Tomó dos frascos de boca ancha y colocó dentro de ellos, trozos de carne; observó que en el frasco destapado entraban y salían numerosas moscas, y al cabo de unos días, aparecían sobre la carne, gusanos, mientras que la carne en el frasco sellado permanecía intacta. Explicaba este hecho, con el razonamiento de que las moscas habían depositado huevos en la carne y que los gusanos eran "larvas" de dichos insectos, las cuales se alimentaban de la carne en descomposición. Gracias a esta experiencia, Redi logró demostrar que el origen por generación espontánea de gusanos, a partir de materia en descomposición era el resultado de una mala observación. Sin embargo, estaba tan arraigada la teoría de la generación espontánea en aquella época, que sus

conclusiones no fueron del todo aceptadas.

Al comparar las experiencias de Van Helmont con las de Redi, éstas tienen mayor carácter científico que las primeras.

#### b. El microscopio: última esperanza de la generación espontánea

A pesar de que la "biogénesis" no tuvo aceptación, los defensores de la generación espontánea, limitaron su teoría a seres pequeños como los insectos. Por esta época, el científico holandés Anton Van Leeuwenhoek (1632-1723) célebre por sus trabajos con lentes, ideó y construyó el primer microscopio, instrumento que permitió el descubrimiento de un mundo invisible, desconocido hasta entonces. Sin entrar en la controversia de la biogénesis y la generación espontánea, Leeuwenhoek proporcionó nuevos argumentos para los defensores de la espontaneidad, al considerar éstos, que en seres tan pequeños era imposible la reproducción sexual.

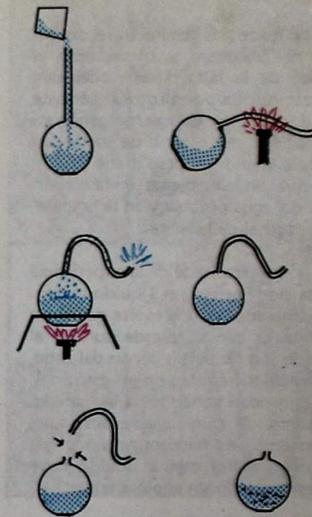
Una de las controversias más célebres fue la que sostuvieron dos sacerdotes naturalistas: el escocés John Needham y el italiano Lazzaro Spallanzani a finales del siglo XVIII. Needham calentó frascos herméticamente cerrados, dentro de los cuales había colocado caldo de pollo y jugo de vegetales, y los dejó algunos días en reposo. Al destaparlos y examinar los líquidos, se encontraron en ellos numerosos microorganismos, hecho que lo asoció directamente como una evidencia de la generación espontánea, al considerar que con el calentamiento inicial se había destruido cualquier forma de vida existente en ellos.

Spallanzani realizó la misma experiencia, pero calentó por mayor tiempo los líquidos y en su análisis no observó la aparición de microorganismos. Publicados los resultados de las experiencias, cada uno de los científicos defendió los datos obtenidos y el análisis de ellos. Así, Spallanzani afirmaba que Needham no calentó suficientemente los frascos como para eliminar todos los seres vivos existentes, de tal manera que al enfriarse el caldo, aquellos seres que no habían muerto se reprodujeron. A su vez, Needham sostenía que al calentar demasiado los líquidos, se destruía el principio activo de la materia (uno de los fundamentos de la teoría de la espontaneidad). Esta controversia se solucionó cien años después con los concluyentes experimentos de Pasteur.

#### c. Pasteur derrota la teoría de la generación espontánea

En 1862, el biólogo francés Louis Pasteur, publicó los resultados de sus experiencias que darían fin a la teoría de la generación espontánea. Pasteur describe así uno de sus experimentos:

"En un frasco de vidrio coloco uno de los siguientes líquidos: agua con levadura de cerveza y azúcar, orina, jugo de remolacha y agua de pimienta (todos alterables al aire libre); luego procedo a doblar el cuello del frasco que así queda curvado en varios sectores; después hiervo el contenido del mismo de tal forma que el vapor sale por el extremo del cuello del frasco. ¡Sorprendente!, el líquido del matraz no se altera durante un período de tiempo indefinido, cosa que impresiona a todos los estudiosos del proceso de la generación espontánea". La secuencia de esta experiencia se ilustra en la figura.



Experimento de Pasteur.

Se podría pensar que el líquido había perdido su capacidad para permitir el desarrollo de microorganismos, cuestión que se aclara en la parte final de la experiencia, que el mismo Pasteur narra así: "Puesto que si al cabo de permanecer uno o varios meses en la incubadora, se quita el cuello del matraz mediante un golpe de lima sin tocarlo de otro modo, al cabo de uno o varios días empiezan a aparecer microorganismos, exactamente como ocurre cuando se trabaja al aire libre, o cuando el matraz se inoculara con polvo de aire".

Antes de realizar esta experiencia, Pasteur había demostrado que los organismos microscópicos tales como bacterias, no sólo permanecen en el aire y en el polvo que se respira, sino también, adheridos en las manos, en el suelo, en los utensilios de trabajo y en el laboratorio.

Por tal razón, las generaciones espontáneas de Needham y otros, eran el resultado de la falta de una adecuada esterilización. La esterilización consiste en la destrucción de microorganismos por la acción del calor o de sustancias químicas; dicho proceso tiene aplicación actual en la medicina, en la conservación del agua potable y en la preparación industrial de la leche.

En la primera parte de la experiencia narrada por Pasteur, el líquido permanece inalterado, ya que el aire que entra en contacto con él, pierde durante el recorrido por las partes curvas del tubo, la mayoría del contenido en gérmenes quienes quedan adheridos a las paredes del mismo. Al eliminar este obstáculo, rápidamente los microorganismos que pululan en el aire caen al líquido nutritivo y se reproducen copiosamente.

Con estos experimentos decisivos y razonamientos concluyentes, Pasteur refutó de manera irrevocable el concepto de la generación espontánea. Sin embargo, ahora se plantea un nuevo problema: ¿cómo se inició la vida? Para esta época, mediados del siglo XIX, existían dos respuestas a este interrogante:

- La vida fue creada de una manera sobrenatural;
- La vida se origina por generación espontánea.

La primera respuesta no satisfacía a la mayoría de los científicos y la segunda fue refutada totalmente por Pasteur.

#### 4. Teoría de la Evolución

Acerca del origen de la vida existen básicamente dos inquietudes: ¿cómo evolucionó la materia inerte, para dar origen a un ser vivo? y ¿cómo evolucionaron los primeros seres vivos para dar origen a las especies actuales?

Las respuestas al primer interrogante son sólo hipótesis, y aunque algunas de ellas poseen suficientes bases experimentales, lo cierto es que aún no se ha podido obtener ninguna forma de vida en el laboratorio.

Las respuestas al segundo interrogante, tienen bases y estructuración suficientes para ser consideradas como hechos. Es a esta "teoría de la evolución" a la cual nos vamos a referir.

La teoría se resume así "los seres vivos pueden cambiar con el tiempo, originar nuevas especies o extinguirse".

Lo anterior puede comprobarse en alto grado; el estudio de fósiles indica claramente que los animales y las plantas actuales son diferentes, aunque sea en mínima parte, de los que han existido a través de la larga historia de nuestro planeta.

#### a. Pruebas de la evolución

##### • Estudios paleontológicos

Los registros de fósiles son en muchos casos pruebas de la evolución. Analicemos dos casos: el mamut es un antepasado directo de los actuales elefantes. Los dinosaurios son especies extinguidas, que existieron en el pasado de la Tierra.

##### • Estudio de las especies actuales

Los biólogos sostienen que en caso de no existir los fósiles, las evidencias observadas anatómica, fisiológica o embriológicamente en las especies actuales, serían suficientes para aceptar la evolución.

Veamos unos ejemplos de ello: en muchos seres, se observan órganos atrofiados en vías de desaparecer, que probablemente tuvieron funciones específicas

en antepasados, tal es el caso del apéndice (¿vejiga natatoria?) y los músculos que mueven las orejas (?) en el hombre.

También es extraordinario el parecido de los embriones de la mayoría de los vertebrados (¿proceden de antepasados comunes?).

#### b. Lamarck: iniciador de la teoría de la evolución

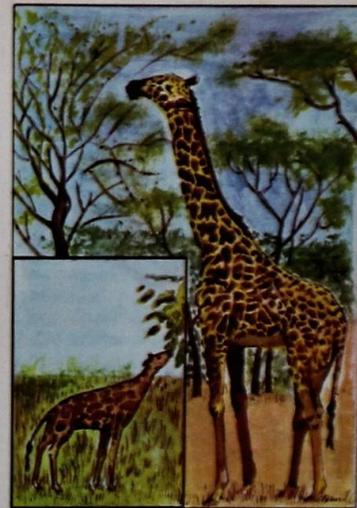
El biólogo francés Juan Bautista Lamarck, en 1809 publica una teoría sobre "el uso y desuso de órganos y la adquisición de caracteres hereditarios". Afirma que si un órgano es usado con frecuencia, se desarrolla bastante; si por el contrario tiene poco uso, se atrofia y tiende a desaparecer; agrega, que los cambios en los órganos por uso y desuso se heredan, produciendo generaciones con rasgos evolutivos.

Uno de los ejemplos básicos de Lamarck, era el cuello de las jirafas, las cuales según él, en principio tenían un cuello corto, pero ante la necesidad de tomar el alimento consistente en hojas blandas de la copa de los árboles, tuvieron que alargarlo hasta adquirir la longitud actual, como lo indica la ilustración.

La teoría de Lamarck, tuvo aceptación en su época, pero ante el desarrollo moderno de la genética (estudio de la herencia), sus teorías fueron rechazadas al comprobarse que las modificaciones de un órgano por uso y desuso, no tienen incidencia hereditaria en la mayoría de los casos, sino que afectan al individuo y no a su generación.

#### c. La teoría de Darwin

En 1831, el naturalista inglés Charles Darwin inicia un viaje alrededor del mundo a bordo del velero Beagle, y



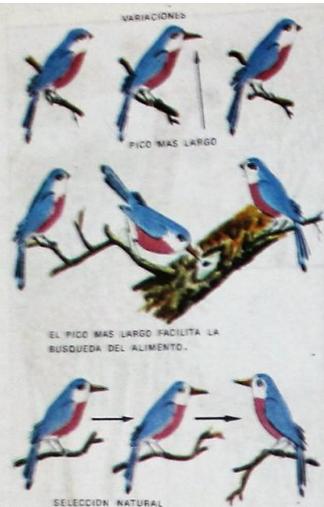
Evolución, según Lamarck.

durante cinco años realiza estudios en plantas y animales de diferentes partes del mundo. La información acumulada le permitiría más tarde concebir la teoría de la evolución de las especies, la cual publicó en 1859 en un libro titulado "El origen de las especies por medio de la selección natural".

La selección natural es el proceso mediante el cual, el medio escoge los organismos mejor dotados, quienes gracias a dicha cualidad, tienen mayor posibilidad de sobrevivir y reproducirse.

El mecanismo de la selección natural actúa así:

Los seres vivos, mediante la reproducción, dan origen a una descendencia que aumenta vertiginosamente; sin embargo, se observa que la población total de una especie en determinada región, permanece casi constante. ¿Cuál es la razón?



Selección natural en pinzones, según Darwin.

Descontando los individuos que mueren por vejez o enfermedad, el resto de la población establece una lucha por la supervivencia. Si se tiene en cuenta que entre los seres de una misma especie existen diferencias o variaciones, hay que pensar que estas pueden ser favorables o desfavorables para la adaptación del individuo al medio. En el segundo caso, el individuo tiende a desaparecer, en tanto, los que se encuentran en el primer caso sobreviven, y transmiten a su descendencia las variaciones favorables. El proceso se repite de generación en generación, y así, el medio selecciona en forma natural a los individuos más capaces para sobrevivir. A través del tiempo aumentan las grandes variaciones en una misma especie, hasta que finalmente dichas variaciones son suficientes para determinar una nueva especie a partir de la anterior.

Al ser diferentes las condiciones de una región a otra, la forma como actúa

la selección natural también varía. Lo anterior trae como consecuencia que, a partir de una especie y miles de años de selección, aparezcan especies distintas en cada territorio, pero que guardan entre sí rasgos comunes.

Un caso concreto es la observación hecha por Darwin, en el archipiélago de los Galápagos, islas situadas en el Pacífico a mil kilómetros de las costas del Ecuador. Al estudiar las especies de pinzones que encontró en dichos lugares le sorprendió el que las mencionadas aves, aunque tenían estructura corporal muy similar, mostraban sin embargo, diferencias en la forma y el tamaño del pico:

- Una especie de pinzones, era de corto vuelo y con pico fuerte y ancho, excelente para triturar frutos duros, los que constituían su alimento.

- La otra especie poseía vuelo rápido, buena vista y pico débil, razón por la cual no estaban en capacidad de romper la dura cubierta de los frutos. Su principal alimento eran las larvas y los insectos que se encuentran en los huecos de la corteza de los árboles. Estas aves aprendieron a utilizar pequeñas espinas de cacto para escarbar y así extraer sus presas. Darwin supone, que cuando los pinzones del continente llegaron a las islas, no encontraron mucha competencia de otras aves y pudieron desarrollarse fácilmente.

Al cabo de cierto tiempo, cuando la población de pinzones aumentó, la lucha por el alimento fue mayor.

En esta forma, el medio se tornó más exigente, y sólo aquellas aves dotadas de agilidad en el vuelo y agudeza en la vista, supervivieron; las que no, tendieron a desaparecer. Sin embargo, algunos

de éstos ejemplares poseían un pico fuerte, característica que les permitió adaptarse a un tipo diferente de alimentación: **frutos duros**. Esta cualidad se fue acentuando más en la descendencia, hasta dar origen a una nueva especie.

Las especies existentes en las islas y las que llegaron del continente presentaban diferencias entre sí, pero conservaron semejanzas que permitieron agruparlas a todas como pinzones.

#### d. Teoría moderna de la evolución

En la actualidad, la teoría sobre la evolución, es una modificación de la propuesta por Darwin, debido a los adelantos en el estudio de la genética. Se acepta que el medio ambiente dirige "la selección natural" pero no la "causa", porque ésto depende de las variaciones que resultan en la herencia.

#### e. El hombre también realiza la selección

Desde tiempos remotos, para su beneficio, el hombre ha realizado una selección sobre plantas y animales, selección llamada artificial.

Veamos unos ejemplos de ésta: en la agricultura, selecciona las mejores semillas y tallos, para conseguir mejores cosechas. En animales realiza cruces con los mejor dotados para un fin específico; así obtiene mejores razas de vacas lecheras, caballos de carga, caballos de carreras y perros de caza.

#### 5. Evolución prebiótica

En el tema anterior queda expuesta una teoría que permite interpretar la forma posible, cómo a partir de los primeros

seres vivos, y a través de una evolución continua en el transcurso de millones de años, se pudieron originar las especies actuales. **A pesar del avance científico logrado en este campo, la evolución aún no puede aceptarse como un hecho verídico.**

En esta misma situación están las teorías que tratan de explicar, cómo evolucionó la materia inerte hasta dar origen al primer ser vivo, (evolución prebiótica). En realidad, acerca de ello, sólo existen hipótesis basadas en la experimentación.

#### a. Teoría de Oparin

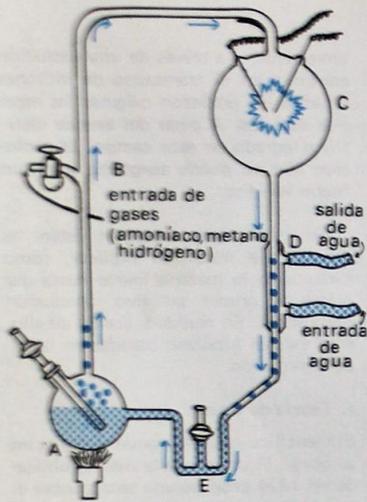
El científico ruso Alexander Oparin, en su obra "El origen de la vida", publicada en 1924 propuso una teoría sobre el origen de la vida, a partir de la materia inorgánica.

Es un hecho que tanto animales como vegetales están constituidos por las llamadas sustancias orgánicas, por tanto no puede existir vida sin la presencia de ellas.

Tomando como base lo anterior, Oparin sostiene que la etapa inicial del origen de la vida, debió ser la formación de dichas sustancias (evolución preorgánica).

El biólogo, sitúa esta etapa inicial en las aguas de los océanos primarios, cuyas características ya fueron descritas en la Tierra primitiva. Sin embargo, Oparin advierte que entre el "caldo nutritivo" inicial y los organismos, existe una gran diferencia.

Para explicar, cómo se organizó posiblemente, la materia orgánica que daría origen a las primeras formas de vida, Oparin realizó varios experimentos. El de más incidencia para su hipótesis fue



Experimento de Miller.

aquel en el que mezclando dos soluciones orgánicas de estructura compleja (gelatina y goma arábiga), ambas transparentes y homogéneas, obtuvo una mezcla turbia que vista al microscopio presentaba gotas, separadas nítidamente de la solución; cada gota o **coacervado** (amontonado) es una agrupación de moléculas, rodeadas por una envoltura densa y limitativa, que le da al coacervado una individualidad respecto al medio. ¿Cuál es la importancia científica del coacervado? .

Investigaciones posteriores, permitieron concluir, que las microgotas y coacervados son agrupaciones de proteínas, organizadas de tal forma, que pueden considerarse como un modelo estático del protoplasma de las células actuales. Las reacciones químicas que ocurren dentro del coacervado son diferentes a las que suceden en el medio exterior.

Finalmente, su envoltura o membrana tiene una función selectiva para per-

mitir la entrada o salida de las sustancias adecuadas.

A pesar de la similitud del coacervado con las células de los seres vivos, aquellos no se pueden considerar seres con vida, pero sí un principio fundamental en la explicación del origen de los mismos.

#### b. El experimento de Stanley Miller

Oparin no llegó a demostrar experimentalmente, la formación de las primeras sustancias orgánicas en la atmósfera primitiva.

Sin embargo, en 1953, Miller, estudiante de la Universidad de Chicago, realizó una experiencia en la cual reprodujo lo que pudo haber ocurrido en aquella época.

El instrumento que utilizó Miller se ilustra en la figura. En él, se introduce metano, amoníaco e hidrógeno, compuestos constituyentes de la atmósfera primitiva. El agua que está en el recipiente A, se calienta para producir vapor. Los gases, empujados por el vapor de agua, circulan siguiendo la flecha B (atmósfera primitiva) y pasan al recipiente C, donde hay producción continua de descargas eléctricas de unos 60 000 voltios (relámpagos). En seguida, el vapor de agua sufre enfriamiento a través de un refrigerante o condensador D, y regresa al estado líquido, simulando las lluvias. Los compuestos, que posiblemente se forman en el recipiente C, son arrastrados por la lluvia artificial y depositados en el tubo E (océano primitivo). Después de una semana de continua experimentación, al examinar el contenido del recipiente E, se encontraron numerosos compuestos orgánicos fundamentales para la vida, como es el caso de los aminoácidos.

El experimento lo reprodujeron otros investigadores; cambiaron las descargas eléctricas por temperaturas hasta de 1.000° C (temperatura en los volcanes) o la acción continua de los rayos ultravioleta (radiaciones solares en la atmósfera primitiva). Obtuvieron en ambos casos los mismos resultados de Miller. Estos experimentos comprueban de una forma científica como pudo ocurrir la evolución preorgánica.

#### 6. ¿Cómo fueron los primeros seres vivos?

En los anteriores temas, hemos visto que las experiencias de Miller y otros investigadores permiten suponer cómo ocurrió la evolución preorgánica, es decir, cómo se formaron las sustancias orgánicas indispensables para la vida, a partir de materiales inorgánicos. Los experimentos de Oparin, con los cuales obtuvo los coacervados, y las investigaciones que sobre ellos realizó posterior-

mente Fox, nos dan una idea de cómo se organizó la materia orgánica para dar origen a microscópicas "gotas previvientes" con caracteres similares a una célula. ¿Indican dichos experimentos que la vida tuvo origen de esta forma? Quizá sea cierto, pero para demostrar que aminoácidos y coacervados evolucionaron hasta formar plantas y animales, aún hay que recorrer un largo y complicado camino de investigación.

Sin embargo, a pesar de que Pasteur hace un siglo, demostró que un ser vivo nunca proviene de un ser no viviente, él se refería a las condiciones actuales de la Tierra, mientras que los investigadores que acabamos de mencionar, se refieren a las condiciones que suponen con bastante aproximación, existieron en épocas pasadas.

Si bien existen todavía, dudas científicas del proceso de formación de los primeros seres vivos, la teoría de la evo-

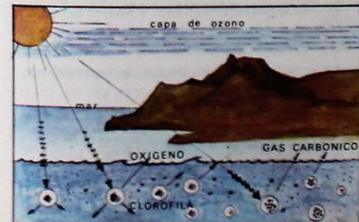
Síntesis de la evolución orgánica y aparición de la vida.



1. Comienza la síntesis de los compuestos orgánicos en el primitivo medio terrestre.



2. Formación de coacervados (microgotas) y aparición del proceso de fermentación. Inicio de los mecanismos de reproducción.



3. Aparición de los procesos de fotosíntesis y respiración (autotrofismo y heterotrofismo).



4. Evolución de las especies hasta la Tierra actual.

lución moderna, basada en lo propuesto por Darwin, explica con amplias bases cómo a partir de las primeras especies, tras un largo período de selección natural, se originaron las especies actuales.

Cuando pensamos en el problema del origen de la vida, uno de los interrogantes que surgen con mayor fuerza es el que hace referencia a la manera cómo se alimentaban las primeras formas vivientes, es decir, si los primeros seres vivos fueron autótrofos o heterótrofos.

Los biólogos defensores de la primera posibilidad, se basan en el hecho de que en la actualidad, los únicos seres capaces de elaborar su alimento son las plantas (autótrofos). De ahí que su presencia resulte indispensable para sostener el equilibrio biológico de la naturaleza. Suponen que la primera forma de vida, fue un ser capaz de elaborar sus

alimentos. Una de las fallas que tiene la hipótesis autotrófica, radica en el hecho de que la síntesis de alimento requiere un organismo muy complejo, cuya existencia es discutible en los comienzos de la vida; no obstante, lo anterior no significa que esta hipótesis sea incorrecta.

Los biólogos seguidores de la segunda hipótesis sostienen que al ser los primeros seres de una estructura tan simple, necesariamente dependían para su existencia del medio ambiente, del cual tomaban su alimento en forma elemental. Luego, por evolución a partir de los primeros seres heterótrofos, pudieron haber surgido los autótrofos.

La hipótesis heterotrófica, respaldada por las investigaciones de Oparin, es la más aceptada en la actualidad.

### Conceptos Fundamentales

**Biología.** Rama importante de la ciencia, encargada de estudiar los seres vivos y sus procesos.

**Célula.** Unidad básica de los seres vivos.

**Teoría celular.** "Todo ser vivo está constituido por células".

**Evolución.** "Todo ser vivo está en un proceso permanente de cambio".

**Fotosíntesis.** Proceso por el cual las plantas verdes elaboran su alimento, a partir de sustancias sencillas y la luz solar.

**Cadena alimentaria.** Comprende los diversos pasos o eslabones ocurridos en la naturaleza, mediante los cuales unos seres vivos se alimentan de otros en forma sucesiva. Así por ejemplo, una flor le brinda alimento a una abeja, la cual puede ser víctima de un sapo y éste puede ser el alimento de una culebra.

**Anabolismo.** Procesos metabólicos de construcción.

**Catabolismo.** Procesos metabólicos de descomposición de las sustancias organizadas con el fin de producir la energía necesaria para la vida y la renovación.

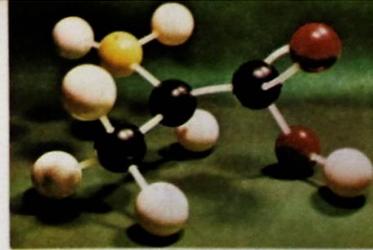
**Organismos autótrofos.** Seres vivos capaces de fabricar sus propios alimentos como las plantas verdes.

**Organismos heterótrofos.** Seres vivos incapaces de elaborar su alimento; para subsistir dependen de los autótrofos.

**Biosfera.** Conjunto que abarca a los seres vivos, su medio y sus inter-relaciones.

**Cosmos.** Sinónimo de Universo, es decir, todo cuanto nos rodea.

**Vía Láctea.** Una de las constelaciones del Universo: la nuestra.



Modelo de un aminoácido.  
Alanina ( $\text{CH}_3 - \text{CHNH}_2 - \text{COOH}$ ).

## UNIDAD 2

### SISTEMAS QUÍMICOS Y FÍSICOS DE LA VIDA

La principal semejanza entre todos los seres de la naturaleza, radica en que, la materia con vida o sin ella, está regida por las mismas leyes químicas y físicas; de tal manera que las características y comportamiento de los seres vivos pueden ser estudiados sobre la base de dichas leyes.

De lo anterior se deduce la importancia que tienen los conceptos fundamentales de la química y la física en el estudio integral de los seres vivos.

En la mayoría de los casos, los cambios químicos y físicos de la materia, ocurren simultáneamente. Así, al encender una vela, el calor producido por el pabilo, hace que la parafina cambie sucesivamente del estado sólido al líquido y finalmente al gaseoso.

En este estado, el calor hace que la parafina arda, descomponiéndose en gas carbónico, vapor de agua y liberando energía en forma de luz y calor. En el ejemplo anterior, los cambios de estado sufridos por la parafina constituyen un proceso físico ya que la composición de la parafina no cambia en ninguno de los tres estados. Cuando arde, ocurre un cambio químico, porque la composición de los productos finales es diferente a la de la parafina.

¿Qué cambios físicos ocurren cuando comemos un dulce?

#### A. NATURALEZA DE LA MATERIA

La materia es discontinua y está constituida por pequeñísimas partículas separadas unas de otras, sea cual fuere el estado en que se encuentre.

Lo anterior lo podemos observar en experiencias sencillas, como en el agua, que se puede encontrar en estado sólido, líquido o gaseoso, estados que dependen de las distancias existentes entre las partículas que la forman. Mientras no se altere la estructura de dichas partículas la sustancia no dejará de ser agua.

Las partículas más pequeñas de cualquier sustancia, que conservan las propiedades físicas y químicas de la misma, se denominan moléculas, las que a su vez están constituidas por otras partículas más pequeñas llamadas átomos. Las sustancias cuyas moléculas están integradas por una misma clase de átomos se llaman elementos, como es el caso del oxígeno, nitrógeno e hidrógeno.

Las sustancias cuyas moléculas están formadas por diferentes clases de átomos se denominan compuestos, como el agua, cuya molécula está formada por oxígeno e hidrógeno.

Otro ejemplo es la Alanina, compuesto formado por carbono, hidrógeno, nitrógeno y oxígeno; cuyo modelo aparece en la figura.

## 1. El átomo

### a. ¿Cuál es la estructura interna del átomo?

En un comienzo se consideraba el átomo como una partícula indivisible; sin embargo, los científicos de nuestro siglo, han demostrado que se puede dividir y que está formado por partículas materiales aún más pequeñas: los electrones, los protones y los neutrones.

Los electrones son partículas con carga eléctrica negativa; los protones con carga positiva y los neutrones, como lo indica su nombre, no presentan carga.

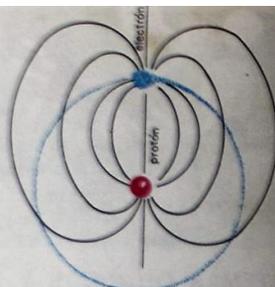
¿Cómo están distribuidas estas partículas dentro del átomo?

Tanto los protones como los neutrones se localizan en la parte central del átomo, constituyendo lo que se conoce con el nombre de núcleo del átomo. Alrededor del núcleo giran los electrones, en forma tan rápida, que parecen estar en todas partes, formando una especie de "nubes electrónicas".

La masa total del átomo se encuentra en el núcleo, ya que la masa del electrón es despreciable, si se le compara con la masa del protón o del neutrón (unas dos mil veces menor). A pesar de lo anterior, al comparar el volumen del núcleo con el volumen total del átomo, dicha relación sería similar a la que pudiéramos establecer entre un punto hecho con un lápiz y el volumen total de un salón.

El número de electrones que gira alrededor del núcleo siempre es igual al número de protones que hay en él, por tanto el número de cargas negativas es igual al número de cargas positivas, razón por la cual el átomo es eléctricamente neutro.

32



Átomo de hidrógeno y su campo eléctrico.

### b. Clases de átomos

En la naturaleza existen más de cien elementos; aquello que hace que los átomos de un elemento sean diferentes a los átomos de otro, es el número de protones presentes en el núcleo; todos los átomos de hidrógeno tienen en su núcleo un protón, los de carbono 6 protones y los de oxígeno 8 protones.

La cantidad de protones característicos de cada átomo, se conoce con el nombre de número atómico, y se simboliza con la letra  $Z$ . Por tanto, el número atómico del hidrógeno es 1 ( $Z=1$ ) y el del oxígeno 8 ( $Z=8$ ). ¿Cuál será el número atómico del carbono?

### c. ¿Por qué los electrones giran alrededor del núcleo?

Las cargas magnéticas y eléctricas de signo contrario se atraen, luego, es lógico suponer que exista una fuerza de atracción entre los protones y los electrones. Ahora bien, los electrones no chocan con el núcleo, debido a que poseen la energía suficiente para contrarrestar dicha fuerza de atracción. No todos los electrones presentan el mismo valor de energía, razón por la cual estos se encuentran a diferentes distancias alrededor del núcleo. Los de mayor valor energético se encuentran más lejos del núcleo, y por consiguiente están menos atraídos por él.

La distribución de los electrones alrededor del núcleo no ocurre al azar, sino que de acuerdo con su energía, existen regiones probables, donde un número determinado de electrones puede girar.

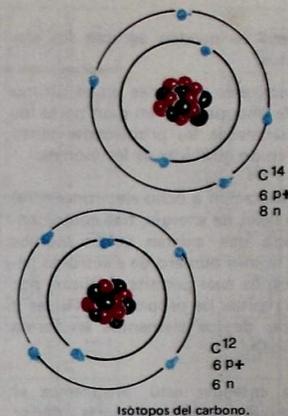
A estas regiones se les denomina niveles de energía, en ellos, el número máximo de electrones que cabe varía.

Se distinguen siete niveles de energía que se designan con las letras mayúsculas: K, L, M, N, O, P y Q, localizados en el mismo orden desde cerca del núcleo hacia la periferia. El número máximo de electrones que cabe en cada nivel es el siguiente:  $K=2$ ;  $L=8$ ;  $M=18$ ;  $N=32$ . Los niveles O, P y Q nunca pasan de 32 y por consiguiente nunca se llenan. Es bueno recordar que el nivel externo de cada átomo no puede poseer más de ocho electrones. (Ver figura).

Los electrones periféricos son los responsables del comportamiento químico de los átomos, ya que estos interactúan sobre los electrones periféricos de otros átomos para formar compuestos.

### d. ¿Son iguales los átomos de un mismo elemento?

Se ha dicho que los átomos de un mismo elemento tienen el mismo número de protones y electrones, pero el número de neutrones puede variar. Los átomos de un mismo elemento que difieren por el número de neutrones se llaman isótopos. Así en cualquier átomo de cloro ( $Z=17$ ), en su núcleo hay 17 protones y a su alrededor giran 17 electrones; pero en una cantidad dada de cloro, el 74,6% de átomos tiene 18 neutrones y el 25,6% tiene veinte neutrones. Luego, el cloro presenta la mezcla porcentual de estos dos isótopos.



### e. Número de masa y masa atómica relativa

A la suma de neutrones y protones de un átomo se le llama número de masa y se simboliza con la letra  $A$ ; ( $A=Z+n$ ; donde  $Z$ = número atómico;  $n$ = cantidad de neutrones).

El cloro presenta átomos cuyo número de masa es 35 ( $A=17+18$ ) y 37 ( $A=17+20$ ). Así como el cloro hay otros elementos que presentan la mezcla de dos isótopos con diferente número de masa, entonces, para facilitar los cálculos químicos se utiliza el valor promedio de los números de masa de cada isótopo, teniendo en cuenta el porcentaje de cada uno.

En este caso el valor estará más cerca a 35 que a 37 ya que del primero existe mayor cantidad de átomos. El valor obtenido para dicho elemento es 35,5. A este valor se le conoce con el nombre de masa atómica relativa.

33



se conoce también su número de niveles de energía. ¿Cuántos niveles de energía presentan los elementos del período sexto?

A su vez, los elementos pertenecientes a un mismo grupo presentan igual número de electrones periféricos. El grupo uno está integrado por los elementos que se encuentran entre el Hidrógeno (H) y el Francio (Fr), los cuales presentan en su último nivel de energía, un electrón.

De la misma forma, todos los elementos integrantes del cuarto grupo poseen cuatro electrones en su último nivel de energía, es decir, que el número del grupo al cual pertenece un elemento, indica la cantidad de electrones que poseen sus átomos en el último nivel de energía.

En conclusión, la posición de los elementos en la tabla periódica, permite predecir su estructura atómica y en parte sus propiedades. Además se observa que los elementos ubicados hacia la izquierda de la tabla presentan características metálicas y los de la derecha, de no metales o metaloides.

## 2. Las moléculas

### a. Los átomos se combinan para formar moléculas

Los átomos no se encuentran aislados en la naturaleza, sino que se combinan entre sí para formar moléculas.

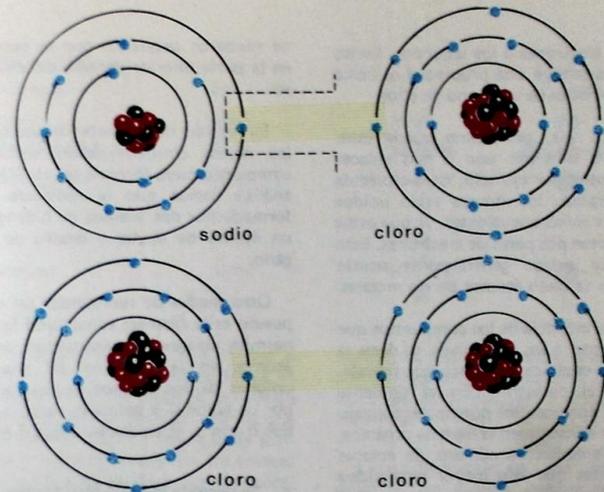
La unión entre átomos para integrar las moléculas, es el resultado de la interacción entre los electrones periféricos de ellos. Esta interacción se debe a la tendencia de los átomos a poseer ocho electrones en su nivel externo, hecho conocido con el nombre de ley del oc-

tete. Únicamente se exceptúan de esta ley, los elementos de bajo número atómico como el Hidrógeno y el Litio, que solamente tienden a poseer dos electrones.

Para llevar a cabo esta tendencia, los elementos pueden ceder, aceptar o compartir electrones, según la naturaleza de los átomos.

Los dos primeros casos (ceder o aceptar) se presentan cuando se combinan dos átomos de la siguiente naturaleza: uno de ellos presenta un electrón en el nivel externo y ocho en el penúltimo, y el otro con siete en el externo, como se ilustra en la figura con el ejemplo del sodio y del cloro respectivamente. Como se puede observar, para que se cumpla la ley del octeto, lo más viable es que, el sodio ceda su electrón periférico dejando el penúltimo en calidad de nivel periférico con ocho electrones. El cloro acepta dicho electrón y completa ocho electrones externos. Una vez realizada la transferencia del electrón, el átomo de sodio, el cual era neutro originalmente, queda con una carga eléctrica positiva al ceder un electrón ( $\text{Na}^+$ ); a su vez, el cloro adquiere una carga negativa al aceptar dicho electrón ( $\text{Cl}^-$ ). Entre los átomos con cargas eléctricas de signo contrario, se origina una fuerza de atracción que los mantiene unidos, y a menos que un agente externo retorne el electrón a su posición inicial, estos permanecen juntos formando una sustancia con propiedades características, en nuestro ejemplo, **sal común** ( $\text{Na}^+ \text{Cl}^-$ ).

Los átomos cargados eléctricamente que resultan de este tipo de uniones químicas, reciben el nombre de **iones** y su comportamiento químico por separado, es diferente al observado en los átomos neutros.



Enlaces iónico y covalente.

Cuando las circunstancias no permiten la transferencia de electrones, los átomos resuelven la situación compartiendo dos o más pares de ellos, como ocurre en las moléculas de cloro. Estas moléculas están integradas por dos átomos, como se observa en la figura. Cada átomo de cloro busca completar ocho electrones en su capa periférica, siendo que a cada uno de ellos les falta un electrón. Para lograr su propósito, comparten un par de electrones (par conocido también como **doblete electrónico**), cada átomo aporta uno. El núcleo de cada átomo de Cloro ejerce sobre este par de electrones una fuerza de atracción, razón por la cual dichos átomos permanecen unidos.

Las fuerzas que mantienen unidos a dos o más átomos para formar moléculas recibe el nombre de **Enlace Químico**. De acuerdo a la forma como se unen los átomos, el enlace se denomina **iónico**, cuando se realiza entre iones, y

**covalente** cuando es el resultado de compartir dobletes electrónicos.

En la formación de una molécula, los átomos que se unen lo pueden hacer por medio de uno o más enlaces, el número de estos depende de la naturaleza de los átomos.

En el caso del enlace iónico, puede haber transferencias de uno, dos o tres electrones, dando como resultado que los átomos en cuestión, estén unidos por uno, dos o tres enlaces iónicos.

Naturalmente, esto depende del número de electrones periféricos. En la molécula de la cal viva u óxido de calcio ( $\text{CaO}$ ), los átomos están unidos por dos enlaces iónicos, ya que el calcio cede dos electrones al oxígeno.

El enlace iónico se presenta, cuando la unión se lleva a cabo entre metales y no metales, en la cual, los primeros

ceden electrones a los segundos, hecho que constituye una propiedad química característica de cada uno de ellos.

A su vez, un átomo puede estar unido a otro por uno o más enlaces covalentes, por ejemplo, en la molécula de oxígeno, los átomos están unidos por dos enlaces covalentes, ya que estos comparten dos pares de electrones. Este tipo de enlace generalmente ocurre cuando se unen átomos de no metales.

En la mayoría de los compuestos que conforman a los seres vivos, es decir la materia orgánica, el enlace que prevalece es el covalente. En el siguiente cuadro aparecen los principales elementos que constituyen la materia orgánica, como también el número de enlaces covalentes que con mayor regularidad presentan:

| Elemento  | Símbolo | Enlaces |
|-----------|---------|---------|
| Carbono   | C       | 4       |
| Hidrógeno | H       | 1       |
| Oxígeno   | O       | 2       |
| Nitrógeno | N       | 3       |
| Fósforo   | P       | 5       |
| Azúfre    | S       | 2       |

#### b. ¿Cómo se representan las moléculas?

Los símbolos de los elementos se conocen universalmente; como una molécula es la agrupación de dos o más átomos, su representación se lleva a cabo por la asociación de los símbolos correspondientes. Así, la fórmula del agua es  $H_2O$ , y nos indica que su molécula está integrada por dos átomos de hidrógeno y un átomo de oxígeno. La fórmula determina la cantidad de átomos que existe en la molécula, mediante el uso

de números pequeños que se escriben en la parte inferior derecha del elemento.

El líquido de las baterías usadas en los carros contiene ácido sulfúrico, compuesto cuya fórmula es:  $H_2SO_4$ ; su análisis indica que la molécula está formada por dos átomos de hidrógeno, un átomo de azufre y cuatro de oxígeno.

Otro medio de representar un compuesto es la fórmula estructural la cual permite conocer la disposición de los átomos en la molécula. En ella, las uniones de los átomos se representan por un guión si el enlace es sencillo, por dos o tres si el enlace es doble o triple.

#### c. Se necesita energía para formar compuestos

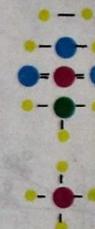
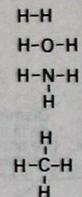
Para que se lleve a cabo la formación de cualquier tipo de enlace (iónico o covalente), en la mayoría de los casos se hace necesario suministrar energía a los átomos. Dicha energía queda almacenada en forma potencial en el compuesto, denominándose **energía química**. Es lógico pensar, que cuando por cualquier motivo se produzca el rompimiento del enlace, esta energía queda libre.

En la naturaleza, los átomos "libres" son sumamente escasos, en su gran mayoría están combinados formando compuestos. Por esta razón, cualquier cambio químico que ocurra, implica el rompimiento de unos enlaces y la formación de otros, fenómeno conocido con el nombre de **reacción química**.

Un ejemplo de lo anterior es la combustión de la parafina, material del cual están hechas las velas. Este compuesto, químicamente está formado por moléculas complejas, originadas por la unión

#### NOMBRE

|               |        |
|---------------|--------|
| Hidrogeno     | $H_2$  |
| Agua          | $H_2O$ |
| Gas Carbónico | $CO_2$ |
| Amoniaco      | $NH_3$ |
| Metano        | $CH_4$ |



de numerosos átomos de Carbono e Hidrógeno. Para que la vela encienda, es necesario iniciar la reacción activando la parafina con la energía calórica que desprende un fósforo (energía de activación). Iniciada la reacción, los enlaces entre los átomos de Carbono e Hidrógeno se rompen, y dejan en libertad la energía almacenada en ellos. Simultáneamente, se forman nuevos enlaces entre los átomos de Carbono, Hidrógeno y Oxígeno del aire, para originar gas carbónico ( $CO_2$ ) y vapor de agua ( $H_2O$ ), productos finales de dicha reacción. Parte de la energía liberada por la ruptura de los enlaces de la parafina es utilizada para la formación de los nuevos enlaces, en tanto que la restante se desprende en forma de luz y calor.

Todo cambio físico o químico en el cual se libere energía, como en el caso de la combustión de la vela, se denomina **exotérmico**. Cuando estos cambios, en vez de liberar energía la absorben, se llaman **endotérmicos**. Un fenómeno físico endotérmico es la evaporación del agua, en el cual hay que suministrar energía.

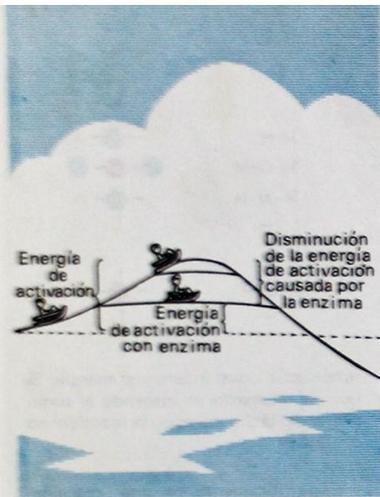
La electrólisis del agua es un fenómeno químico endotérmico, en donde para que los enlaces Hidrógeno-Oxígeno se rompan hay necesidad de

suministrar constantemente energía. Si por un momento se suspende el suministro de dicha energía, la reacción no continúa.

Específicamente, en una reacción química, los nuevos enlaces tendrán mayor o menor energía que los iniciales. Si los nuevos enlaces tienen mayor energía significa que en su formación se absorbió energía del medio, (reacción endotérmica). En cambio, si los nuevos enlaces tienen menos energía que los iniciales, indica que durante la reacción se ha liberado cierta cantidad de energía al medio (reacción exotérmica).

Para complementar el análisis de la relación existente, entre la energía y la formación de compuestos, vamos a referirnos a la llamada **energía de activación**. ¿Qué función desempeña esta energía en una reacción química?

La función de esta energía es la de inducir las moléculas a reaccionar, aumentando su energía cinética, hecho que favorece la iniciación de la reacción. Por lo general, esta energía es suministrada en forma de calor; sin embargo, existen sustancias químicas llamadas **catalizadores**, cuya presencia en la reacción permite que ésta se inicie sin necesidad de calor adicional.



La energía de activación y efecto de una enzima.

Tal como se ilustra en la gráfica, la energía de activación se puede comparar con una montaña, por la cual las moléculas deberían ascender antes de comenzar a reaccionar entre sí. El catalizador sería como un taladro, encargado de abrir un túnel a través de la montaña, facilitando de esta forma que la reacción se lleve a cabo.

El catalizador interviene en cierta forma en la reacción pero al final de ésta, aparece sin ninguna alteración, por lo tanto se le puede emplear varias veces.

### 3. Las reacciones químicas en los seres vivos

La función principal de todo ser vivo es la autoconservación, y en ella intervienen fenómenos como el crecimiento, el movimiento, la digestión y otros, los cuales, para su realización necesitan energía.

¿Cómo adquieren esta energía los seres vivos? La respuesta inmediata es: la obtienen de los alimentos. Los alimentos son entonces, "alcancías" de energía. Como los alimentos son compuestos y estos se forman por reacciones químicas, su contenido energético viene almacenado en los diferentes enlaces de sus estructuras moleculares.

A su vez, para que la energía química de los alimentos pueda ser utilizada, dentro del organismo deben suceder reacciones, que transformen los alimentos en moléculas con enlaces de menor contenido energético, de tal forma que quede en libertad buena parte de la energía que inicialmente poseían. La utilización de esta energía en los procesos biológicos, implica otra serie de reacciones químicas; de ahí la importancia que tiene el conocimiento de ellas, en el estudio de los seres vivos.

#### a. Enzimas: catalizadores en los seres vivos

La temperatura en un ser vivo permanece constante y sólo puede variar dentro de un pequeño margen, de lo contrario provocaría alteraciones de funestas consecuencias para su supervivencia. Así, en el hombre, la temperatura normal es de 37°C y un aumento o descenso de ella en más de un grado, produce trastornos en la persona.

Las temperaturas óptimas para cada organismo no son elevadas, por lo tanto, resultan incapaces de suministrar la energía de activación, necesaria para iniciar las reacciones químicas que intervienen en su metabolismo; por tal razón, para que la mayoría de ellas se realice, existen dentro del organismo, sustancias que desempeñan la función de catalizadores.

Se ha comprobado que muchos compuestos, incluyendo el agua, actúan como catalizadores dentro del organismo, pero la mayoría de las reacciones son catalizadas por un tipo especial de sustancias llamadas **enzimas**.

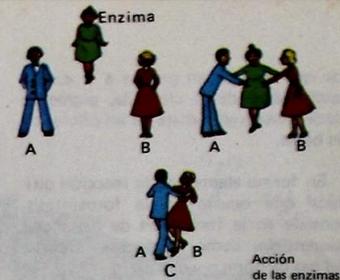
La enzima es una proteína que generalmente va acompañada de minerales como el hierro y de vitaminas, de ahí la importancia de estas últimas en la vida de los seres vivos.

Otro aspecto importante relacionado con las enzimas, es el de su **especificidad**. Cada enzima cataliza una reacción en especial y como en el organismo ocurren cientos de reacciones, se requieren cientos de enzimas; una para cada reacción.

Esto se puede representar por medio de modelos gráficos, donde se ilustra la estrecha relación que existe entre la estructura de las enzimas y la estructura de las moléculas sobre las cuales actúan para que reaccionen. Lo anterior es comparable a la relación que existe entre una llave y la cerradura; la llave puede cerrar o abrir determinada cerradura. En igual forma, una enzima puede unir moléculas para dar un nuevo compuesto o actuar sobre éste y permitir el proceso inverso; por ello, un número pequeño de enzimas puede provocar muchas reacciones.

Al actuar como catalizador, la enzima interviene temporalmente en la reacción química, haciendo que disminuya considerablemente la energía de activación, y por consiguiente, facilita la rápida reacción de las moléculas.

Al formarse la nueva molécula, la enzima se separa y queda tal como era



antes de la reacción. En la figura se ilustra gráficamente el papel de la enzima; la reacción consiste en la unión química de los compuestos A y B para dar la sustancia C.

Un ejemplo de enzima es la **ptialina**, presente en la saliva, la cual actúa sobre los almidones, convirtiendo estas sustancias integradas por moléculas complejas, en compuestos más simples.

#### b. La fotosíntesis y la respiración: dos reacciones químicas en los seres vivos

Anotábamos que en los procesos biológicos intervienen reacciones químicas, pero la manera como se realiza cada una de ellas es diferente según el caso. A continuación analizaremos el aspecto químico de la fotosíntesis y la respiración, no sólo como ejemplos de reacciones químicas en los seres vivos, sino también como procesos biológicos básicos para la nutrición de los organismos.

La **fotosíntesis** es un proceso por el cual, las plantas verdes sintetizan alimentos, indispensables tanto para las mismas plantas, como para el resto de seres vivos. Las materias primas para esta síntesis son: el gas carbónico (CO<sub>2</sub>) que es tomado del aire, el agua (H<sub>2</sub>O) absorbida por las raíces y transportada a las hojas, y luz solar, elemen-

tos que reaccionan gracias a la acción catalizadora de la clorofila, pigmento verde que se encuentra en las células de las hojas.

En forma elemental, la reacción química que ocurre en la fotosíntesis, consiste en la formación de sustancias alimenticias como la glucosa, a partir del gas carbónico y el agua.

Para facilitar la comprensión del mecanismo de esta reacción, vamos a analizarla por etapas, tratando de seguir el orden, que muchos investigadores creen más probable:

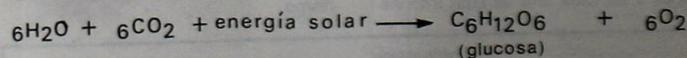
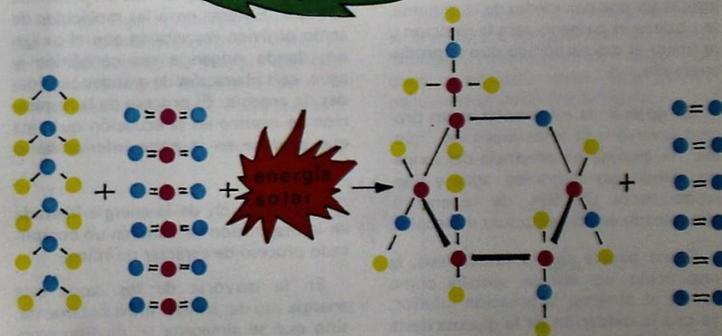
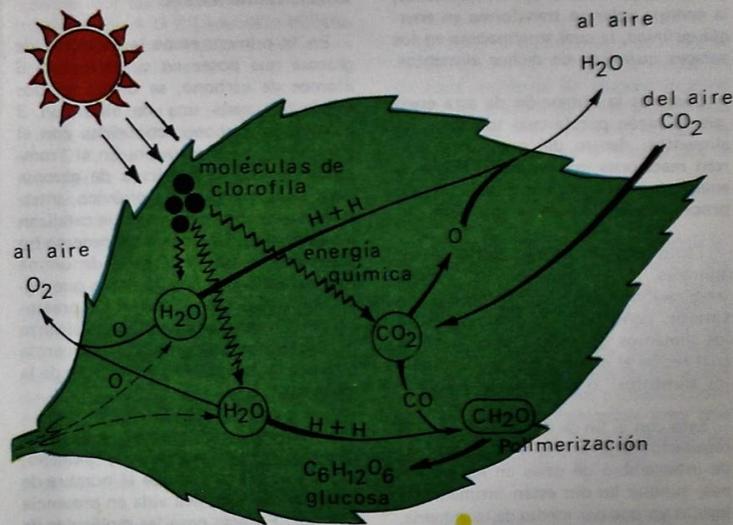
- La primera parte de esta reacción, es la absorción de la energía solar por la clorofila, transformándola en energía química, hecho de gran significación, ya que es el primer eslabón de la cadena energética que mantiene la vida en nuestro planeta.
- El siguiente paso, es la utilización de una parte de la energía química almacenada en la clorofila, para romper los enlaces de dos moléculas de agua, y dejar libres cuatro átomos de hidrógeno y dos de oxígeno.
- Los dos átomos de oxígeno se combinan para formar una molécula de oxígeno gaseoso, el cual es liberado y pasa a la atmósfera.
- La cuarta etapa consiste, en la reacción de los cuatro átomos de hidrógeno provenientes de la descomposición del agua, con una molécula de gas carbónico. Esta última molécula tiene dos átomos de oxígeno, uno de los cuales reacciona con dos átomos de hidrógeno para formar agua, la cual es exhalada al exterior. El carbono y el oxígeno restantes de la molécula de gas carbónico, con ayuda de la energía química pro-

porcionada por la acción de la clorofila, reaccionan con los otros dos átomos de hidrógeno para formar un compuesto intermedio cuya fórmula es:  $\text{CH}_2\text{O}$ . Por la unión de seis moléculas de las anteriores o **polimerización**, se origina la **glucosa** o azúcar, compuesto que a su vez por nuevas polimerizaciones se transforma en sustancias de constitución más compleja como el almidón y la celulosa.

El mecanismo anteriormente explicado, deja en claro que la función de la energía lumínica que la función de la energía química, es la de desdoblarse el agua y ayudar a la síntesis de la glucosa. Los hidrógenos provenientes del agua reaccionan con el gas carbónico, de tal manera que el agua actúa como sustancia "donadora" de hidrógeno y el gas carbónico como "aceptora". El oxígeno producido durante la fotosíntesis, proviene en su totalidad del desdoblamiento del agua. Finalmente, la clorofila es el catalizador indispensable en la fotosíntesis.

Es bueno recordar que el mecanismo de las reacciones mencionadas no ha sido totalmente aclarado, de tal manera que el proceso de la fotosíntesis es hoy objeto de investigación de muchos científicos.

Las secuencias anteriores se ilustran en el esquema superior de la página siguiente. En la parte inferior se encuentra la ecuación química, que resume el fenómeno de la fotosíntesis. Como la glucosa es el producto final, al hacer un balance de los átomos de carbono, hidrógeno y oxígeno necesarios para formar una molécula de ella, se observa que deben entrar en reacción seis moléculas de agua y seis de gas carbónico, a la vez que se liberan 6 moléculas de oxígeno.



● OXIGENO  
● HIDROGENO  
● CARBONO

Fotosíntesis: punto de enlace entre los mundos orgánico e inorgánico.

En resumen, en la producción de alimentos por medio de la fotosíntesis, la energía solar se transforma en energía química, la cual se almacena en los enlaces químicos de dichos alimentos.

Como es la obtención de esta energía la razón por la cual tomamos los alimentos, dentro del organismo ocurren reacciones que permiten liberar la energía portada por ellos, mediante un proceso conocido como **respiración**.

Tanto en las plantas como en los animales, esta liberación de energía (respiración) ocurre a nivel celular. En síntesis, consiste en la reacción entre los alimentos (glucosa) y el oxígeno, la cual recibe el nombre de "oxidación de los alimentos" o "respiración celular".

Esto con el fin de diferenciarlo, de la respiración ordinaria que es un proceso de intercambio de gases en los pulmones, aunque las dos están íntimamente ligadas ya que por medio de la segunda, se obtiene el oxígeno para la reacción y se libera el gas carbónico que se produce en ella.

En general, la respiración es un proceso inverso a la fotosíntesis: se "quema" la glucosa en presencia del oxígeno, dando gas carbónico, agua y liberando hasta un 60% de la energía almacenada en su estructura molecular.

Como ocurre con la fotosíntesis, la respiración no es tan sencilla como parece al observar la ecuación inferior, ya que la oxidación de la glucosa hasta gas carbónico y agua se realiza por etapas y en cada una de ellas intervie-

nen enzimas específicas y se producen sustancias intermedias.

En la primera etapa la molécula de glucosa que posee en su estructura 6 átomos de carbono, se divide en dos moléculas, cada una de ellas con 3 átomos de carbono, conocidas con el nombre de ácido pirúvico. En el "rompimiento" de la molécula de glucosa para producir el ácido pirúvico, intervienen diferentes enzimas que catalizan las reacciones. Como en este proceso no interviene el oxígeno, se le denomina **respiración anaeróbica**, palabra que significa "vida sin aire". Aún sin la presencia del oxígeno, en esta etapa se alcanza a liberar hasta un 7% de la energía química almacenada en los enlaces de la glucosa.

La segunda etapa se caracteriza porque ocurre en presencia de oxígeno, motivo por el cual recibe el nombre de **aeróbica** que significa vida en presencia del aire. En este paso las moléculas de ácido pirúvico reaccionan con el oxígeno, dando origen a gas carbónico y agua, con liberación de grandes cantidades de energía. El proceso de la respiración se resume en la ecuación química que aparece en la parte inferior de la hoja.

La utilización de la energía liberada en la respiración es también un complicado proceso de carácter químico.

En la mayoría de los casos esta energía no se utiliza inmediatamente, sino que se almacena en un tipo especial de sustancias, que posee el organismo.

Dichas sustancias son compuestos orgánicos que contienen fósforo y se conocen por las siglas **ATP** (Adenosín trifosfato) y **ADP** (Adenosín difosfato) cuyos nombres indican la estructura de dichos compuestos:

Adenosín es la parte orgánica: el **ATP** lleva unido a lo anterior 3 fosfatos y el **ADP**, dos. Los enlaces que mantienen unidos los grupos fosfatos son de alto contenido energético, de tal manera que la ruptura de uno de ellos produce gran cantidad de energía.

Cuando se libera energía en un proceso como la respiración, esta energía transforma el **ADP** en **ATP**, y se almacena en el enlace del fosfato adicional, hasta cuando el organismo la necesite en cualquier proceso biológico. En ese momento sucederá lo inverso de lo anterior; es decir, se transforma **ATP** en **ADP** y se libera la energía, como se puede observar en la figura.

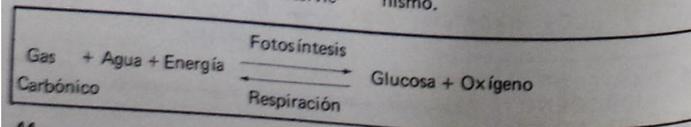
Jöel de Rosnay compara al **ATP** con un resorte comprimido capaz de ceder rápidamente la energía que contiene; el resorte extendido sería la representación del **ADP**, ya que éste

nos representa lo que queda del **ATP**, después de liberar energía.

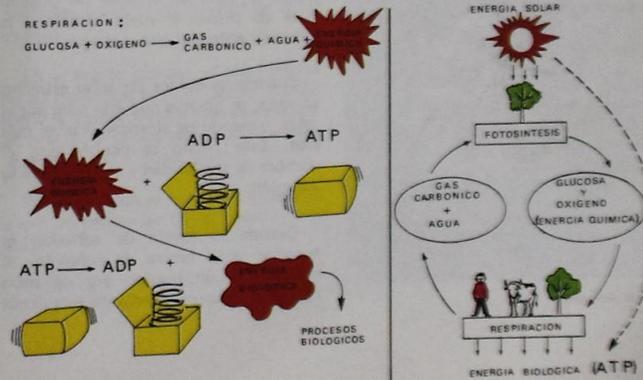
Un total de 38 moléculas de **ADP** se convierten en **ATP**, por la oxidación de cada molécula de glucosa (respiración). La energía química almacenada ahora en los **ATP** recibe el nombre de energía biológica, por la función que va a desempeñar.

Conocidos los procesos de fotosíntesis y respiración, vemos que existe una interdependencia entre los dos. A partir de ello comprendemos cómo animales y plantas no podrían vivir unos sin los otros, ya que la planta proporciona glucosa y oxígeno, elementos esenciales de la respiración, y los animales ceden gas carbónico, indispensable para que las plantas a partir de él fabriquen los diversos compuestos orgánicos.

Durante este ciclo, permanentemente se transforma energía solar en energía biológica, imprescindible tanto para unos como para otros. Esta interdependencia se ilustra en la figura.



Interacción entre fotosíntesis y respiración.



## B. SISTEMAS FISICOQUIMICOS OBSERVABLES EN LOS SERES VIVOS

Se puede afirmar, sin temor a equivocación que las propiedades de la materia tanto viviente como no viviente, están regidas por las mismas leyes físicas y químicas.

De lo anterior se deduce que para interpretar el comportamiento de los organismos, se deben conocer las bases físicas y químicas que rigen la materia a nivel molecular; a través de su estudio se aprecian, de una manera más amplia, los conceptos modernos de la biología.

### 1. Cohesión y adhesión

A nivel molecular, existen otras fuerzas que determinan el comportamiento de la materia: la **adhesión** y la **cohesión**. Veamos cuál es la diferencia que existe entre estas dos clases de fuerzas.



Insecto patinador.

46

Centremos nuestra atención en el comportamiento de las moléculas en un líquido, por ejemplo, el agua. Las moléculas que la componen se atraen entre sí por unas fuerzas, que tratan de mantenerlas juntas, y que se conocen como fuerzas de cohesión.

Es posible observar que dichas fuerzas actúan sobre las partículas de una misma clase, en nuestro caso, entre las moléculas de agua. La cohesión en la superficie del agua (o de cualquier líquido) produce en ella una tensión parecida a la de una membrana elástica, la cual se denomina **tensión superficial**. Esta tensión tiene una fuerza apreciable: algunos insectos pueden caminar por la superficie del agua, una aguja bien limpia puede flotar.

Las gotas de lluvia y las gotitas de grasa que se encuentran en las células deben su esfericidad a la tensión superficial.

También se puede observar que las moléculas de agua son atraídas por las paredes del recipiente en que se encuentran, por unas fuerzas de adhesión establecidas entre partículas diferentes: moléculas del recipiente y moléculas de agua. Algunos insectos, como las mariposas, al caer en el agua no pueden alzar de nuevo el vuelo, debido a la adhesión entre sus alas y el agua.

Cuando se coloca un tubo estrecho en agua, se observa que ésta sube por el tubo tratando de alcanzar el nivel más alto. Este hecho se conoce con el nombre de **capilaridad** y se atribuye a la adhesión.

Cuando la fuerza de adhesión es superior a la fuerza de cohesión, el ascenso de un líquido por un tubo capilar es mayor. Mediante este fenómeno se explica el ascenso de los líquidos en los tallos de las plantas.

### 2. Movimiento molecular

El concepto que se tiene acerca de la materia, ya sea sólida, líquida o gaseosa, es el de que está formada de partículas llamadas moléculas, las cuales se encuentran en un continuo movimiento. El primero que tuvo conocimiento de dicho fenómeno fue Robert Brown, quien observó a través del microscopio, cómo unas partículas de polvo suspendidas en el agua, se movían irregularmente, en zig-zag; interpretó el hecho como un resultado del continuo choque de las moléculas de agua sobre la superficie de las partículas de polvo. Se puede comparar este movimiento con el de un balón de fútbol cuando recibe los constantes golpes de los jugadores.

En nuestro caso, los jugadores serían las moléculas y el balón sería la partícula de polvo, suspendida en el agua. El movimiento observado en las partículas de polvo suspendidas en el agua, recibió el nombre de **movimiento Browniano** en honor a su descubridor.

Este conocimiento permite explicar el comportamiento de algunas sustancias tales, como la solubilidad de la sal en agua.

En el estado gaseoso, el movimiento de las moléculas es muy rápido, debido a que la distancia entre ellas es demasiado grande, si se le compara a la existente en el estado sólido o líquido.

Por esta razón la fuerza de atracción entre las moléculas de los gases es casi nula.

Estas características determinan el por qué los gases no presentan volumen

y forma definida. Cuando un gas se enfría y comprime, sus moléculas se acercan lo suficiente, aumenta la fuerza de atracción entre ellas a la vez que disminuye su movimiento, siendo éste muy limitado debido a la proximidad de las mismas, lo cual da como resultado, la fase líquida. A mayor enfriamiento, las moléculas del líquido se acomodan de tal manera que unas con otras se unen, siendo los espacios intermoleculares mínimos y las fuerzas de atracción máximas, dando lugar al estado sólido.

A diferencia de los líquidos y los gases, los sólidos carecen casi por completo de movimiento, reduciéndose éste a una vibración u oscilación en un espacio muy reducido. ¿Qué caracterís-



Modelos representativos del movimiento molecular en los tres estados de la materia.

47

ticas se pueden deducir a partir de este comportamiento en las moléculas de los sólidos?

### 3. Difusión: ósmosis e imbibición

Tanto los animales como los vegetales, están formados por algunos de los elementos que se encuentran en la superficie de la Tierra, los cuales se incorporan a las células ya sea como compuestos inorgánicos simples, o bien, en forma de átomos cargados eléctricamente o iones (recordar el enlace iónico).

Estas sustancias penetran en los organismos, y posteriormente salen, como es el caso del desprendimiento del oxígeno, a través de las hojas de las plantas. El movimiento de las sustancias dentro de los seres vivos o hacia afuera de ellos, se debe en buena parte a un proceso conocido con el nombre de **difusión**. El traslado de sustancias dentro de un organismo es llevado a cabo por mecanismos complicados, en los cuales, la difusión cumple una importante misión.

#### a. ¿En qué consiste la difusión?

Para interpretar el fenómeno de difusión es necesario recordar que las moléculas, en especial las del estado gaseoso, presentan gran libertad de movimiento, lo que les permite introducirse fácil y rápidamente en cualquier espacio o volumen dado. Esta dispersión de las moléculas o partículas (que también sucede en líquidos y difícilmente en sólidos) se denomina difusión y ocurre gracias a la energía cinética de las moléculas.

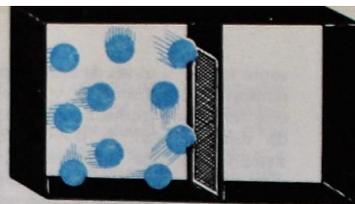
El fenómeno de difusión lo podemos comprender mejor si utilizamos un modelo imaginario. Sabemos que en el Cosmos, la acción de la gravedad es casi

nula, tal como se puede observar en las transmisiones de viajes espaciales, razón por la cual, los astronautas flotan dentro de la cápsula. Imaginemos dos cuartos, separados por una pared; uno de ellos contiene cientos de pelotas de caucho, libres de la fuerza de gravedad.

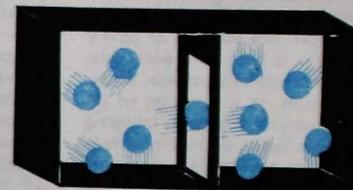
Cada pelota representa una molécula de gas que se desplaza a velocidad en el aire, en cualquier dirección y en línea recta. Durante su recorrido, una de ellas puede chocar con otra y cambiar de dirección, e igual ocurriría si chocase contra cualquiera de las paredes. Si mediante un mecanismo quitamos la pared que separa las habitaciones, lo más probable es que al cabo de un tiempo, las pelotas se distribuyan en igual cantidad en ambos cuartos. Analicemos el fenómeno ocurrido: antes de quitar la pared, la habitación de origen tiene una gran cantidad o concentración de pelotas, mientras que en el cuarto vacío, la cantidad o concentración es cero. Al quitar la pared, la concentración de pelotas en el cuarto que estaba vacío aumenta gradualmente, hasta alcanzar un mismo nivel en ambos cuartos. Se puede decir que ha sucedido una difusión de pelotas, de una región de alta concentración (cuarto de origen) a una región de menor concentración (cuarto siguiente), la cual termina cuando la concentración es igual en ambos.

Ahora imaginemos que en un cuarto hay pelotas de caucho y en otro bolas de ping-pong, las cuales nos representan moléculas de diferentes gases.

Al quitar la pared se efectuará una difusión de ambos grupos de pelotas pero en direcciones opuestas, por tanto la concentración inicial propia de cada cuarto disminuirá, hasta el momento de ser igual en ambos. Este movimiento de



La difusión.



moléculas en los gases es aplicable a líquidos y sólidos, aunque como se dijo, es más limitado. Nuestro modelo se puede observar en la gráfica. De lo anterior, se deduce que la difusión es un fenómeno espontáneo que ocurre de una zona de mayor concentración a otra de menor concentración. Si en un recinto cerrado se abre un frasco de perfume o cualquier otra sustancia volátil, en muy poco tiempo, se percibe el olor en cualquier lugar del recinto. ¿Cómo podrías explicar este comportamiento?

La rapidez o velocidad de difusión para sustancias en un mismo estado no es la misma: ¿Qué factores influyen en la velocidad de difusión?

- La densidad de las sustancias influye en la difusión de las mismas; así, un gas denso se difunde con más dificultad que uno menos denso.

- La temperatura aumenta la energía cinética de las moléculas, por tanto, la difusión es mayor al elevar la temperatura.

- A mayor cantidad de moléculas en un medio, mayor será el número de

choques que ocurran en el proceso de difusión, razón por la cual ésta se realizará con lentitud. En otras palabras, cuanto más concentrado esté el medio en el cual se deben desplazar las moléculas en difusión, más lenta será la velocidad de la misma.

Se gasta menos tiempo en cruzar una plaza, cuando está desocupada que cuando en ella se realiza una manifestación ¿Por qué?

- El tamaño de las moléculas es otro factor que influye en la difusión, luego, es lógico pensar que moléculas muy grandes difunden más lentamente. ¿Por qué?

- La solubilidad de una sustancia determina también la velocidad de difusión, ya que si una sustancia es poco soluble, dicho proceso se dificulta.

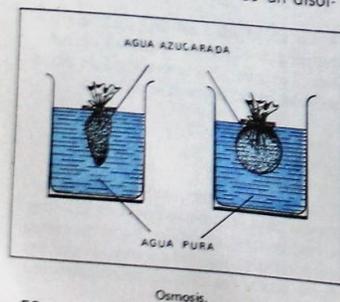
#### b. Ósmosis:

El agua es un compuesto de vital importancia para la supervivencia de los seres vivos, por tal razón, se hace necesario comprender las relaciones existentes entre ella y las células, principalmente

la de su difusión hacia dentro y fuera de las células.

- ¿Cómo podríamos hacer un estudio acerca de este movimiento del agua?

Para ello podemos realizar una experiencia, consistente en llenar una bolsa de celofán, con una solución de agua y azúcar común; la boca de la bolsa debe quedar herméticamente cerrada. En estas condiciones, se le sumerge en un recipiente que contenga agua, tal como se indica en la figura. El celofán cumple el papel de una membrana y la característica que presenta es la de no permitir el paso de las moléculas de azúcar en solución, lo cual significa que es impermeable al azúcar. Por el contrario, deja pasar con facilidad las moléculas de agua, o sea, es permeable a ella. Las membranas que presentan este comportamiento reciben el nombre de **semipermeables**. De acuerdo a lo anterior, en nuestro experimento, podemos observar, que en un comienzo la "membrana" de celofán se encuentra distendida, pero poco después, se tensa hasta quedar rígida. Esto es consecuencia de la difusión del agua a través de la membrana, desde el recipiente hacia el interior de la bolsa. Este fenómeno es el que se conoce con el nombre de **ósmosis**. Para nuestro estudio, al hablar de ósmosis, se debe entender la difusión de un disol-



vente (agua), a través de una membrana semipermeable (celofán) y considerar este fenómeno como un caso especial de difusión. Así, la ósmosis ocurre siempre que dos soluciones con un disolvente común, se hallen separadas por una membrana que sea más permeable al disolvente que a los solutos.

Lo anterior es para aclarar, que en los organismos vivos, el agua es el único disolvente que se desplaza por ósmosis a través de las membranas celulares, por tanto este fenómeno está restringido al agua y a las soluciones acuosas.

Si un soluto es capaz de atravesar una membrana se usará el término **difusión**, pero el paso de un disolvente a través de ella será tratado como **ósmosis**.

- ¿Qué se entiende por permeabilidad de una membrana?

La característica fundamental que distingue la ósmosis de cualquier otro fenómeno de difusión, es la intervención de una membrana semipermeable, conocida también como **membrana selectiva**. Permeabilidad y membrana son conceptos inseparables, ya que la permeabilidad es una característica de la membrana, y no de la sustancia que se difunde.

Como membranas pueden actuar capas finas de goma, papel pergamino, celofán y gelatina. Ciertas membranas son totalmente impermeables, es decir, no dejan pasar las sustancias. Otras, permiten que la mayoría de las sustancias se difundan a través de ellas y se les llama permeables.

La mayoría de las membranas biológicas son del tipo semipermeable, es decir, permiten la difusión de algunas

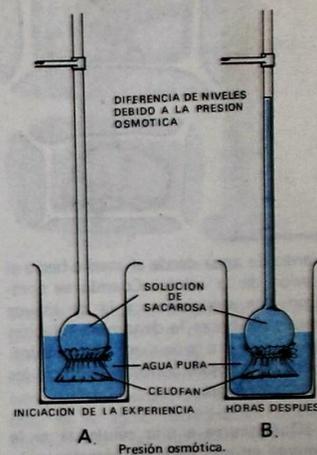
sustancias. El comportamiento especial de las membranas se debe a la dimensión de los poros que presentan. ¿Qué diferencia existe entre los poros de una membrana semipermeable y una permeable, respecto a la difusión del azúcar?

- ¿Qué es la presión osmótica?

El ejemplo de ósmosis, tratado anteriormente se puede llevar a cabo tal como se ilustra en la figura. La parte A, muestra el conjunto en el momento de sumergirlo al recipiente, y la parte B, varias horas después. El fenómeno de ósmosis se comprueba, por el cambio del nivel de la solución en el tubo del embudo. Si deseamos contrarrestar el ascenso de la solución en dicho tubo, es preciso ejercer en él, de arriba hacia abajo una presión. A esta presión se le conoce como **presión osmótica**. El instrumento que permite medir el valor de la presión osmótica se denomina **osmómetro**.

El término "presión osmótica" se emplea para determinar una característica de las soluciones. Así, al decir, que la presión osmótica de una solución es de 15 atmósferas, no significa que la solución está realizando una presión real de 15 atmósferas, sino que da a entender que la solución tiene propiedades potenciales, que sólo se manifiestan bajo ciertas condiciones. Una afirmación similar a la anterior, equivale a decir que un gato hidráulico tiene una capacidad de dos toneladas y media. La afirmación nos dice de una capacidad en potencia y no en ejercicio, capacidad que sólo se manifestará en una situación real.

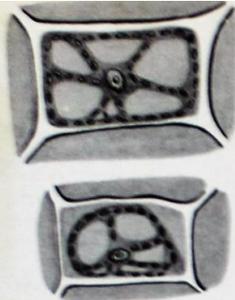
Existen factores que influyen en la presión osmótica de las soluciones. Entre ellas se pueden destacar:



- **La concentración:** entre más concentrada se encuentra una solución mayor será su presión osmótica; de tal manera que el agua pura, sin ningún soluto, presentará una presión osmótica igual a cero. Sin embargo, a medida que agregamos azúcar, el valor de la presión osmótica aumenta.

- **La temperatura:** cuando aumenta la temperatura, la presión osmótica de una solución también aumenta, siendo estos dos valores directamente proporcionales.

En forma general, la ósmosis en los organismos vivos ocurre con un movimiento de agua de una solución de menor concentración, a una más concentrada. Esto significa que para la penetración de agua a una célula, es necesario que la concentración del contenido celular sea mayor que la del medio; sólo así, se producirá un movimiento.



Plasmólisis vegetal.

miento de agua desde el medio hacia el interior de la célula. Cuando se comparan dos soluciones, a la de mayor concentración se le denomina solución **hipertónica** y a la de menor **hipotónica**. Si presentan igual concentración, se les llama **isotónicas**.

• ¿Qué ocurre a una célula, si se le sumerge en una solución hipertónica? . El primer hecho observable, sería una contracción de la célula, como resultado de la ósmosis o movimiento del agua del interior de la célula a la del medio. Posteriormente se puede apreciar, cómo el contenido celular se va desprendiendo progresivamente de la pared celular. Este fenómeno es llamado **plasmólisis** y es característico en bacterias y en células vegetales.

A su vez, las células que han sufrido plasmólisis pueden recuperar su estado inicial si se sumergen en soluciones hipotónicas, llegando al grado de **turgencia**, como consecuencia del movimiento osmótico de agua hacia el interior de las mismas.

Al colocar glóbulos rojos (células componentes de la sangre) en agua, estos comienzan a hincharse, cambiando su forma característica de lentes bicóncavas a esferas turgentes que muy pronto revientan. Esto no ocurre en las células vegetales, pues presentan una pared celular muy fuerte, capaz de

resistir la presión causada por la excesiva entrada de agua. Dicha presión recibe el nombre de **turgencia**, la cual explica en gran parte la rigidez y resistencia de los vegetales: una disminución excesiva de la turgencia, por causa de la pérdida de agua, produce marchitez, y mientras las células no mueran, se pueden recuperar al colocarlas en agua, ¿Por qué? .

#### c. Imbibición

La toma de agua por parte de los organismos depende de muchos fenómenos, y uno de ellos es la **imbibición**. Para tener una idea acerca de este fenómeno, observemos lo que ocurre en un papel absorbente, cuando uno de sus extremos toca la superficie del agua contenida en un recipiente: lentamente el papel se impregna o embebe de agua, hasta completar su capacidad. A este proceso se le llama imbibición. Muchas sustancias son capaces de absorber agua, como el almidón, la goma, las albúminas, la gelatina, y otras.

La imbibición es básicamente un fenómeno de difusión y la cantidad de agua que puede incorporar es a menudo muy grande, en proporción con el peso de la sustancia "imbibiente". Las sustancias que sufren imbibición aumentan notablemente su volumen.

Si se encierra en forma adecuada un imbibiente, éste puede ejercer presiones que por lo general son grandes. Un hecho que ilustra esta propiedad, es la ruptura de ciertas piedras, a las cuales se les han hecho agujeros, colocando en ellos tacos de madera fuertemente ajustados, que luego se mojan en abundancia. La presión que desarrolla el agua al ser embebida es lo suficientemente poderosa para partir la piedra. Esta presión, llamada "presión de imbibición", sólo se manifiesta, cuando la hinchazón

del imbibiente se ve obstaculizada por paredes no elásticas.

#### 4. Soluciones y sistemas coloidales

Los procesos biológicos que ocurren en los seres vivos, pueden interpretarse, a partir de las propiedades físicas y químicas de las **soluciones y sistemas coloidales**. En ellos, las células vegetales y animales presentan como principal componente, el agua. Esta, en los organismos no se encuentra pura, sino que contiene sustancias disueltas, cuyas partículas presentan diversos tamaños, factor del que depende el carácter de solución o coloide.

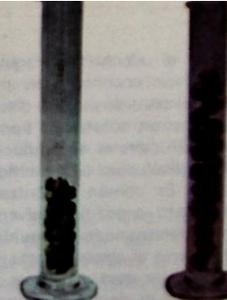
Lo anterior, no solamente ocurre en las células activas de los seres vivos, sino también en el medio en el cual se encuentran, tal como se puede observar en las aguas de los ríos, lagos, aguas subterráneas y aún en el agua de lluvia, la cual contiene en disolución gases y otras sustancias de la atmósfera.

##### a. ¿Qué es una solución?

Las soluciones se pueden definir, como la interposición de partículas de una sustancia entre las de otra, dando como resultado un conjunto homogéneo; así, cuando se disuelve azúcar en agua, no se observan dichas partículas, ni aún al microscopio más potente; este comportamiento se explica por la interposición de las moléculas de azúcar entre las moléculas de agua.

Si se capta el sabor de la solución, tomando muestras con un gotero, se puede apreciar que la intensidad de "dulce" es la misma.

Las soluciones más simples presentan por lo menos dos componentes: uno que se disuelve, en nuestro caso el azúcar que se denomina **soluto**, y el



Semillas en imbibición.

otro es el líquido empleado para efectuar la disolución, el cual constituye el **solvente** o **disolvente**. Dado que el disolvente más común en la naturaleza, tanto en seres orgánicos como inorgánicos, es el agua, centraremos nuestra atención en las llamadas soluciones acuosas.

Existe una gran cantidad de gases que se disuelven con facilidad en el agua. Entre ellos se destacan el gas carbónico, el oxígeno y el nitrógeno.

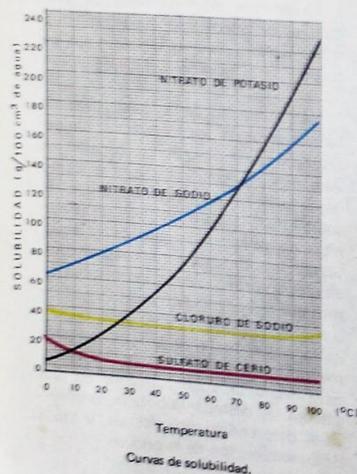
La solubilidad de los gases, depende básicamente de dos factores: la temperatura y la presión. Por lo general, un aumento de temperatura, trae como consecuencia una disminución en la solubilidad, razón por la cual, el contenido de oxígeno disuelto en el agua, varía con la temperatura del medio, afectando profundamente a los organismos que allí se encuentran.

Por otra parte, a mayor presión, mayor es la solubilidad de los gases. Este hecho se puede observar en una gaseosa. Al destapar la botella, se observa el desprendimiento del gas, a causa de la disminución de la presión.

Se pueden obtener soluciones mediante la mezcla de dos líquidos, como

ocurre con el alcohol en agua. El líquido que se encuentra en mayor proporción se considera como disolvente y el de menor, soluto. El tipo más común de solución es el producido a partir de la disolución de un sólido en un líquido. Es común encontrar un límite de soluto, capaz de disolverse en un volumen determinado de líquido, tal como se observa al agregar cierta cantidad de sal en un vaso con agua. Si la cantidad de sal es demasiada, por más que agitemos, no se disolverá toda; para lograrlo hay necesidad de agregar más agua. Cuando se logra este límite de concentración, en el cual no se disuelve más soluto, se dice que la solución se halla saturada.

Bajo condiciones especiales, es posible disolver más soluto del que normalmente puede contener un volumen fijo



de disolvente, lo cual da como resultado una solución más concentrada que la saturada. A este tipo de soluciones se les llama **sobresaturadas**. Tales soluciones son muy inestables; basta agregar un poco más de soluto para que se precipite el exceso de soluto disuelto, hasta dar finalmente una solución saturada. Por lo general, un aumento de temperatura trae consigo un aumento en la solubilidad del sólido.

En la gráfica se puede observar la solubilidad de algunas sustancias en función de la temperatura.

#### b. Soluciones conductoras de la electricidad

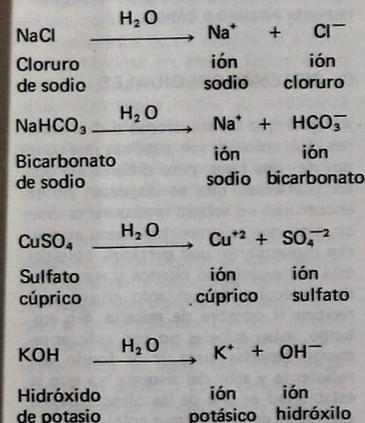
Algunas soluciones son buenas conductoras de la corriente eléctrica, otras no. Buenos ejemplos son las soluciones acuosas de sal y azúcar. La solución de sal es buena conductora, en tanto que la de azúcar no lo es. Como se puede observar, son los solutos en disolución, los responsables de este comportamiento. A las sustancias que como la sal, hacen que la solución sea conductora de la electricidad, se les llama **electrolitos**; a las demás, **no electrolitos**.

La explicación al fenómeno está en que, cuando un electrolito se disuelve en agua, "algunas" de las moléculas se disocian, dejando libres átomos o grupos de átomos: unos, con carga positiva y otros con carga negativa. Cada una de estas partículas cargadas eléctricamente, se denomina **ión**.

La conducción de la corriente eléctrica, por parte de un electrolito, se debe a la presencia de estos iones. Los electrolitos se diferencian entre sí, por su mayor o menor grado de ionización (facilidad para disociarse). De tal forma, que cuando un gran número de

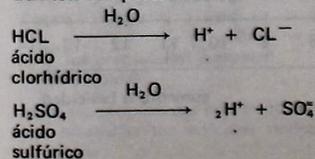
moléculas de un electrolito se disocian, la disolución es buena conductora de la electricidad y el electrolito se clasifica dentro del grupo de los **electrolitos fuertes**; en caso contrario, la solución es menos conductora de la corriente eléctrica y el electrolito se considera **débil**.

Las siguientes ecuaciones químicas nos dan una idea de cómo es el mecanismo de disociación de los electrolitos en solución.



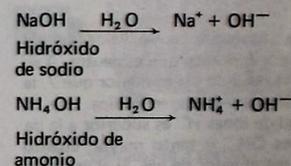
#### c. Ácidos y bases: resultado de la disociación

Se puede definir un ácido como el electrolito que al disolverse en agua deja iones,  $\text{H}^+$ . Estas sustancias se pueden reconocer, porque cambian el color del papel tornasol azul al rojo. Las siguientes ecuaciones químicas ilustran este comportamiento.



Si el electrolito que se disocia, produce una gran concentración de iones  $\text{H}^+$ , se le clasifica como un **ácido fuerte**, en caso contrario es un **ácido débil**. El ácido acético ( $\text{CH}_3\text{-COOH}$ , en el vinagre) es un ejemplo de ácido débil.

Una base se puede definir como aquel electrolito que en disolución acuosa produce iones  $\text{OH}^-$ . Como en los ácidos, la "potencia" de una base depende de su grado de ionización; así, las bases fuertes producen gran concentración de iones  $\text{OH}^-$ , las bases débiles, una concentración baja. Algunos ejemplos de bases se dan en las siguientes ecuaciones químicas:



Tanto los ácidos como las bases, en concentraciones elevadas son muy irritantes y "quemán" la piel.

#### • ¿Qué se entiende por pH?

Para comprender mejor este concepto hay necesidad de analizar una propiedad del agua: la **ionización**. Medidas muy delicadas han demostrado que el agua pura, conduce débilmente la corriente eléctrica. Esto supone la existencia de muy pocos iones  $\text{H}^+$  y  $\text{OH}^-$ . Un valor aproximado es el siguiente: de cada 554.000.000 de moléculas de  $\text{H}_2\text{O}$ , sólo una se disocia. La ecuación química que nos ilustraría la disociación del agua sería:



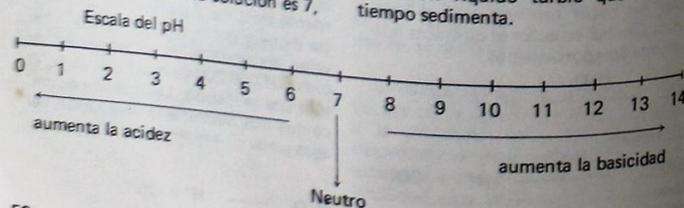
Ahora bien: los iones  $H^+$  determinan acidez, en tanto que los iones  $OH^-$ , basicidad (o alcalinidad). Como la cantidad de  $H^+$  y  $OH^-$  que se producen por la disociación de la molécula de agua pura es igual, ésta ni es ácida ni es básica, es neutra.

Lo mismo ocurre con cualquier solución: si el número de  $H^+$  es igual al número de  $OH^-$ , la solución es neutra, pero si la cantidad de iones  $H^+$  es mayor a la  $OH^-$ , la solución es ácida y viceversa. El pH, es una expresión usada para indicar la cantidad o concentración de iones  $H^+$ , presentes en una solución. La escala convencional que determina los valores del pH oscila entre 0 y 14.

Toda disolución cuyo valor de pH sea igual a 7, se dice que es neutra. A su vez, si el valor de pH es menor que 7, la disolución es ácida, e indica que la cantidad de iones  $H^+$  es superior a la de los iones  $OH^-$  y tanto mayor, cuanto menor sea el valor de pH. Si el valor de pH es mayor a 7, ocurre todo lo contrario.

Como a la cantidad de iones  $H^+$  se le expresa por el pH, a la cantidad de iones  $OH^-$  se le determina por el pOH. Cabe anotar que el valor de acidez o basicidad se expresa comúnmente por el pH.

La suma del pH y pOH de una solución siempre es igual a 14. Un ejemplo: si el pH de una solución es 7,



el pOH también es igual a 7 (el medio es neutro). Si el pH es igual a 4 (medio ácido) el pOH será igual a 10. ¿Cuál será el valor de pOH de una solución, si el pH es igual a 8?

La mayor parte de los líquidos que hacen parte de los organismos presenta un valor de pH próximo a 7. Por ejemplo, el pH de la sangre humana es aproximadamente de 7,3 es decir, ligeramente alcalino o básico.

### C. SISTEMAS COLOIDALES

Al igual que las soluciones o disoluciones, los coloides son sistemas que constan de dos fases, pero difieren en que las partículas que se dispersan no se encuentran en estado molecular o iónico, sino que se presentan como agregados moleculares; una partícula coloidal está compuesta de cientos y aún miles de moléculas en un solo grupo, que reciben el nombre de micelas. Sin embargo, estas micelas no son suficientemente pesadas para ir al fondo del recipiente y salir del sistema, ya que la estabilidad es una de las características esenciales de los sistemas coloidales.

En general, el tamaño de las partículas varía entre 0,001 a 0,1 micra; si el tamaño es superior, se trata de una simple suspensión, como es el caso de la mezcla de polvo de arcilla en agua: forma un líquido turbio que con el tiempo sedimenta.

Si el tamaño de las partículas es menor se considera una solución. Es importante aclarar que las moléculas de ciertos colorantes y algunas proteínas, son bastante grandes, y por tal razón se incluyen en los sistemas coloidales.

Los sistemas coloidales se componen de dos fases: la continua, conocida comúnmente como medio de dispersión y la discontinua o fase dispersa.

Algunos sistemas coloidales se presentan como fluidos, es decir, pueden ser trasladados de un recipiente a otro, comportándose en cierta forma como soluciones, pero una observación al ultramicroscopio revela su naturaleza coloidal. Dicho sistema se denomina sol. Con el tiempo, algunos soles se "asientan" o se "endurecen", formando sólidos más o menos elásticos, que toman el nombre de geles.

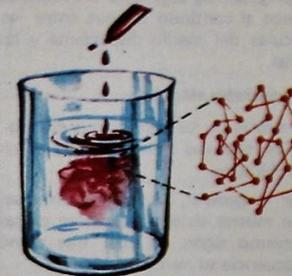
El cambio de sol a gel se denomina gelación. Puede ocurrir el caso contrario, mediante la aplicación del calor como sucede con algunas gelatinas; el proceso se llama solación. Los soles se pueden clasificar según la afinidad que presentan con el agua, en: hidrofílicos (afecto al agua), cuya característica es la de poder asociar una o más moléculas de agua a su alrededor, fenómeno conocido como hidratación; y los hidrofóbicos (desafecto al agua), los cuales no presentan la característica anterior.

Como ejemplo de soles hidrofóbicos se pueden mencionar, los sistemas coloidales compuestos de sustancias metálicas. En cambio, soles de gelatina, agar, almidón y la goma arábiga, son ejemplos de sistemas hidrofílicos.

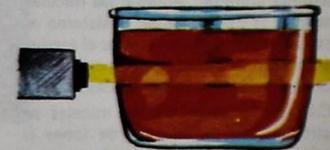
#### 1. ¿Qué propiedades presentan los coloides?

Entre las propiedades más importantes que presentan los coloides podemos mencionar:

#### Movimiento Browniano



#### Efecto Tyndall



#### Fenómeno Tyndall

Si llenamos un recipiente con un sol y lo colocamos de tal manera que lo atraviese un haz fuerte de luz, se podría ver claramente delineado el surco de luz a través del sol, tal como se puede observar en algunas habitaciones, al entrar por una rendija un haz de luz solar.

Este efecto es más notorio en los soles hidrofóbicos que en los hidrofílicos.

El ultramicroscopio es un instrumento que funciona sobre la base del fenómeno de Tyndall. La iluminación se realiza en ángulo recto con respecto al observador. De esta manera, no se observa el coloide sino la luz difractada por la superficie de las micelas.

#### Movimiento browniano

Las micelas observadas al microscopio aparecen dotadas de un movimiento

rápido y en zig-zag. Este movimiento obedece al continuo choque entre las moléculas del medio dispersante y las micelas.

#### Propiedades eléctricas

La mayoría de las micelas que componen los sistemas coloidales presentan carga eléctrica.

Por lo general, las micelas dispersas en un mismo sistema presentan cargas del mismo signo, lo cual trae como consecuencia su mutua repulsión.

Este factor impide la agregación de dichas partículas, lo cual da estabilidad al sistema coloidal. Aunque las micelas presentan la misma carga, el sistema es electrónicamente neutro, pues el medio dispersante se encuentra con carga opuesta a la de dichas partículas.

Cuando la carga de las micelas se neutraliza con la adición de iones o micelas de signo contrario, desaparece la repulsión entre ellas, y el continuo choque provocado por el movimiento Browniano produce una aglomeración;

así, las partículas se tornan más grandes y rápidamente sedimentan. Este fenómeno se llama **floculación**, **precipitación** o **coagulación** y ocurre con mayor frecuencia en los soles hidrofóbicos. Los hidrofílicos, se ven favorecidos por el agua de hidratación. Para provocar en ellos la floculación o coagulación, hay que neutralizar las cargas y a la vez deben deshidratarse (retirar el agua de hidratación).

#### 2. Propiedades de los geles

La mayoría de los soles hidrofílicos, no muy diluidos, si se les deja en reposo se endurecen formando un gel. Este fenómeno se puede observar en las gelatinas de mesa o postres. Los geles de almidón se nos presentan en forma de postres con el nombre de budín. Es conveniente aclarar que no todos los soles hidrofílicos forman geles.

Ciertos geles son térmicamente reversibles: si se calientan, se convierten en soles y cuando se les enfría, recobran su condición de gel.

#### Conceptos Fundamentales

**Átomo.** Unidad de la materia.

**Elemento.** Una clase de átomos, por ejemplo, el elemento oxígeno.

**Ion.** Átomo o grupo de átomos portadores de carga eléctrica, bien sea positiva (catión) o negativa (anión).

**Catalizador.** Sustancia que acelera o retarda una reacción química sin entrar en ella como reactivo.

**Enzima.** Proteínas que actúan como catalizadores en los seres vivos.

**A. T. P.** (Adenosín trifosfato). Compuesto químico que cumple papel de primer orden en la transferencia de energía en los seres vivos. Resulta de la unión de las siguientes moléculas: adenina, ribosa y tres grupos fosfato.

**A. D. P.** (Adenosín difosfato). Compuesto químico resultante de la descomposición del A. T. P., más concretamente, de la pérdida de un grupo fosfato por este último.

**Osmosis.** Término aplicado a la difusión del agua, o de cualquier otro solvente, a través de una membrana semipermeable.

**Solución.** Conjunto de solvente y soluto.

**Soluto.** Sustancia disuelta.

**Solvente.** Líquido en el cual las moléculas del soluto están disueltas en una solución verdadera.

**Coloide.** Material gelatinoso compuesto de dos fases, en el cual las partículas (micelas) de una de ellas, cuyo tamaño fluctúa entre 1 y 100 milimicras, están dispersas en el seno de la segunda fase.

**pH.** Escala matemática que permite expresar la concentración de iones hidrógeno, la cual determina la acidez o alcalinidad de un líquido.

58

## UNIDAD 3



Músculos y energía

## CONSTITUYENTES QUÍMICOS DE LA MATERIA VIVA BIOELEMENTOS Y BIOCOMPUESTOS

### A. LA COMPOSICIÓN DE LOS SERES VIVOS

#### 1. Generalidades

La sustancia viva que constituye las células de los animales y vegetales recibe el nombre de **PROTOPLASMA**. Su conformación un tanto complicada, resulta de una mezcla de diferentes compuestos, entre los que sobresalen el agua, algunas sales minerales y lógicamente los de tipo orgánico, característicos de la materia viva.

Este conjunto de compuestos no se disponen al azar, sino que guardan una organización. En esta forma, originan una serie de estructuras, en las cuales radica el misterio de los fenómenos vitales.

Los análisis de la materia viva indican que ella está integrada por numerosas clases de átomos según sea el organismo al cual pertenezca o al medio donde dicho organismo esté expuesto.

El hidrógeno, el carbono, el nitrógeno y el oxígeno son los elementos más comunes y abundantes en los tejidos vivos. Las moléculas orgánicas son el producto de las combinaciones químicas de estos cuatro elementos. Sin embargo, elementos como el azufre, el fósforo, el hierro, el calcio, el potasio, el sodio, el cloro, el magnesio y otros, a pesar de estar en menor proporción, también resultan esenciales para la materia viva. En general, a estos dos grupos de átomos se les designa con el nombre de **BIOELEMENTOS**.

## 2. Composición porcentual

Del total de los 92 elementos naturales, aproximadamente unos 20 de ellos, resultan indispensables para la materia viva. La cantidad de estos bioelementos varía de un organismo a otro; por ejemplo, no están en la misma proporción dentro de una planta acuática y un ave; aún presentan diferencias de un tejido a otro en un mismo ser vivo. No existe la misma concentración de calcio en los huesos y en los músculos, o idéntica concentración de hierro en la sangre y en la piel.

En ocasiones existen hasta 63 o más elementos en un individuo, pero esto no significa que todos resulten necesarios; para considerarlos esenciales en la estructuración y funcionamiento normal del protoplasma, deben ser **irreemplazables**, condición que experimentalmente es difícil de comprobar.

En el siguiente cuadro aparece el porcentaje promedio de la composición química de los tejidos humanos y de los tejidos vegetales en el maíz.

**BIOELEMENTOS Y SU PORCENTAJE APROXIMADO EN ALGUNOS SERES VIVOS**

| Elemento  | Símbolo | Porcentaje en peso en el hombre | Porcentaje en peso en el maíz |
|-----------|---------|---------------------------------|-------------------------------|
| Oxígeno   | O       | 65,0                            | 75,0                          |
| Carbono   | C       | 18,0                            | 13,0                          |
| Hidrógeno | H       | 10,0                            | 10,0                          |
| Nitrógeno | N       | 3,3                             | 0,45                          |
| Calcio    | Ca      | 1,5                             | 0,07                          |
| Fósforo   | P       | 1,0                             | 0,06                          |
| Potasio   | K       | 0,4                             | 0,28                          |
| Azufre    | S       | 0,2                             | 0,05                          |
| Sodio     | Na      | 0,2                             | Indicios                      |
| Magnesio  | Mg      | 0,05                            | 0,06                          |
| Hierro    | Fe      | 0,005                           | 0,03                          |
| Silicio   | Si      | Indicios                        | 0,35                          |
| Cloro     | Cl      | 0,15                            | 0,04                          |
| Manganeso | Mn      | 0,0002                          | Indicios                      |
| Yodo      | I       | 0,0001                          | Indicios                      |

Los datos de la tabla muestran cómo los átomos de hidrógeno, carbono, oxígeno y nitrógeno cubren más del 95% de la composición de la materia viva, promedio que en algunos organismos llega hasta el 99%.

Casi todos los elementos del protoplasma se presentan en forma de **compuestos** que van desde moléculas pequeñas, como la del agua, hasta partículas coloidales "gigantes", como las proteínas.

En general, el compuesto más abundante en un individuo es el agua, hecho que justifica el elevado porcentaje de hidrógeno y oxígeno.

En el seno de este maravilloso líquido se disuelven las sustancias básicas de la vida y se realizan las reacciones químicas que la caracterizan. En el agua de la célula están los azúcares o carbohidratos, las grasas, las proteínas, y otros compuestos orgánicos fundamentales. A más de los compuestos orgánicos

nombrados, también aparecen importantes compuestos inorgánicos, principalmente sales. El cloruro de sodio o sal de cocina, el carbonato de calcio y el fosfato cálcico son los más notorios.

En resumen, es una gran serie de compuestos la que conforma el estado coloidal que distingue a la materia viva o protoplasma. A pesar de la diversidad animal y vegetal, la mayoría de sus moléculas son iguales o muy semejantes.

## B. LOS BIOELEMENTOS

### 1. La vida y el carbono (C)

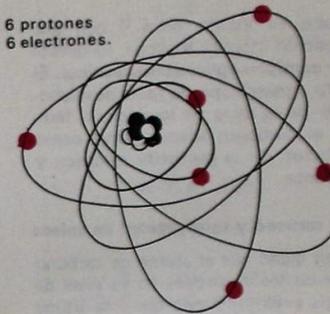
Hemos visto que los tejidos vivos son el producto de ciertas ordenaciones moleculares bien determinadas. Naturalmente, que, el orden dentro de cada molécula depende de los enlaces entre los diversos átomos constituyentes y de la estabilidad de dichos enlaces ante los cambios externos.

Un elemento sobresaliente por su extraordinaria capacidad de enlace es el carbono, uno de los pocos átomos que presenta la cualidad de unirse con otros de la misma clase para formar cadenas de diversas longitudes, las cuales integran la "columna vertebral" de los compuestos orgánicos.

El átomo de carbono tiene un número atómico 6, indicativo de que posee seis electrones alrededor de su núcleo. Como lo muestra la figura, estos electrones ocupan dos niveles energéticos: K = 2 electrones y L = 4 electrones. Por esta razón, el carbono pertenece al cuarto grupo de la tabla periódica y al segundo período. Su peso molecular relativo es 12.

A pesar de no ser abundante en la corteza terrestre, donde sólo alcanza un 0,03%, el carbono es un elemento indispensable en la composición de los seres vivos. Su presencia en los tejidos

6 protones  
6 electrones.



Átomo de carbono (C)



Tres formas del carbono.

animales y vegetales, varía entre un 12 y 18%, situándose como el elemento más abundante después del oxígeno. También constituye los derivados geológicos de la materia viva, tales como el petróleo y el carbón mineral.

En la atmósfera permanece en forma de gas carbónico, y en las rocas como carbonatos, principalmente en las calizas.

El diamante, valiosa piedra cuyo aspecto aparece en la ilustración, es



depósitos de petróleo y de gas natural. El petróleo no es, sino, una mezcla de hidrocarburos pesados, cuyas cadenas contienen un mínimo de 40 átomos de carbono. Para elaborar gasolina, es necesario romper estas moléculas, con el fin de obtener hidrocarburos con menos de 10 átomos de carbono. Por el contrario, el gas natural está primordialmente conformado por hidrocarburos sencillos como el metano y el etano.

La importancia biológica de los hidrocarburos radica en que la mayoría de los compuestos de la materia viva se derivan de ellos. En estos casos, van enriquecidos con átomos de oxígeno, nitrógeno o con cualquier otro de los bioelementos.

#### • El carbono y los procesos vitales

Todos los organismos realizan una renovación permanente de materiales,

hecho que caracteriza su propia dinámica. En cumplimiento de este principio, un ser vivo ingiere a diario una cantidad considerable de compuestos orgánicos, quienes se desintegran, se sintetizan, usan y finalmente, eliminan, de acuerdo a las necesidades vitales.

Todos los animales adquieren energía y carbono a partir de las plantas verdes. Aunque muchos consumen otros animales para su abastecimiento, la fuente inicial de energía es el Sol.

Dicha energía se incorpora a la materia viva a través de los vegetales fotosintéticos. Sin embargo, las plantas verdes no son elementos autónomos, sino que en gran parte dependen de la actividad de otros organismos, como los mismos animales y microorganismos. Los últimos son quienes básicamente suministran el gas carbónico que las plantas requieren para con-

struir los nutrientes. En esta forma, el carbono rota infinidad de veces en el mundo viviente, en cumplimiento de un verdadero ciclo. La ilustración aclara el recorrido del carbono en la naturaleza.

#### • Regulación biológica del carbono

La respiración de la gran mayoría de los seres vivos, origina como productos de desecho **gas carbónico y agua**.

Igual cosa ocurre en la descomposición de los tejidos; cuando un organismo muere, sus restos se desintegran en compuestos sencillos, agua y gas carbónico, por acción de hongos y bacterias.

Estos dos compuestos constituyen la materia prima de la fotosíntesis, reacción donde tienen origen los carbohidratos. Estos productos carbonados son el punto de partida de toda la gama de compuestos vitales.

En cumplimiento del principio "del comer y ser comido", dichas sustancias pasan de las plantas a los animales, y de animal a animal. Así, el carbono circula por la materia viva, reincorporándose paulatinamente al mundo inorgánico en forma de gas carbónico, a medida que la energía guardada en sus compuestos es utilizada por los seres vivos. Finalmente, cuando éstos mueren, el carbono de sus tejidos regresa a la atmósfera, a reiniciar idéntico recorrido.

De esta manera el carbono sufre un cambio continuo, desde el estado inorgánico (gas carbónico) al estado orgánico (azúcares, grasas, proteínas) y viceversa, siendo empleado una y otra vez por los seres vivos a consecuencia de la asimilación y desasimilación de materiales.

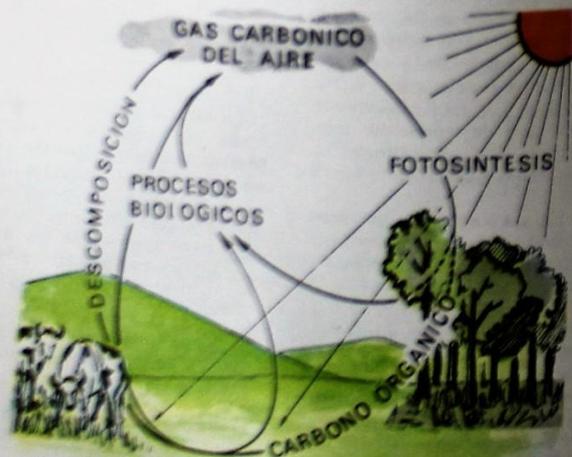
Lo anterior permite que la provisión de gas carbónico atmosférico no disminuya, puesto que de no renovarse, la fotosíntesis de la flora universal lo agotaría en 50 años, aproximadamente. Sin embargo, los procesos biológicos mantienen el balance de la concentración atmosférica de este gas, en un promedio del 0.04%.

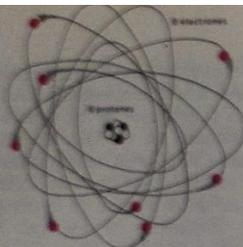
En resumen, la presencia del gas carbónico en el aire es un producto del equilibrio existente entre: la respiración de todos los organismos y la fotosíntesis vegetal, la acción química de las rocas y los océanos, los fenómenos atmosféricos y la presencia humana con sus actividades.

Actualmente, el estudio de la acción humana en relación con la presencia de  $\text{CO}_2$  en la atmósfera, despierta un gran interés. Parece que el gas proveniente de la combustión del petróleo y sus derivados, aumenta en forma notoria la concentración atmosférica.

El humo de los automotores o de las instalaciones fabriles lleva a la atmósfera más gas carbónico del que las plantas normalmente asimilan. Si se suma lo anterior, a la disminución de la población vegetal causada irresponsablemente por el hombre, la situación en la biosfera se torna complicada. Los investigadores aseguran que el aumento de  $\text{CO}_2$  en la atmósfera, causa un aumento de temperatura en las cercanías de la superficie de nuestro planeta. Este hecho, llamado "efecto de invernadero" tiene una explicación sencilla. Cuando los rayos solares inciden sobre la superficie de la Tierra, ésta los absorbe, factor que ocasiona la elevación de su temperatura. Al calentarse, la superficie terrestre irradia ondas calóricas, las cuales son atrapadas por la atmósfera, de manera especial por la capa de gas

Ciclo biológico del carbono (C)





1. Átomo de oxígeno.



2. Combustión viva.



3. Oxidación del hierro.

carbónico, quien las refleja o devuelve hacia el planeta. "A mayor concentración de gas carbónico, mayor es el calor reflejado".

Este desequilibrio térmico traería graves consecuencias para la subsistencia de la vida en la Tierra. Basta que la temperatura de los océanos aumente en 1° o 2° C, para que provoque la fusión de grandes bloques de hielo polar, lo que acarrearía la inundación de una inmensa porción de las zonas costeras del globo.

66

## 2. La vida y el oxígeno (O)

Como lo muestra la figura, el átomo de oxígeno posee un total de 8 electrones, distribuidos en dos niveles de energía: uno interno con 2 electrones y otro externo con 6. ¿En qué grupo y período de la tabla periódica se localiza el oxígeno?

Si tenemos en cuenta la ley del octeto, es fácil explicar la tendencia del oxígeno a "ganar" dos electrones para buscar estabilidad química. Esta es la razón por la cual, el oxígeno posee una capacidad de enlace de 2. En la gran mayoría de los compuestos, vamos a encontrar este elemento unido por enlaces sencillos a dos átomos, o por enlace doble a un único átomo.

Su importancia en nuestro planeta es innegable. Conformamos aproximadamente el 50% de la masa de la corteza terrestre, y por consiguiente, es el elemento más abundante en ella. Además, cabe destacar que la cantidad total de sus átomos sobrepasa a la del resto de elementos juntos. La presencia del oxígeno en la atmósfera resulta esencial para la vida terrestre; allí permanece libre y en estado molecular ( $O_2$ ). Forma parte de esa mezcla gaseosa que es el aire, del cual integra el 20% en volumen. Es el elemento responsable de la combustión de algunos materiales como la madera, el caucho y las sustancias inflamables. En igual forma, causa la formación de la capa cafecrisa que recubre a los metales cuando están al aire libre.

Combinado con otros elementos, forma una gran cantidad de minerales como el cuarzo, la caliza y la mica. Su importancia también puede valorarse por ser uno de los elementos integrantes de la molécula de agua.

En la materia viva resulta fundamental, porque junto con el carbono, el hidrógeno, el nitrógeno y el resto de bioelementos, forma parte de su estructura. Además, es el responsable directo de la respiración animal y vegetal.

### • El oxígeno y su equilibrio

Como ocurre con el gas carbónico, la presencia del oxígeno en la atmósfera se halla extraordinariamente regulada. Su concentración en el aire resulta del balance existente entre las reacciones de oxidación, principalmente biológicas como la respiración, y el abastecimiento de oxígeno a consecuencia de la fotosíntesis. Lo anterior, significa que el ciclo natural del oxígeno está ligado al ciclo del carbono y es bastante similar. Su equilibrio resulta indispensable para el mantenimiento de la vida terrestre; de llegar a desaparecer súbitamente la totalidad del oxígeno libre del aire, la naturaleza demoraría tres mil años para restaurarlo.

### • El oxígeno y la respiración

Decíamos que el oxígeno es el elemento motivador de la quema de ciertos materiales. Este fenómeno, conocido con el nombre de **combustión**, no es más que la reacción química del oxígeno con otro cuerpo, que para el caso se denomina **combustible**.

Los combustibles, en especial el petróleo y sus derivados, tienen una gran importancia en la actividad humana. La razón es sencilla: la combustión suministra luz y calor, tipos de energía básicos en la tecnología moderna. El desplazamiento de barcos y aviones y el funcionamiento de muchos tipos de motores requieren la energía proveniente de esta clase de reacción.

Sin embargo, no toda combustión es violenta y desprende llamas. Hay una

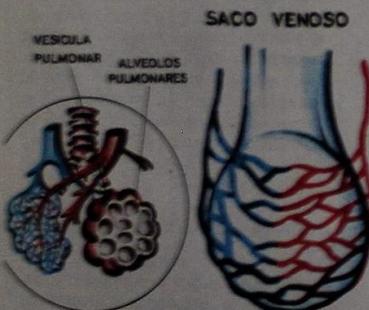
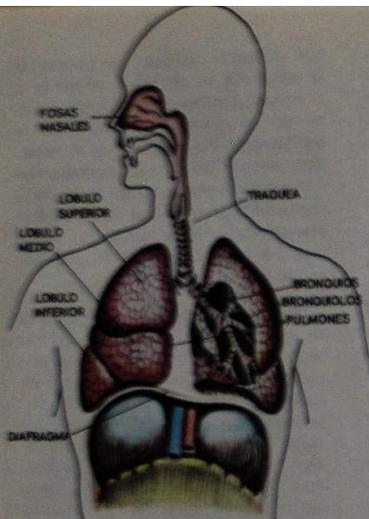
que se realiza despacio, lentamente; es la efectuada en un trozo de hierro al aire libre. Esa capa de herrumbre externa no es sino el producto de la combinación del oxígeno con el metal. Esta reacción química es la **combustión u oxidación lenta**, que a diferencia de la combustión propiamente dicha, no desprende luz y llama, aunque sí suelta calor, a veces imperceptible para nosotros.

Nos resulta difícil captar los procesos de oxidación lenta, y sin embargo son bastante frecuentes. Es tal la importancia de dicha reacción, que la supervivencia de los organismos depende de ella. La inmensa mayoría de los seres vivos llevan a cabo una especie de "combustión" dentro de sus propios tejidos. Para ello, utilizan el oxígeno tomado del medio a través de sus órganos respiratorios, el cual "quema" las sustancias alimenticias, principalmente las de alto contenido energético como los azúcares y las grasas. La finalidad de esta oxidación o combustión lenta es liberar la energía acumulada en los nutrientes. Un hecho que demuestra la producción energética de la respiración, es el calor de los músculos a continuación de un ejercicio.

### • ¿Dónde se realiza la respiración?

Existe la idea de que la respiración se efectúa en los órganos respiratorios; sin embargo, ella propiamente ocurre a nivel de célula.

Si tomamos el caso de los animales superiores, tanto las sustancias alimenticias como el oxígeno llegan a cada una de las células a través del torrente circulatorio. En los organismos inferiores (ameba, paramecium) es el agua del ambiente quien sirve como medio de transporte. En ambos casos, los nutrientes y el oxígeno deben penetrar en la célula, en cuyo interior sucede la reac-



Aparato respiratorio humano.

ción energética, o verdadera respiración.

• **¿Cómo se realiza la respiración?**  
Las células poseen una serie de cuerpos especiales, las mitocondrias, que analizaremos posteriormente. Es en cada mitocondria donde se produce la "quema" del alimento gracias a la acción química del oxígeno, con la correspondiente liberación de energía.

La energía acumulada en el combustible, en este caso el alimento, es comparable con la que guarda una cuerda de reloj enrollada. Dicha energía queda libre cuando se desenrolla. El factor que en forma lenta y dosificada, "desenrolla" el azúcar o cualquier otro nutriente para liberar la energía, es el oxígeno. La respiración da como productos finales de desecho agua y gas carbónico, los cuales necesariamente son eliminados.

En los animales superiores, el mismo torrente circulatorio recoge estas sustancias y las expulsa, principalmente por los aparatos respiratorio y excretor.

Tanto en los pulmones de los seres vivos más evolucionados, como en las branquias de los peces, o en las traqueas de los insectos, sucede el llamado intercambio gaseoso.

Las delgadas membranas de estos órganos respiratorios, están atravesadas por infinidad de delicados tubillos, los vasos capilares. Por el interior de los capilares de "llegada" circula la sangre que regresa de los tejidos corporales, después de recoger "desperdicios" como el gas carbónico y el exceso de agua. Pero en el momento en que esta sangre recorre el órgano respiratorio (pulmón, branquia, traquea), el gas carbónico disuelto en ella pasa al exterior, y simultáneamente recibe oxígeno. Este intercambio de gases ocurre por difusión: el oxígeno pasa la delicada pared del capilar para ir a enriquecer la sangre, en tanto que el gas carbónico, abandona ese interior para ir al medio externo.

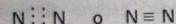
En las ilustraciones aparecen las principales adaptaciones biológicas para la realización del intercambio de gases. Analízalas.

### 3. La vida y el nitrógeno

El nitrógeno es el elemento más abundante en el aire, cuya proporción alcanza el 80%. Su presencia en los tejidos animales y vegetales es fundamental; las proteínas compuestos básicos de la materia viva, lo tienen como constituyente imprescindible. El modelo de la ilustración indica que el átomo de nitrógeno posee 7 electrones repartidos en dos niveles de energía: el primero de ellos con dos electrones y el segundo o externo con cinco.

¿Cuál es la posición del nitrógeno en la tabla periódica? ¿Por qué? ¿Cuál es su número atómico?

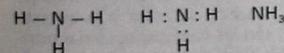
Los átomos de nitrógeno atmosféricos permanecen en estado molecular. La molécula de nitrógeno está formada por dos átomos del mismo ( $N_2$ ), enlazados por un triple enlace:



Al compartir tres pares de electrones, cada átomo de hidrógeno consigue estabilidad química, puesto que coloca en el último nivel 8 electrones.

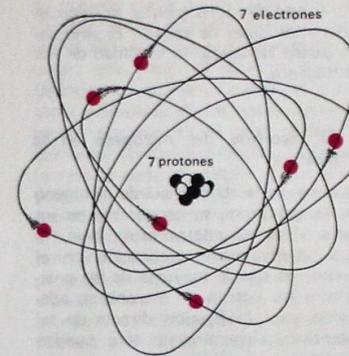
Uno de los compuestos más importantes del nitrógeno es el amoníaco, del cual suponen fue una de las sustancias integrantes de la atmósfera primitiva de nuestro planeta.

Su fórmula es la siguiente:



El amoníaco es el punto de partida en la formación de una gran serie de compuestos nitrogenados.

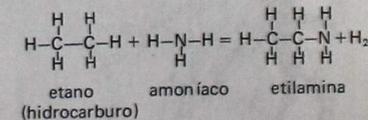
El análisis de las fórmulas anteriores, indica que el nitrógeno posee una triple capacidad de unión. Aunque



Átomo de nitrógeno (N).

puede trabajar con una capacidad de enlace distinta, en la mayoría de los compuestos orgánicos lo vamos a encontrar con tres pares de electrones compartidos.

Un grupo de compuestos importantes es el resultante de la unión química de los hidrocarburos y el amoníaco, quienes gracias a una reacción especial, originan las aminas, sustancias que le dan el olor característico a la carne de pescado. Analiza la formación de una de ellas.



El amoníaco pierde uno de sus hidrógenos e igual ocurre con el etano. Así, aparece la unión carbono-nitrógeno para formar la etilamina. De acuer-

do al tipo de hidrocarburo, se originan diferentes clases de aminas. El amoníaco puede reemplazar la totalidad de sus hidrógenos.

• El recorrido del nitrógeno en la biosfera

A pesar de la abundancia de nitrógeno en la atmósfera, su proporción en los seres vivos es relativamente baja, lo cual puede tener explicación en el hecho, de que la mayoría de los organismos no poseen un mecanismo adecuado para la fijación directa de tal elemento. Generalmente sólo pueden incorporar el nitrógeno, cuando está formando parte de un compuesto nitrogenado.

Lo anterior significa que el nitrógeno libre no puede entrar directamente en un individuo como ocurre con el oxígeno, por el contrario, siempre

Raíz de leguminosa, con nódulos.



llega en forma de compuesto. Una prueba evidente es el caso nuestro: en cada inspiración llenamos los pulmones con el nitrógeno, pero de inmediato dicho gas regresa al exterior sin intervenir en ningún proceso vital. Igual acontece en las plantas y en los animales, quienes absorben el nitrógeno gaseoso del aire o del agua, y lo devuelven tal como nosotros lo hacemos.

Las consideraciones anteriores conducen al interrogante de cómo los seres vivos obtienen el nitrógeno. Para el caso de los animales la respuesta es sencilla. Ellos lo toman de los alimentos que ingieren; la carne, la leche y los vegetales son sustancias ricas en compuestos nitrogenados.

En síntesis, los animales solucionan el problema comiéndose a otros animales o a las plantas, lo cual resulta lógico, porque toda "cadena alimenticia" se inicia en los vegetales. Por esta razón, la clave de la asimilación del nitrógeno a la materia viva se encuentra en ellos.

• Las bacterias nitrificantes: claves en la fijación del N

Como las plantas no pueden asimilar el nitrógeno del aire, lo normal es que lo tomen de los compuestos nitrogenados que tiene el suelo. Pero, ¿qué factor es el que incorpora el nitrógeno atmosférico al suelo? Los investigadores descubrieron la existencia de unos microorganismos capaces de llevar a cabo este trabajo; son las llamadas bacterias nitrificantes y algas azules, quienes gozan de esta cualidad extraordinaria.

Generalmente, las bacterias nitrificantes se introducen en la raíz de algunas plantas, donde originan abultamientos o nódulos, bastante comunes en las leguminosas como el frijol. Me-

dante este mecanismo, la raíz les ofrece a las bacterias un sitio adecuado para vivir, pero éstas a su vez le retribuyen a la planta con el suministro del nitrógeno. Esta clase de asociación, donde ambos organismos obtienen beneficio, recibe el nombre de **simbiosis**. En la naturaleza hay varias relaciones de este tipo.

Además de las anteriores, también se hallan en el suelo bacterias de vida libre, que están en capacidad de transformar el nitrógeno atmosférico en compuestos utilizables por el resto de organismos.

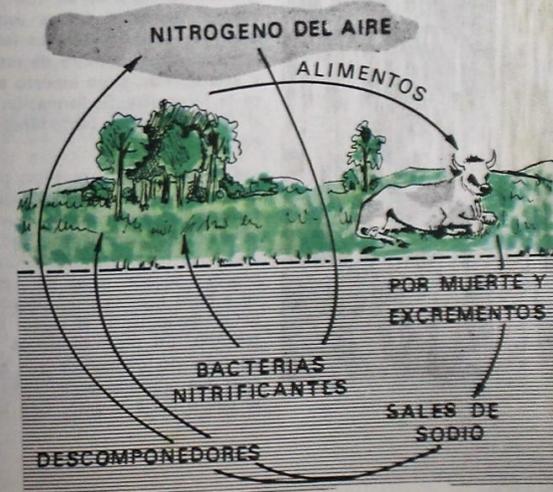
• El ciclo biológico del nitrógeno

Como sucede con todos los bioelementos, el nitrógeno es usado una y otra vez por los seres vivos. Ya establecimos la forma como este elemento llega a la materia viva, donde cumple un papel importante en el metabolismo. Tanto en plantas como en animales constituye

las diversas clases de proteínas, quienes después de ser utilizadas, se eliminan en forma de amoníaco y nitrógeno molecular, que pasan al suelo o al aire. Cuando un organismo muere, el nitrógeno acumulado en los restos vuelve al medio por acción de otro grupo de bacterias: las **desnitrificantes**. Su trabajo resulta esencial, debido a que si las pequeñas cantidades de nitrógeno acumuladas en los cadáveres no regresaran a la atmósfera, se convertirían en sustancias inservibles. A la vez disminuiría progresivamente la cantidad de este elemento en el aire. Así, tanto las bacterias nitrificantes como las desnitrificantes son piezas fundamentales del ciclo.

La figura muestra en forma sencilla el ciclo del nitrógeno. La dificultad con que este elemento es asimilado, hace que el equilibrio natural del mismo se pierda con facilidad. Cuando un agricultor explota intensamente un cultivo, el

Ciclo biológico del nitrógeno.



terreno empobrezca en nitrógeno, puesto que las bacterias no disponen del tiempo necesario para fijar la misma cantidad que dicho cultivo consume.

Una de las formas de evitar el problema es con la siembra alterna de leguminosas, quienes por la facilidad que brindan a las bacterias nitrificantes, enriquecen el suelo con este fundamental elemento.

#### 4. Otros bioelementos

Hecho el análisis del carbono, el oxígeno y el nitrógeno, tres de los cuatro bioelementos más abundantes, el estudio del hidrógeno lo dejamos para realizarlo junto al de su principal compuesto, el agua. A continuación, aparece la descripción del resto de bioelementos, que a pesar de estar presentes en la materia viva en una proporción mucho menor, no por ello dejan de ser indispensables en la estructura de la misma.

Estalagmitas y estalactitas.



#### • El calcio (Ca)

El calcio (Ca) es el elemento mineral más abundante en los seres vivos. Su presencia es fundamental en los esqueletos, las conchas, las caparazones y la dentadura de los organismos, por lo cual, su requerimiento es mayor durante el crecimiento. También integra la sangre, donde cumple importantes funciones químicas. Su carencia o bajo contenido ocasiona el raquitismo.

Como todos los bioelementos, el calcio cumple un ciclo dentro de la biosfera. Pero a diferencia de los anteriores, su recorrido poco o nada tiene que ver con la atmósfera puesto que primordialmente ocurre en las rocas y el agua.

El calcio y sus compuestos son abundantes, principalmente en las rocas calizas, de las cuales proviene un alto porcentaje del circulante en la naturaleza. El agua es la sustancia encargada de disolverlo, a partir de las grandes capas naturales de caliza.

Este proceso origina numerosas grutas en las regiones de este tipo. El interior de estas cuevas suele estar adornado con formaciones fantásticas que reciben el nombre de estalactitas y estalagmitas, cuyo aspecto sobresale en la fotografía. Su formación se debe al flujo del agua subterránea y a la evaporación.

Cuando el agua se filtra por cualquier fisura del techo de una cueva, forma una gota colgante, que al evaporarse deja sobre dicho techo una pequeña partícula de caliza. Cuando el proceso sucede miles de veces, poco a poco nace una prolongación desde el techo hacia el suelo; es la estalactita. En otras ocasiones, la gota de agua no permanece fija al techo, sino que precipita, arrastrando consigo el calcio hacia el piso. Con la repeti-



Ciclo natural del Calcio.

ción sucesiva del fenómeno aparece una delicada columna desde el suelo hacia el techo, la cual recibe el nombre de estalagmita.

Al continuar el ciclo, el agua enriquecida con calcio constituye la fuente esencial de este elemento, tanto para las plantas como para los animales.

Las primeras la absorben del suelo mediante sus raíces y los segundos, en cualquier punto de las corrientes y ríos. De esta manera, el calcio disuelto en el agua entra a formar parte de los seres vivos. Lógicamente, los animales también pueden obtenerlo al consumir plantas u otras presas.

Cuando los organismos mueren, el calcio de los tejidos regresa al suelo o al agua, gracias a la acción de los descomponedores. Sin embargo, el destino inmediato del mineral es el fondo del océano. Allí, junto con el acumulado de los esqueletos y restos de los

animales y plantas marinas, da origen a gruesas capas.

Estas, por acción de la presión interna y externa, ocasionan la formación de rocas calizas y mármol.

Por efecto de los procesos geológicos, dichas capas rocosas surgen a la superficie, donde pueden llegar a constituir elevaciones montañosas. En estas condiciones, el calcio queda nuevamente bajo la acción del agua, para repetir un recorrido que dura miles y miles de años. La figura permite visualizar en su totalidad el fenómeno.

#### • El fósforo (P)

En los animales, el fósforo le sigue en importancia al calcio. Forma parte del esqueleto, del tejido nervioso y del sanguíneo; su constante eliminación en la orina y en las heces, obliga a un consumo permanente de nutrientes ricos en él.

El fósforo cumple un papel importantísimo en los procesos de asimilación y desasimilación; las moléculas de ADP y ATP, fundamentales en los procesos energéticos, llevan incorporados átomos de fósforo.

#### • El sodio (Na) y el cloro (Cl)

Generalmente, se incorporan a los organismos en forma de cloruro —sal común— y son más abundantes en los animales que en los vegetales. Su presencia en los primeros resulta indispensable como elementos de los jugos digestivos, caso del ácido clorhídrico (HCl) del estómago, y los jugos pancreático e intestinal. En la sangre, actúan como factor regulador del fenómeno de la ósmosis. Su eliminación se realiza en el sudor y en la orina.

#### • El potasio (K) y el magnesio (Mg)

Estos elementos cumplen un papel preponderante en las contracciones

Un huevo de ave es característico del protoplasma.



musculares y en muchos procesos biológicos. En principio, son más abundantes en las plantas que en los animales. El potasio es insustituible en las plantas, donde desarrolla un papel fundamental en el equilibrio. La necesidad del magnesio resulta indiscutible; basta analizar su presencia en la molécula de clorofila, pigmento verde de los vegetales que hace posible la fotosíntesis.

#### • El hierro (Fe)

El hierro es un elemento vital para los organismos. En la mayoría de los animales forma parte de la hemoglobina, pigmento que le da el color rojo a la sangre.

Presente en los glóbulos rojos, es la sustancia encargada de transportar el oxígeno desde los órganos respiratorios hasta las células, y el gas carbónico desde estas últimas al exterior. Su escasez puede causar la anemia y el crecimiento anormal.

La importancia del hierro para la vida vegetal se explica por ser este elemento, material constitutivo de varios compuestos, principalmente de fermentos básicos de la respiración.

#### • El yodo (I)

El yodo es un elemento imprescindible para regular la tiroidea, glándula animal que controla en parte el crecimiento, la nutrición y el sistema nervioso. Su bajo contenido ocasiona la enfermedad conocida con el nombre de bocio o coto.

Otros elementos, como el azufre, el cobre, el manganeso, el zinc, el boro y el molibdeno, a pesar de estar presentes en mínima cantidad, también desarrollan importantes funciones en ciertos organismos.

#### • Un ligero balance del protoplasma

Entendiéndose al protoplasma como un sinónimo de materia viva, vale la pena destacar el extraordinario orden que lo caracteriza. Todos los bioelementos forman un solo conjunto más o menos complejo, donde se efectúan las reacciones químicas que caracterizan la vida. Cada elemento y cada compuesto desempeña una misión perfectamente coordinada. Es en el seno del agua, compuesto de innegable valor, donde se suceden los procesos de asimilación y desasimilación o de intercambio de materiales. La sustancia de un huevo de ave, da una idea de lo que es el protoplasma, con sus caracteres de densidad y contenido.

### C. LOS BIOCOMPUESTOS

#### 1. Generalidades

En su mayoría, los bioelementos no están en un organismo en estado libre, sino formando los llamados biocompuestos o sustancias típicas de la vida. El agua, las sales minerales, los carbohidratos, las grasas y las proteínas son los verdaderos componentes de la célula. Entremezclados en el protoplasma, le confieren a este último una densidad, viscosidad y coherencia características. Las transformaciones físicas y químicas que sufren, van indiscutiblemente unidas a los fenómenos vitales.

Sus concentraciones hacen posible la difusión y la ósmosis, hechos físicos que permiten la renovación, la incorporación y la eliminación de materiales.

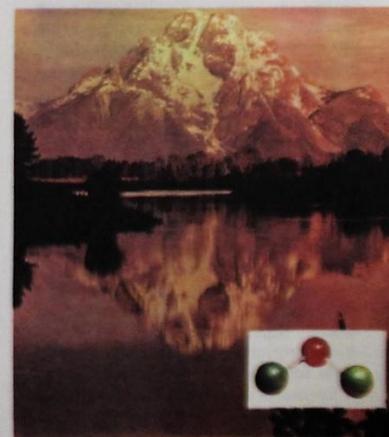
#### 2. El agua y los seres vivos

En nuestro planeta, la sustancia más representativa de la vida es el agua. Su abundancia en la biosfera y su alta proporción en la constitución de los

tejidos vivos así lo demuestran. No falta en ningún organismo, donde alcanza un 75% como término medio. Incluso hay seres con 98%, tal como ocurre en muchas clases de algas.

La importancia y necesidad de este compuesto en la marcha de todos los procesos metabólicos, nos lo demuestran las semillas. Cuando éstas poseen un bajo contenido acuoso, se hallan en estado de reposo o de "vida latente", prácticamente imposibilitadas para desarrollarse. Sin embargo, su germinación y desarrollo se produce cuando encuentran agua en abundantes cantidades, condición esencial para la marcha de las actividades vitales propiamente dichas.

Si bien el agua se destaca como factor constitutivo, también sobresale por el hecho de ser el medio o habitat de una enorme cantidad de formas de vida: "El agua de la biosfera contiene más organismos que la porción seca del planeta".



Agua (H<sub>2</sub>O).

• ¿Dónde radica la importancia del agua?

El agua es un compuesto que dentro del conjunto de los líquidos, goza de condiciones especiales. Los científicos han establecido que la causa de tal comportamiento radica en la estructura molecular que presenta. Como lo muestra el modelo de la figura, el agua resulta de la combinación química de un átomo de oxígeno (O) y dos de hidrógeno (H). Recordemos que el oxígeno posee 8 protones en su núcleo, los cuales, como es natural, atraen con más poder los pares electrónicos compartidos, que los hidrógenos quienes apenas presentan un solo protón en su respectivo núcleo. ¿Qué efecto produce este desequilibrio de fuerzas?

A consecuencia de este hecho, los electrones tienden a concentrarse junto al oxígeno, en tanto que cada hidrógeno pierde aparentemente su electrón. De esta manera, ambos elementos dejan de ser eléctricamente neutros; el oxígeno adquiere una carga negativa (exceso de electrones) y los hidrógenos una carga positiva (deficiencia de electrones).

Ante esta situación, la molécula de agua adquiere enorme parecido a un imán: presenta un polo positivo centrado en los hidrógenos y uno negativo centrado en el oxígeno. Como cargas de signo contrario se atraen, las moléculas de agua permanecen bastante juntas, puesto que el polo positivo de una atrae el polo negativo de otra. Así se establece entre ellas una fuerza de atracción que explica en parte, la tensión superficial de este líquido. A dicha estructura polar debe la molécula de agua su gran importancia.

La mayoría de los compuestos orgánicos también presentan cargas eléctricas, hecho que facilita la interacción

física y química. Tal vez, el efecto de mayor relieve que tiene el agua es su capacidad para disolver o dispersar el resto de componentes vitales.

• ¿Cómo controlan los organismos su contenido en agua?

Uno de los aspectos importantes del metabolismo animal y vegetal, es el concerniente al mantenimiento del índice adecuado de agua en la célula, y en general, en todo el organismo.

Como en la materia viva el agua es el solvente por excelencia, el medio de transporte de gases y nutrientes y el líquido refrigerante, es natural concluir que su balance resulta de primer orden. "La supervivencia está claramente vinculada al contenido hídrico".

Todo ser vivo cumple un proceso permanente de pérdida y ganancia de agua, del cual depende en gran parte, el mantenimiento de las funciones vitales. Cuando la pérdida es excesiva, se hace necesario recuperar lo perdido. Y si la ganancia es mínima, la pérdida también debe ser mínima. Los organismos acuáticos no tienen problema de suministro; por el contrario, hay ocasiones en que padecen de exceso de agua. Son las plantas y animales terrestres, quienes deben afrontar la escasez de ella, debido a que siempre están expuestos a su pérdida por la tendencia del aire a absorberla.

Por esta razón, muchos seres vivos presentan una serie de adaptaciones cuya finalidad es la de evitar la pérdida excesiva de agua, y facilitar su almacenamiento y consecución. En una planta del desierto, las hojas toman la forma de finas espinas, para disminuir al máximo la superficie de exposición al Sol; a la vez, sus tallos son importantes depósitos acuíferos. En los animales, la piel cumple impor-

tante labor de protección; sobresalen las gibas del camello y del dromedario como ajustes a la acumulación del agua.

Sin embargo, no toda la pérdida de agua es perjudicial para la vida. La sudoración ayuda a mantener fresco el cuerpo de muchos animales; la transpiración vegetal evita, probablemente, el que las hojas se sequen bajo los fuertes rayos solares. También el exceso de agua resulta perjudicial para los organismos, hasta el punto de que puede destruir las células.

Para concluir, cabe destacar el riñón como el órgano principal de la regulación y control del agua en los animales superiores.

3. Los carbohidratos y la vida

Los hidratos de carbono o carbohidratos forman parte de ese grupo de compuestos antiguamente llamados "orgánicos", porque se creía que eran sustancias producidas en forma exclusiva por los seres vivos.

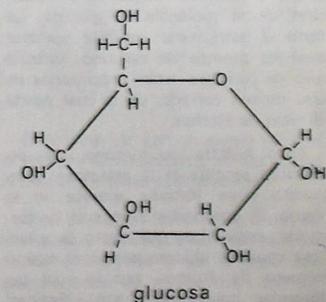
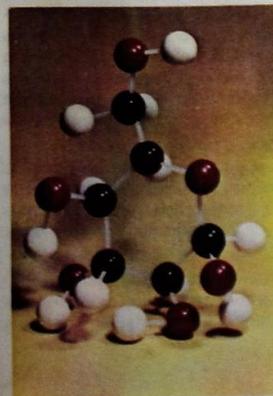
Los carbohidratos son compuestos complejos conformados por carbono (C), oxígeno (O) e hidrógeno (H). En la mayoría de los casos, presentan la

siguiente particularidad: los átomos de hidrógeno y oxígeno guardan la misma proporción que tienen en el agua, es decir 2:1. Por esta razón, se les denominó carbohidratos, pues sus descubridores pensaban que estos compuestos eran cadenas de carbono enlazados por moléculas de agua.

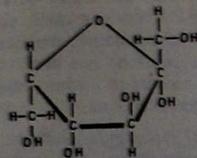
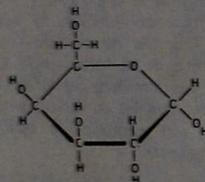
Su importancia biológica reside en el hecho de ser "los almacenes energéticos" de los seres vivos. Por eso, se justifica su abundancia en la materia viva, principalmente en las plantas. Esto último se explica, por ser las plantas quienes elaboran la mayoría de los hidratos de carbono, durante el proceso de la fotosíntesis. Los azúcares, los almidones y la celulosa (sustancia que les da dureza a los vegetales), son ejemplos de esta clase de compuestos.

• La glucosa: un azúcar fundamental

Uno de los hidratos de carbono de mayor importancia es la glucosa, también llamada azúcar de uva, por estar presente en una elevada proporción en dicha fruta. Su molécula está constituida por 6 átomos de carbono, 12 átomos de hidrógeno y 6 átomos de oxígeno. Por esta razón, su fórmula condensada es la siguiente:  $C_6H_{12}O_6$ .



Glucosa, modelo y fórmula ( $C_6H_{12}O_6$ ).

FRUCTOSA (C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub>)GALACTOSA (C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub>)

Esta fórmula nos dice la clase y la cantidad de átomos que integran la molécula, más no la forma en que estos se enlazan y distribuyen en el espacio. Estos últimos factores los aclara la fórmula estructural, que aparece en la página anterior. Junto a ella, está un modelo de esferas, que ayuda a visualizar mejor, la composición de la molécula de glucosa. La fórmula estructural permite apreciar que los átomos de carbono junto a uno de oxígeno están organizados en una cadena cerrada, de la cual pende el resto de átomos.

Otro hidrato de carbono, con estructura sencilla es la galactosa, compuesto cuya fórmula aparece en la figura. Si observas y comparas las fórmulas, encuentras que tanto la galactosa como la glucosa poseen el mismo número de átomos, por lo cual sus fórmulas condensadas son idénticas: C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub>.

78

Entonces, ¿dónde radica la diferencia entre estos dos compuestos? Las fórmulas estructurales aclaran el interrogante, pues permiten apreciar que los átomos no tienen una misma disposición.

A simple vista el hecho parece insignificante, pero es fundamental en la química: basta que los átomos de una molécula tengan un arreglo o disposición diferente, para que los compuestos también presenten propiedades diferentes. Lo anterior significa que, si variamos ligeramente la ubicación de los átomos de una sustancia, obtendremos una sustancia distinta.

Igual cosa sucede con la molécula de fructosa, azúcar que como su mismo nombre lo indica, se halla en las frutas, básicamente en manzanas y naranjas.

Los compuestos nombrados son de molécula relativamente sencilla, razón por la cual se les designa como azúcares simples o monosacáridos.

De los tres monosacáridos nombrados, la glucosa es la que cumple una mayor función en los seres vivos. Por la misma disposición de sus átomos, con facilidad entrega al organismo, la energía acumulada en sus enlaces. Como ya sabes, la mayoría de los seres, debe elaborar o captar una cierta cantidad de glucosa para satisfacer sus requerimientos energéticos; por esta razón la fotosíntesis (proceso vital de primer orden) entrega, como uno de sus más valiosos productos, esta clase de azúcar.

La galactosa es un monosacárido que rara vez se encuentra libre; por lo general, forma parte de azúcares mayores; de tal manera aparece en la leche.

De los setenta monosacáridos conocidos, aproximadamente se encuentran en la naturaleza veinte, el resto son

elaborados por el hombre en los laboratorios. Como propiedad básica presentan la de ser bastante solubles en el agua cualidad que les da una gran funcionalidad biológica. Este hecho se complementa con el tamaño relativamente pequeño de sus moléculas, lo cual les permite atravesar con facilidad las membranas celulares, para llegar a suministrar energía al interior de cada célula.

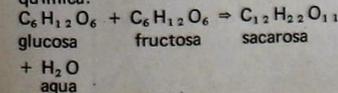
#### • Los monosacáridos: unidades básicas de carbohidratos más complejos

Los azúcares simples o monosacáridos, además de las características anotadas, presentan una propiedad química de enormes repercusiones biológicas. Estas moléculas tienen la particularidad de unirse entre sí, eliminando agua, para dar origen a cadenas de dos o más eslabones, (cada eslabón es una molécula del azúcar inicial).

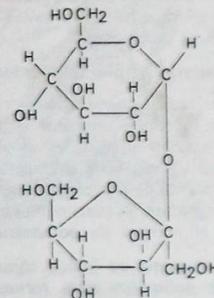
La sacarosa, cuya fórmula se indica en la figura, es el azúcar de caña, la misma que ingerimos en nuestra alimentación diaria. Se forma cuando una molécula de glucosa se une con otra de fructosa. Las dos moléculas se enlazan quitando una molécula de agua; así quedan "soldadas" bajo la forma de una nueva molécula, la sacarosa.

Este proceso es casi cualidad exclusiva de los compuestos del carbono y se denomina polimerización. Por esta razón, al producto final se le llama polímero y a las unidades que lo forman, monómeros.

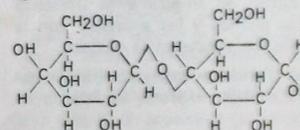
Las plantas verdes son especialistas en la polimerización de azúcares sencillos. La formación de la sacarosa se puede reducir a la siguiente ecuación química:

SACAROSA - C<sub>12</sub>H<sub>22</sub>O<sub>11</sub>

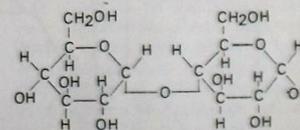
(glucosa + fructosa - agua)

LACTOSA - C<sub>12</sub>H<sub>22</sub>O<sub>11</sub>

(galactosa + glucosa - agua)

MALTOSA - C<sub>12</sub>H<sub>22</sub>O<sub>11</sub>

(glucosa + glucosa - agua)



Esta clase de carbohidratos reciben el nombre de disacáridos, de los cuales el más importante es el descrito.

Otro disacárido de primer orden es la lactosa o azúcar de la leche propiamente dicho; resulta de la unión de una molécula de glucosa con una de galactosa. Su fórmula aparece en la figura.

79

Por último, también merece mención la **maltosa** o **azúcar de malta**, la cual se obtiene a partir de la semilla de cebada germinada. Químicamente, este disacárido está conformado por dos moléculas de glucosa.

• **Carbohidratos de múltiples unidades**

La polimerización puede originar compuestos de múltiples unidades. Esto es lo que ocurre en el caso del almidón, sustancia cuya molécula es una larga cadena, constituida por cientos de moléculas de glucosa. A estos compuestos se les da el nombre de **polisacáridos**.

En el diagrama se indica cómo la glucosa se polimeriza para formar el almidón. Cada unión de una molécula de glucosa con otra, implica la separación de una molécula de agua. Dicho mecanismo es ampliamente utilizado por las plantas y los animales, con la finalidad de almacenar la glucosa.

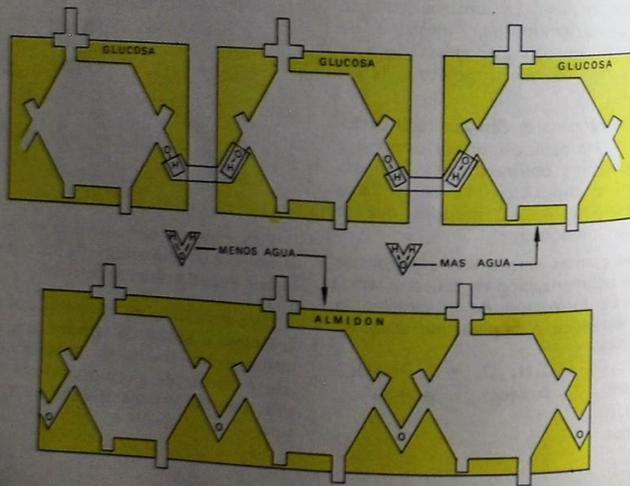
Las plantas guardan el almidón en la raíz, el tallo, el fruto, las hojas y en

las semillas. Una papa, un grano de trigo, el arroz y otros productos vegetales contienen elevada proporción de almidón.

En los animales, la polimerización se lleva a cabo en el hígado. Las células de este último tienen la capacidad de unir las moléculas de glucosa para elaborar el **glucógeno** o **almidón animal**. La diferencia entre el almidón vegetal y el glucógeno, radica en que la cadena del primero es lineal en tanto que la del último es bastante ramificada.

Estos dos compuestos deben su importancia a la facilidad con que se rompen sus enlaces. Así, cuando el ser vivo requiere glucosa, procede a "desdoblarse" el almidón. Para ello, adiciona una molécula de agua en cada unión de los eslabones del almidón con lo cual obtiene cientos de moléculas de glucosa libres. El mecanismo se denomina **hidrólisis**.

Polimerización e hidrólisis del almidón.



La polimerización y la hidrólisis, actúan en este caso en sentido inverso. Mientras en la primera hay eliminación de una molécula de agua por enlace, en la segunda es necesario incorporar una por cada punto de ruptura. La ilustración aclara ambos procesos.

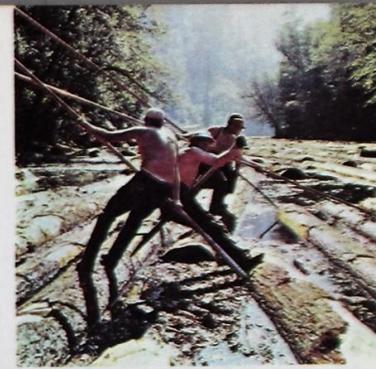
• **Procesamiento de los carbohidratos por los seres vivos**

Las moléculas gigantes de los polisacáridos son incapaces de difundirse a través de las finas membranas celulares, y por ello los animales deben recurrir a mecanismos especiales para desdoblar o descomponer estas moléculas en sus unidades constitutivas.

Así, la saliva del hombre posee un fermento especial, la **تيالina**, que desdobra el almidón hasta la maltosa (disacárido). Posteriormente, otros fermentos presentes en los jugos intestinal y pancreático se encargan de descomponer la maltosa en glucosa, para hacer posible la asimilación. Esto se debe a que sólo los monosacáridos pueden pasar a través de los tejidos vivos. Ya en el interior de una célula, estos azúcares sencillos pueden volverse a organizar en forma de polisacáridos.

Los vegetales fabrican sus propios carbohidratos, de allí que no tengan el problema de la asimilación. Sin embargo, también recurren al desdoblamiento, cuando necesitan utilizar los almidones de reserva.

Un polisacárido característico de las plantas es la **celulosa**, sustancia que se aprovecha en la industria para elaborar el papel. La celulosa está formada por eslabones de glucosa fuertemente ligados, razón por la cual son pocos los organismos que los pueden separar con sus jugos gástricos. Animales herbívoros como la vaca, el caballo y la oveja se nutren con ella, pero gracias a la acción de unos microorganismos que



Madera, fuente de celulosa.

habitan en sus intestinos pueden desdoblar sus moléculas y asimilarla.

La sangre de los animales solo permite una limitada cantidad de azúcar, el exceso trae graves consecuencias para el funcionamiento del organismo. El hígado es el órgano que se encarga de regular dicha cantidad; cuando es excesiva la retiene dentro de sus tejidos en forma de glucógeno, y la devuelve a la sangre de acuerdo a las exigencias energéticas del organismo.

4. **Las grasas o lípidos y la vida**

Las grasas o lípidos son compuestos tan importantes como los carbohidratos, y así como éstos, se encuentran integrados por átomos de carbono (C), hidrógeno (H) y oxígeno (O), aunque como es lógico, con una disposición diferente de sus átomos. Dentro de este grupo están incluidos los aceites y las grasas.

Su importancia biológica radica en que son grandes almacenes de energía, aún superiores a los hidratos de carbono.

Tanto plantas como animales están capacitados para elaborar grasas y aceites. Aquellos vegetales que los producen en alta proporción, como el mani,

aguacate y coco, reciben el nombre de oleaginosos.

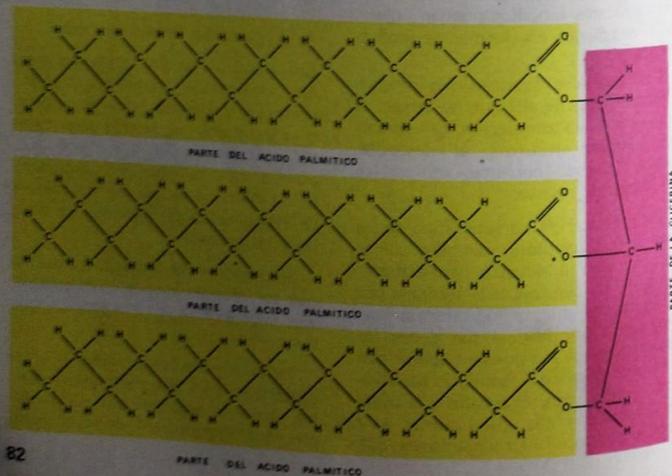
En los animales forman gruesas capas bajo la piel, las cuales constituyen energía de reserva y son al mismo tiempo, reguladores de la temperatura.

Las grasas no son solubles en el agua; si se mezcla una grasa con agua, se obtiene una sustancia cremosa, pero pronto se formarán dos capas bastante diferenciadas, de las cuales, la superior corresponde a la grasa. Por el contrario, resultan bastante solubles en alcohol, donde se disuelven por completo en pocos segundos.

La leche de los mamíferos contiene una cierta cantidad de grasa, la cual se halla dispersa en el líquido en forma de gotas pequeñísimas, a manera de una emulsión; las goticas son únicamente visibles al microscopio.

La ilustración representa la molécula de una grasa. Químicamente, todas las grasas tienen un componente

Estructura de la palmitina.



común derivado de la glicerina, puesto que provienen de la reacción de la "glicerina" con los llamados "ácidos grasos".

La glicerina es un compuesto de 3 átomos de carbono que llevan adionados hidrógeno y oxígeno. Los ácidos grasos son largas cadenas de carbono, en uno de cuyos extremos sobresale un conjunto químico especial, llamado grupo ácido ( $-\text{COOH}$ ), el cual le da las principales características al compuesto.

Para la formación de las grasas, una molécula de glicerina se combina con tres moléculas de ácidos grasos; en cada punto de unión se elimina una molécula de agua. En la palmitina, grasa a la que corresponde la fórmula de la figura, la parte derecha corresponde al aporte de la glicerina, y cada cadena es el aporte de una molécula de ácido graso.

Existen grasas cuya molécula es más grande que la palmitina, lo cual obliga

a los animales a desdoblárlas para hacer posible su asimilación. En el hombre, los jugos digestivos se encargan de esta labor.

Como es natural, el rompimiento de una grasa origina glicerina y ácidos grasos, moléculas pequeñas que están en capacidad de atravesar las membranas de las células.

### 5. Las proteínas: compuestos básicos de la materia viva

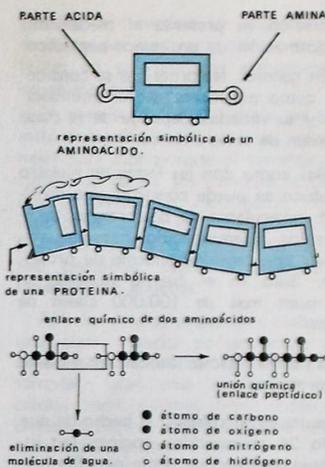
Las proteínas son quizás los compuestos más representativos de la materia viva, porque de la misma manera que un edificio se halla estructurado fundamentalmente de ladrillos y cemento, así también los tejidos vivos están conformados por material de naturaleza protéica.

Las moléculas de estos compuestos se distinguen por su gran tamaño, por lo cual se les conoce como **macromoléculas**. Una proteína comprende miles de átomos, principalmente carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno.

Otros elementos como el magnesio, el fósforo y el azufre, integran aunque en menor proporción, esta clase especial de compuestos.

Mientras los hidratos de carbono y las grasas están formados por carbono, hidrógeno y oxígeno, las proteínas introducen un cuarto y decisivo elemento: el **nitrógeno**, quien verdaderamente da a estas sustancias las propiedades que las diferencian del resto.

Una molécula de proteína es bastante parecida a la de un almidón, tanto en su tamaño como en su organización, pues también está integrada por pequeñas unidades. La conformación de una molécula de proteína guarda bastante parecido con un tren de muchos vagones enlazados entre sí. Así como en un tren hay vagones de diferente forma y funcionalidad (va-



Enlace peptídico.

gón de la máquina, de los viajeros, de carga), con las unidades que conforman las proteínas sucede algo similar.

Los "vagones" o unidades estructurales de las proteínas son los **aminoácidos**, compuestos cuya principal característica es la de presentar el grupo ácido ( $-\text{COOH}$ ) y el grupo amino ( $-\text{NH}_2$ ). En los seres vivos existen aproximadamente 24 clases diferentes de ellos, con los cuales se pueden obtener un número ilimitado de combinaciones.

Los aminoácidos reaccionan entre sí para formar cadenas de docientos y más eslabones. A pesar de su diversidad, la clase de unión que se realiza entre ellos es esencialmente la misma. Se enlazan por medio del grupo ácido y el grupo amino, eliminando una molécula de agua; esta clase de unión recibe el nombre de **unión peptídica**, y presenta alguna similitud con la de los carbohidratos y las grasas. En la

ilustración se presenta el mecanismo de formación de un enlace peptídico.

En general, las proteínas se consideran como polímeros de los aminoácidos y su variedad depende de la clase y orden de estos últimos.

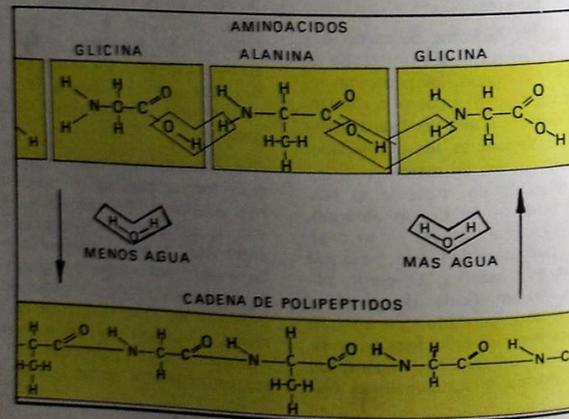
Así como con las letras de nuestro alfabeto se puede construir una cantidad incalculable de palabras, así también los 24 aminoácidos naturales originan una cantidad enorme de proteínas. Sólo en el cuerpo humano se conocen más de 100.000 clases de ellas.

• El orden: factor fundamental de las proteínas

Resulta extraordinario el hecho de que sólo 24 aminoácidos originen tan inmensa variedad de proteínas. Sin embargo, ésto se explica porque cualquier molécula de proteína puede contener miles de aminoácidos, lo cual da una variedad incalculable de posibles combinaciones.

En esta forma, cobra especial importancia la secuencia específica de los

Formación de polipéptidos.



aminoácidos dentro de la molécula, basta un pequeño cambio en dicho orden, para que la mayoría de sus propiedades se transformen. Por esta razón, en cada organismo se encuentran miles de proteínas diferentes, y existe la posibilidad de que algunas de las proteínas de un ser vivo sean únicas. En realidad, es la gran variedad de proteínas la que hace posible también, la inmensa variedad de células, órganos y tejidos.

En la parte inferior aparecen las fórmulas de algunos aminoácidos; en ellas se aprecian algunas semejanzas y diferencias. La ilustración se complementa con los mismos aminoácidos, pero enlazados, formando una pequeña parte de una molécula de proteína.

Generalmente, cuando se trata de una proteína cuya cadena no pasa de los 50 aminoácidos se le conoce con el nombre de polipéptidos. Es la unión de polipéptidos la que origina las grandes moléculas de las proteínas propiamente dichas, en las que el número de unidades puede pasar de 100.000.

• Las proteínas como alimento

A diferencia de los hidratos de carbono y las grasas, la función de las proteínas no es energética, sino plástica. Básicamente, los elementos estructurales de la materia viva son las proteínas. Tanto los huesos como los músculos en los animales, y los diversos tejidos vegetales, están conformados por estas sustancias. Esto explica la importancia de dichos compuestos en relación con el mundo biológico.

Las plantas verdes elaboran todos los aminoácidos a partir de complicadas reacciones químicas entre los carbohidratos y los materiales que incorporan del suelo. Ya con los aminoácidos sintetizados, construyen una amplia gama de proteínas.

Los animales no están en capacidad de fabricar todos los aminoácidos que requieren. El organismo humano, por ejemplo, sólo es capaz de elaborar quince de los veinticuatro aminoácidos esenciales. Por esta razón, los faltantes debe obtenerlos de su dieta alimenticia, bien sea comiendo plantas que sí los contienen, o carne de animales rica en ellos.

• Las proteínas y su digestión

El proceso de digestión de los compuestos protéicos es más complicado que el de los hidratos de carbono y las grasas. Los animales necesitan someter estas sustancias a un ablandamiento y preparación adecuados, para poder assimilarlas. Los animales de régimen típicamente carnívoro poseen unos jugos digestivos bastante fuertes, con el fin de poder realizar el desdoblamiento de las proteínas de la carne.

El hombre utiliza la cocción previa de los alimentos para facilitarle el trabajo al sistema digestivo. En el interior del organismo, los jugos gástricos, pan-

creático e intestinal se encargan de descomponer las largas cadenas de proteínas en sus unidades estructurales, los aminoácidos.

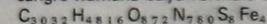
El tamaño de estos últimos les permite atravesar las vellosidades intestinales para incorporarse al torrente circulatorio, quien los conduce a cada una de las células. Finalmente, en el interior de todas las células, los aminoácidos vuelven a enlazarse para formar proteínas, según la exigencia y necesidad de aquellas.

Así, las células musculares elaboran una clase especial de proteínas, de acuerdo con el trabajo que deben desarrollar. Igual cosa ocurre con las células óseas, quienes deben construir ciertas proteínas que les den la resistencia que necesitan.

La elaboración de proteínas dentro de un ser vivo no se cumple al azar, sino bajo órdenes y leyes perfectamente establecidas. Cada célula es una fábrica perfecta, que organiza los aminoácidos según su criterio y necesidad. Esto explica por qué, en un organismo se pueden encontrar proteínas que no existen en ningún otro. Precisamente, éste es el principal problema que enfrenta la medicina en el campo de los trasplantes de órganos e injertos de tejidos. Tal parece que el organismo conociera sus proteínas y cuando nota la presencia de un órgano con proteínas extrañas, lo rechaza. De allí, que los injertos de músculo y piel se realicen, generalmente con partes de un mismo individuo.

• Algunas clases de proteínas

Una de las proteínas más familiares es la hemoglobina o pigmento rojo de la sangre humana cuya fórmula es:



Esta cantidad de átomos nos da una idea del gran tamaño de la molécula.

La función básica de la hemoglobina es transportar el oxígeno a todas las células, por lo cual es abundante en el organismo.

La **miosina** es la proteína que conforma los músculos y da a las fibras musculares resistencia y elasticidad. Otras proteínas son: la **osteína**, que constituye los huesos y la **queratina** que integra las uñas y el pelo.

#### • Las proteínas y las funciones vitales

Las proteínas, además de ser elementos estructurales, son instrumentos importantes en los procesos metabólicos.

La elaboración de las sustancias orgánicas y el control de dicha elaboración se realiza por la acción de un grupo especial de proteínas llamadas **enzimas** o **catalizadores biológicos**. Su misión es la de acelerar las reacciones químicas del organismo, pues algunas tardarían años en realizarse sin la intervención de estos compuestos. La **pepsina**, enzima presente en el jugo gástrico, cataliza el desdoblamiento de los alimentos proteicos.

Existe otro grupo especial de proteínas, que regula y controla los procesos biológicos, denominadas **hormonas**. La **insulina** es la hormona que mantiene el equilibrio de azúcar en la sangre; su deficiencia causa la diabetes en los animales superiores.

#### Conceptos Fundamentales

**Protoplasma.** Sinónimo de materia viva.

**Bioelementos.** Elementos químicos constituyentes de la materia viva.

**Hidrocarburos.** Compuestos químicos cuyas moléculas están exclusivamente formadas por carbono e hidrógeno.

**Biocompuestos.** Compuestos químicos característicos de la vida.

**Carbohidratos.** Compuestos formados por carbono, hidrógeno y oxígeno, en los cuales estos dos últimos guardan la misma proporción que en el agua.

**Proteínas.** Moléculas grandes, en forma de cadenas, que están hechas de moléculas más pequeñas llamadas aminoácidos.

**Lípidos o grasas.** Compuestos orgánicos constituidos por ácidos grasos y glicerina.

**Polimerización.** Proceso químico por el cual, moléculas semejantes se enlazan entre sí, para originar nuevos compuestos, así por ejemplo, la glucosa se polimeriza para formar el almidón.

#### • Otros biocompuestos

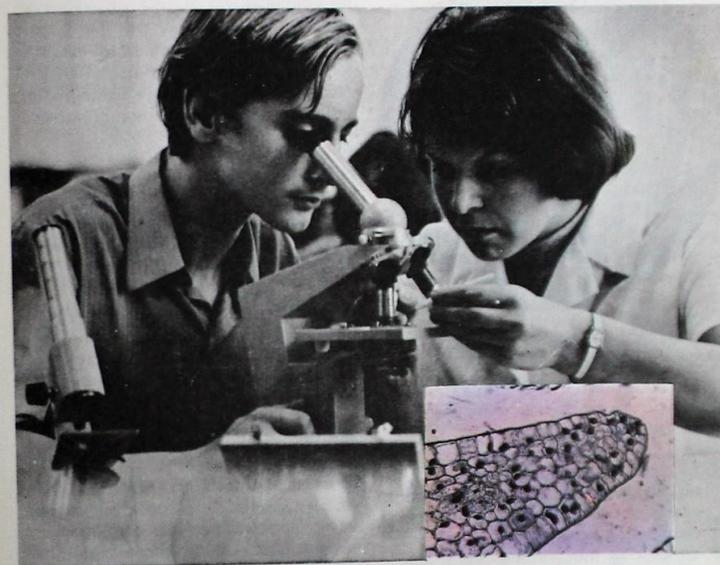
Además de los anteriormente nombrados, la materia viva posee los **ACIDOS NUCLEICOS**, cuyo análisis se hará en la siguiente unidad.

También se destacan los **alcaloides**, compuestos nitrogenados que se distinguen por sus efectos fisiológicos, que van desde su acción analgésica y curativa hasta la toxicidad; son comunes en las plantas y entre ellos podemos citar el opio en la amapola.

En los animales está la **adrenalina**, alcaloide que aumenta la irrigación sanguínea. Otro grupo es el de los **ESTEROLES** o **alcoholes cristalinos**, entre los que se destaca el **colesterol**, propio de los animales, abundante en el cerebro y la médula espinal. En las plantas se halla el **ergosterol**, que por acción de los rayos solares se transforma en **calciferol** o **vitamina D**.

Los **hidrocarburos TERPENICOS** forman otra serie de compuestos, cuyos constituyentes determinan la fragancia de las plantas como la mentona de la menta y el alcanfor del alcanforero; otros son pigmentos vegetales como el **licopeno**, que da el color al tomate.

También existen varios compuestos derivados como los **fosfolípidos** y los **glicolípidos**, de una gran importancia.



Microscopio.  
Tejido vegetal.

#### LA CELULA Y LA VIDA

La complicada maquinaria de un ser viviente, es un conjunto integrado por pequeñísimas unidades conocidas con el nombre de **células**.

La vida de las plantas y animales superiores está determinada en parte, por la acción de la nutrición, el movimiento y la reproducción, procesos resultantes de la acción de miles y miles de células que forman los aparatos digestivo, respiratorio, locomotor y reproductor. Por lo anterior, la célula es la unidad fundamental de la vida.

De gran interés para la Ciencia es el estudio de la estructura de los seres vivos; es así como sus investigaciones van desde las partes visibles de un ser, a las partes minúsculas, mediante el empleo de instrumentos adecuados para llegar a ellas.

Las investigaciones de los biólogos no terminan al reconocer la célula como la unidad ínfima del ser, sino que continúan con el análisis del contenido celular y el estudio de la manera como funciona cada una de sus partes.



Células vegetales por Robert Hooke.

El conocimiento de la célula implica una serie de problemas, entre los que se destacan:

1. El reducido tamaño de sus estructuras; de ahí la necesidad de utilizar aparatos que las amplíen una gran cantidad de veces.
2. Su carácter transparente lo cual obliga al uso de sustancias químicas que la colorean, sin desorganizarla.

#### A. INVESTIGACIONES CELULARES A TRAVÉS DEL TIEMPO

Los antiguos griegos como Aristóteles conocieron bastante sobre los distintos órganos que constituyen un ser, sin llegar en ningún momento a reconocer la célula como unidad constitutiva de ellos; en aquel tiempo no existían aparatos para ampliar las imágenes como los microscopios.

El primer microscopio compuesto fue fabricado en 1600, pero sus lentes eran bastante deficientes y producían imágenes borrosas. Mediante el perfec-

cionamiento en la pulida de los lentes, sólo 35 años después se construyeron microscopios adecuados para observar los seres vivos.

El microscopio compuesto fue mejorado por el científico inglés ROBERT HOOKE, en 1665 quien examinó un tejido vegetal conocido con el nombre de corcho.

La ilustración nos muestra dicha observación; en su informe explica que tal tejido estaba constituido por pequeñas celdillas dispuestas a manera de panal a las cuales llamó **células**.

ROBERT HOOKE fue el primero en utilizar el término célula pero sin atribuirle ninguna importancia biológica ni morfológica, porque él observó paredes celulares de tejidos muertos y en realidad, no vio células tal como las concebimos ahora.

En el año de 1677 ANTONIO VAN LEEUWENHOEK, al observar células vivas encontró que ellas contenían un líquido claro, al que más tarde DUJARDEN lo llamó **Sarcoda** o Jugo Celular.

ROBERT BROWN en 1831 publicó sus investigaciones sobre la célula en las cuales anuncia, el descubrimiento de una nueva parte de ella: el núcleo. Dichas observaciones las realizó en orquídeas, y explica que en los distintos cortes observados, se encontraron células con unas manchas granulosas ligeramente convexas, por lo general situadas en el centro de ellas.

El botánico MATIAS SCHLEIDEN, en 1838 hacía observaciones de diferentes vegetales y casi al mismo tiempo, 1839, TEODORO SCHWANN trabajaba con tejidos animales; comparan-

do sus observaciones llegaron a concluir que todos los seres vivos estaban formados por células que actuaban independientemente, pero que en los seres pluricelulares funcionaban acordes. Estas deducciones dieron base a la **teoría celular**.

En 1879 WALTER FLEMING, gracias al descubrimiento de nuevos colorantes y al perfeccionamiento de los instrumentos ópticos, pudo seguir el proceso de **división del núcleo**. Observó la formación de pequeños hilos, los cuales se dividían para formar dos regiones que daban origen a dos nuevas células; a este procedimiento se le conoce como **mitosis**. Sus investigaciones lo llevaron a la conclusión de que el núcleo era responsable de la **reproducción celular**.

Fueron tan buenas las gráficas presentadas por Fleming, que diferían muy poco de las logradas en 1922 por otros biólogos; esto lo demuestra la ilustración comparativa adjunta. A partir de 1930 se dio un avance rápido en el conocimiento de la célula con la invención del microscopio electrónico, el cual, con ayuda de ondas electrónicas revela placas fotográficas y amplía el tamaño de la célula unas 100 mil veces.

Los primeros modelos celulares fueron dados a conocer en 1932. En ellos se observan partes más nítidas que permiten, mediante el análisis secuencial de las fotografías, llegar a indicar las funciones que realizan cada una de ellas.

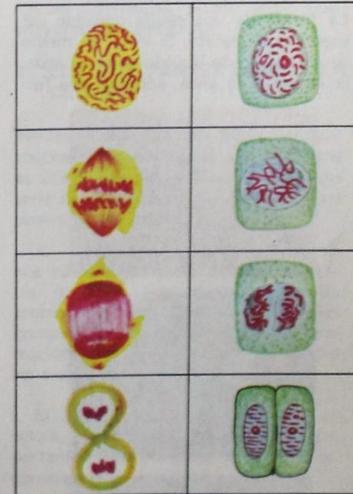
Con la recopilación de todos los datos extraídos de las observaciones y descubrimientos se perfeccionó la **teoría celular**, de la cual se pueden obtener tres principios fundamentales, a saber:

- La célula es la unidad anatómica de los seres vivos

Todos los organismos vivos están constituidos por una unidad fundamental que es la célula.

- La célula es la unidad fisiológica

Cada célula de un ser es un "verdadero organismo"; en medio de su pequeñez realiza todas las actividades de la vida. Una prueba de este hecho la constituyen los seres unicelulares; la única célula que los conforma cumple con la nutrición, la respiración y la reproducción. En igual forma, las funciones realizadas por un tejido o por un órgano, son el resultado de la actividad individual de cada célula.



Mitosis por Fleming - Mitosis actual.

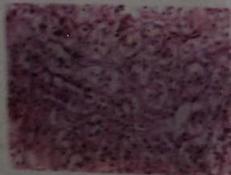
• La célula es la unidad de origen

La vida de un organismo empieza por una célula. "Tanto los animales unicelulares como los pluricelulares se originan de una sola célula, que se le conoce con el nombre de huevo o cigoto".

Como resultado de la teoría celular surgió la idea de que desde la aparición de la vida ha existido una continuidad celular: a partir de las células primitivas se han formado todas las que actualmente constituyen los seres vivientes. Esto supone que la herencia o semejanza de los seres ha sido transmitida a través de ellas con ligeros cambios a través del tiempo.

## B. LA FORMA Y TAMAÑO DE LAS CELULAS

La forma de una célula depende del lugar donde habita. Si viven en medio de un contenido líquido como el agua, la sangre o la savia, adoptan una for-



Células animales y vegetales.  
Corte de hojas.

ma más o menos esférica. Cuando se hallan en conjunto formando tejidos reciben diferentes presiones en cada una de sus caras; debido a ello adquieren formas irregulares muy variadas.

Las formas más comunes en las células las podemos observar en la ilustración y son las siguientes:

1. **Isodiamétricas** o esféricas las cuales se caracterizan por poseer aproximadamente tres ejes iguales; entre estas podemos citar, los leucocitos o glóbulos blancos de la sangre y las bacterias conocidas con el nombre de cocos.

2. **Aplanadas** son aquellas en las cuales, de sus tres ejes, dos son mayores; estas células son propias de los animales pluricelulares, donde forman los tejidos pavimentosos como la epidermis y las mucosas de la boca.

3. **Alargadas** estas células tienen un eje mayor que los otros dos; aparecen en los animales tapizando el tubo digestivo, en las fibras musculares y en las bacterias.

4. **Irregulares** a este grupo corresponden aquellas células no clasificables en los grupos anteriores, tales como las neuronas o células nerviosas. Ellas poseen una cantidad de prolongaciones, que les dan una forma estrellada; también las amibas son irregulares. Finalmente, tanto las células animales como vegetales adquieren una forma característica de acuerdo al oficio que desempeñan.

El tamaño de las células varía notablemente; las hay "gigantes" como la de un huevo de ave y de tamaño mínimo como las bacterias, cuyas dimensiones van desde 0,1 hasta los 0,001 milímetros.

Este reducido tamaño permite que en un centímetro cúbico alcancen aproximadamente de uno a mil millones de ellas.

En los animales pluricelulares las células no son tan pequeñas, así por ejemplo: los leucocitos de la sangre del hombre tienen un tamaño normal de 0,008 a 0,012 milímetros. Las yemas de los huevos de las aves son las células más grandes, entre las que sobresale la del avestruz con 7,5 centímetros.

Los tamaños de las células no dependen de lo grande o pequeño que sea el ser viviente; así, las células de la rana son más voluminosas que las del hombre. En general las células de las plantas son más grandes que las de los animales, con contadas excepciones.

## C. COMPOSICION QUIMICA DE LA CELULA

Los materiales constitutivos de la célula son los bioelementos, entre los que se destacan el oxígeno, el carbono, el hidrógeno y el nitrógeno, quienes ocupan el 95%; el 5% restante corresponde al azufre, el potasio, el sodio, el hierro, el fósforo, el magnesio y el calcio.

Todos estos elementos se unen entre sí para formar compuestos, de los cuales el más abundante es el agua que forma del 80% al 95% de toda materia viva; también hay proteínas, grasas, azúcares y minerales. De dichos compuestos, los más característicos son las proteínas, formados por la unión de carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, azufre y fósforo.

Estas sustancias forman el eje estructural de la materia celular. Existen otros elementos que no son comunes

para todas las células pero que los contienen la mayoría como el yodo, el bromo y el boro, razón por la que se les denomina **elementos frecuentes**. Otros existen en una cantidad mínima de seres vivos y se les denomina **accidentales** como el telurio, el mercurio, el cobalto y el níquel.

Toda esta agrupación de compuestos conforman el protoplasma o conjunto material donde se cumplen las manifestaciones de la vida.

El protoplasma, a pesar de estar conformado por los mismos bioelementos, es diferente de un organismo a otro; incluso es distinto entre los seres de una misma especie.

Los equinos hembras y machos presentan diferencias, siendo desde luego mayores sus semejanzas.

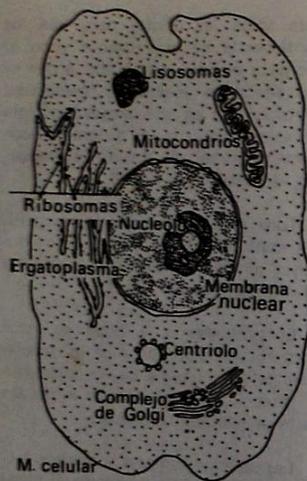
## D. ¿DE QUE PARTES CONSTA LA CELULA?

Hemos visto que las células ofrecen muchas formas aunque su protoplasma es único. Por tal razón, presentan una serie de estructuras comunes, entre las cuales se destacan:

1. **Núcleo.** Cuerpecito más o menos esférico formado por una sustancia de color ligeramente oscuro, la **cromatina** integrada por moléculas complejas, portadoras de "la programación" que determina la forma del ser vivo.

El núcleo gobierna la vida de la célula, mediante la realización de importantes funciones, que todavía no se conocen en su totalidad.

2. **Citoplasma.** Comprende la porción de la célula en la cual flota el núcleo. Está constituido por proteínas



M. celular

Modelo celular.

que flotan en un medio acuoso; su apariencia es comparable a la clara de un huevo de ave.

En él existen estructuras o cuerpitos que desempeñan importantes funciones en el metabolismo celular.

El citoplasma semeja un taller porque allí es donde ocurren los procesos de construcción biológica.

**3. Membrana celular.** Es el límite que separa la célula del medio. Esta fina y delicada tela rodea al citoplasma, al cual protege y ayuda en sus funciones.

La membrana sostiene toda la materia viva de la célula, a la vez que regula la entrada y salida de sustancias como el agua y los gases.

La membrana celular es materia viva y por ésto no es una barrera aislante sino que por el contrario, permite el

paso de los nutrientes y la salida de todos los desechos de la actividad celular.

Algunas células presentan otra membrana que se le conoce como pared celular, formada por materia no viva; es típica de los vegetales y tiene un carácter rígido, responsable de la consistencia de las plantas; para dejar pasar las sustancias posee una cantidad de perforaciones que ponen en comunicación las células y el medio; su única función es dar soporte y firmeza a los órganos vegetales.

### E. ORGANIZACION DEL TRABAJO CELULAR

Del análisis anterior concluimos que las funciones realizadas en el protoplasma están dirigidas por el núcleo, del cual podríamos decir que es el "cerebro" de la célula, a donde llegan todos los datos y de donde se imparten todas las órdenes.

El citoplasma ejecuta las órdenes provenientes del núcleo; en su seno se cumplen las reacciones que suministran energía al ser vivo, lo mismo que la elaboración de los materiales constitutivos de la célula.

La membrana es como el departamento de "relaciones públicas" de una empresa, pues se encarga del aspecto interaccional de la célula y el medio. La función primordial es regular el tránsito de los materiales; sus finísimos poros dan paso únicamente a las moléculas de tamaño pequeño, a las que somete a un proceso de selección, pues no todas las sustancias tienen cabida en el interior celular.

Gracias al trabajo coordinado de núcleo, citoplasma y membrana, la célula

mantiene el extraordinario balance que caracteriza la vida.

### F. ANALISIS DE LAS PARTES CELULARES

Siendo el núcleo, el citoplasma y la membrana partes comunes a todas las células, resulta interesante conocer en detalle sus estructuras con el fin de comprender los mecanismos y fenómenos vitales. Cada una de dichas partes encierra formaciones especiales, tan sólo visibles al microscopio electrónico; es allí donde radica el misterio de la vida.

#### 1. Membrana celular

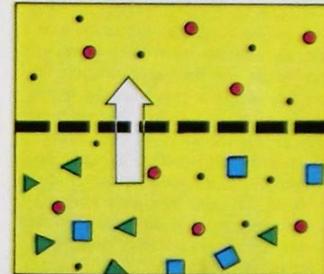
##### a. Concepto

Recordemos que la membrana es la telilla externa, generalmente transparente que envuelve a la célula, cuya función es servir de elemento de sostén y protección.

La permeabilidad que la caracteriza hace posible el intercambio de líquidos y gases. Para cumplir a cabalidad con este cometido, la membrana presenta el llamado "poder selectivo", mediante el cual, está en capacidad de dejar entrar únicamente a las sustancias necesarias, e impedir el paso de sustancias innecesarias y nocivas.

En los seres pluricelulares, cada célula selecciona en mayor o menor cantidad, determinada sustancia según sea la función que desempeñe. Por ejemplo, las células adiposas, cuya misión es la de almacenar grasa, seleccionan preferencialmente ácidos grasos y glicerina, unidades que conforman las grasas. Las células musculares mostrarán preferencia por los carbohidratos, debido a su poder energético.

La permeabilidad de la membrana celular es mayor para aquellas sustan-



Permeabilidad selectiva de la membrana celular.

cias de moléculas pequeñas, cuyo paso se realizará con más rapidez. A medida que dicho tamaño aumenta, la velocidad de difusión decrece. La capacidad de solubilización también influye en este aspecto; así, aquellas sustancias que son solubles únicamente en el agua viajarán más lento que aquellas que se disuelven también en las grasas; esto se debe a que las sustancias grasas son componentes de la estructura de la membrana celular.

El paso de las diferentes partículas por la membrana se realiza gracias a los poros de diferente diámetro esparcidos en la superficie, tal como lo demuestra la gráfica.

Por cada poro pasan sustancias disueltas en cualesquiera de las dos direcciones: de afuera hacia adentro o viceversa.

Las células están en un medio líquido, generalmente acuoso, que posee sustancias disueltas en diferentes cantidades, razón por la cual presenta distintos grados de concentración.

El contenido celular aumenta o disminuye de acuerdo a la diferencia de concentración existente entre el interior de la célula y el medio externo.

Gracias al principio de **difusión**, según el cual las moléculas de un gas o un líquido se trasladan desde los lugares donde son abundantes a otros en donde están en menor cantidad, las sustancias viajan a través de la membrana celular. Cuando la solución acuosa protoplasmática es más concentrada que la del medio, el agua penetra en la célula mediante el movimiento de ósmosis. Mediante mecanismos similares, muchas de las sustancias disueltas en el medio llegan también al interior de la célula.

En general los intercambios celulares de sustancias se realizan por difusión y ósmosis, fenómenos que se realizan bajo determinadas condiciones, entre las que podemos citar:

- Cuando la solución extracelular es más concentrada que la solución intracelular las moléculas de agua que en este caso son más abundantes dentro de la célula, saldrán de ella con el fin de nivelar las concentraciones; para que ocurra esta situación el líquido externo debe ser **hipertónico** con respecto a la célula.
- Si el líquido extracelular es menos concentrado que el intracelular, como normalmente ocurre, el paso del agua se realizará de afuera hacia adentro de la célula, porque el medio externo es **hipotónico** respecto al contenido celular.
- Cuando la concentración de los líquidos intra y extra celulares es la misma, el paso del agua se realiza con idéntica intensidad en ambos sentidos, es decir, la que penetra es igual a la que sale. Es el caso del plasma sanguíneo y el líquido celular que aparecen con igual concentración (**isotónicos**) cuando el ser vivo está en actividad normal.

El aumento o disminución del contenido acuífero, altera la forma de la célula. Así, cuando hay pérdida de agua, la célula disminuye de volumen y le aparecen rugosidades. Por el contrario, cuando la célula absorbe agua, aumenta de volumen y se torna erecta y firme, es decir, **turgente**.

Muchas células poseen la propiedad de "bombear" agua y otras sustancias de un lado a otro de la membrana con el fin de mantener en su límite normal el contenido líquido. El paramecio, organismo formado por una sola célula, regula su cantidad de agua mediante la "vacuola pulsátil", diminuto mecanismo que expulsa de manera intermitente el exceso de agua; de lo contrario, la penetración de dicho líquido a la célula sería tal que llegaría a estallarla. También podemos analizar este fenómeno en las células humanas, quienes poseen una concentración mayor que la de la solución que las rodea.

La difusión en los tejidos vivos resulta en ocasiones demasiado lenta, hasta el punto de que algunas sustancias necesitan una gran cantidad de tiempo, días y en ciertos casos hasta semanas, para realizar el paso de la membrana celular; este fenómeno limita la cantidad de materiales disponibles para la célula.

Los líquidos celulares tienen carácter ácido, el cual tiene un límite pequeño de variabilidad; cuando se producen cambios exagerados del índice de acidez (PH), la célula sufre graves trastornos, hasta el punto de llegar a perecer.

Para conservar el PH dentro de los límites normales, la célula debe realizar un intercambio de sustancias ácidas, básicas y de agua a través de la

membrana, o producir reacciones entre ellas para formar nuevos compuestos.

El intercambio entre la célula y su medio es un trabajo que como tal necesita energía; ésta proviene de los enlaces de los compuestos, energía que queda "libre" gracias a las reacciones que ocurren en el citoplasma.

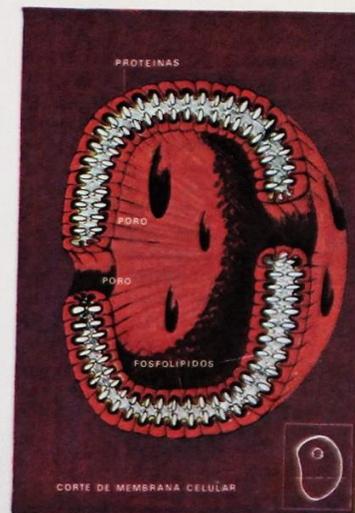
#### b. Crecimiento de la membrana celular

Las células jóvenes de los organismos poseen una membrana delgada, elástica y poco resistente, lo cual da a la célula una forma redondeada.

Sin embargo, a medida que la célula madura y envejece, su membrana se torna fuerte, resistente y poco elástica, a causa de su natural desarrollo. El crecimiento de la membrana se realiza en dos sentidos, a saber: aumento de su superficie y aumento de su espesor.

El **crecimiento en superficie** se debe a la interposición de nuevas sustancias entre las existentes: en esta forma, aumenta la extensión de la membrana, lo cual origina una mayor capacidad intracelular. Cuando las sustancias se intercalan proporcionalmente en todas las partes de la membrana, la célula conserva su forma original. Sin embargo, si tal intercalación se efectúa preferentemente en una dirección, la célula se torna alargada y, si se efectúa en tres direcciones, en una de las cuales el crecimiento es más lento que en las otras dos, se origina una célula aplanada.

• El **crecimiento en espesor** de la célula se produce por la superposición de nuevas capas en la membrana, las cuales son un producto de la actividad del protoplasma. En algunas células, dichas capas pueden ser tan numerosas



que reducen al mínimo el espacio extracelular; según la región que cubran, las células adoptan formas anilladas o de espiral.

En las células con paredes gruesas suelen formarse unos filamentos protoplasmáticos muy delgados conocidos con el nombre de **plasmodesmos**, los cuales atraviesan la membrana y ponen en comunicación las células vecinas, con el fin de facilitar el intercambio de materiales.

#### c. Partes de la membrana celular

A pesar de los grandes descubrimientos celulares no se ha podido determinar con exactitud la naturaleza físico-química de la membrana celular. Sin embargo, los estudios realizados con el microscopio electrónico indican que dicha membrana está formada por tres capas, con un espesor total de 120 Angstroms (1 Angstrom = 0,0000001 milímetros).

La capa interna y externa tienen cada una un espesor de 30 Angstroms y se encuentran formadas por proteínas. La capa intermedia de 60 Angstroms de espesor, está constituida por fosfolípidos.

Las tres capas descritas forman un solo conjunto, al que se conoce como "unidad de membrana", que se puede comparar con un emparedado (proteínas-lípidos-proteínas).

## 2. La pared celular

En las células vegetales y en algunos animales se halla presente, además de la membrana propiamente dicha, una envoltura adicional o **pared celular**, la cual les confiere dureza y resistencia.

En los vegetales está constituida por celulosa y en los animales por una sustancia blanda y suave como la albúmina de un huevo.

## 3. El citoplasma

### a. Generalidades

Está formado por una sustancia líquida de aspecto viscoso, que contiene una gran cantidad de gránulos en suspensión.

Los biólogos, en las investigaciones del citoplasma encontraron muchas dificultades, entre las cuales podemos destacar las siguientes:

- El citoplasma celular es sumamente frágil, y no conserva su forma y estructura al manipularlo.
- La transparencia de su contenido dificulta su observación al microscopio haciendo necesario el uso de colorantes, los cuales en ocasiones llegan a reaccionar con las sustancias citoplas-

máticas dando origen a muchos compuestos, que modifican su estructura.

- Algunos elementos estructurales son tan pequeños, que sólo pueden ser observados por medio de aparatos de gran aumento, como el microscopio electrónico.

Las anteriores y otras dificultades trajeron como consecuencia que los biólogos tuvieran diferentes interpretaciones, acerca del contenido del citoplasma, su organización, forma, etc. y se trabaron en controversias, las cuales sólo terminaron con el mejoramiento de las técnicas y el perfeccionamiento de los instrumentos.

Veamos algunos aspectos históricos desde las investigaciones iniciales hasta las concepciones modernas.

### b. Investigaciones sobre el citoplasma

Los primeros trabajos de que se tiene noticia, son los expuestos por Dujardin en 1835 y Butshell en 1879. Sus ideas acerca del citoplasma se resumen en el siguiente párrafo, extractado de los informes de sus investigaciones: "Es una sustancia perfectamente homogénea en la cual no se distinguen fibras, ni membranas como tampoco aspectos de organización".

Henneguy y Chodat demostraron que la estructura del citoplasma no es uniforme en todas las células, ya que la distribución y localización de los orgánulos que contienen varía de una célula a otra, aún en las de un mismo tejido.

Más tarde se identificaron en el citoplasma dos regiones: una en la parte exterior, de aspecto transparente, por lo cual se le dió el nombre de **hialoplasma** o **ectoplasma** y otra de

aspecto viscoso, cercana al núcleo, a la que se denominó **endoplasma** o **paraplasma**.

Altmann, reconoció en las regiones antes mencionadas una serie de granulecillas que se coloreaban, a las que llamó **bioplastos**, más concentrados en el endoplasma (paraplasma).

El descubrimiento de las vacuolas se debió al científico Kunstler quien las describió como "gran cantidad de pequeñas cavidades que contienen sustancias líquidas" (jugo celular).

Camilo Golgi, en 1898, descubre el cuerpo que lleva su nombre. Con el empleo del microscopio electrónico se pudo establecer que es una estructura citoplasmática con función específica, y no un artefacto creado por procesos de tinción y fijación, como muchos creían en ese tiempo.

Con el perfeccionamiento de instrumentos, a comienzos del siglo XX, se logra identificar y estudiar las demás estructuras citoplasmáticas. Algunas tan sólo pueden verse al microscopio electrónico, y la determinación de sus funciones es actualmente tema de investigación. A continuación estudiaremos la compleja organización citoplasmática.

### c. Características del citoplasma

La parte de la célula comprendida entre la membrana celular y la nuclear se le denomina citoplasma. Esta región posee las siguientes características:

- Es generalmente transparente, aunque en él se distinguen coloraciones debido a la presencia de sustancias en suspensión.
- Tiene gran elasticidad, lo cual le permite modificar su volumen de

acuerdo con la cantidad de líquidos que contenga. Esta propiedad la podemos observar, colocando un tejido en una solución hipertónica, observándose una disminución del volumen de las células por efecto de la salida del agua del citoplasma, o en una solución hipotónica con efectos contrarios.

Los cambios de volumen inciden sobre la concentración, viscosidad, densidad y consistencia del citoplasma; así, con abundante contenido de agua el citoplasma se hace transparente, poco viscoso y menos denso.

- El líquido citoplasmático presenta cierta viscosidad, la cual, por efectos de cambios en la temperatura y cantidad de agua, varía constantemente, haciendo que el citoplasma algunas veces tenga la apariencia de un líquido ligeramente viscoso y otras, la de un sólido gelatinoso. Así cuando el contenido de agua es abundante y la temperatura elevada, el líquido citoplasmático será menos viscoso, ya que dichos factores favorecen la disolución de las sustancias que contiene: en condiciones opuestas, se tendrá una mayor viscosidad.

### d. Constitución del citoplasma

El citoplasma está constituido en su mayor parte por agua, la cual está presente en un 70 a 90% por peso.

La actividad citoplasmática está determinada por el contenido de agua, habiéndose observado que, cuando su proporción se hace menor, disminuye considerablemente aquella actividad, hasta llegar a suspenderse todas las funciones.

Además de agua, se encuentran en el citoplasma otros biocompuestos como proteínas, lípidos, glúcidos y ácidos orgánicos.

Todos estos compuestos son elaborados y almacenados por orgánulos especializados, que describiremos a continuación.

- **Vacuolas:** son cavidades llenas de un líquido (jugo vacuolar) que contiene en disolución azúcares y sales principalmente; se forman y desaparecen continuamente, de acuerdo con las necesidades del citoplasma, regulando el intercambio de sustancias intra y extracelulares. Se conocen tres tipos de vacuolas:

**Vacuolas de jugo celular:** son pequeños globos esféricos de líquido, presentes en células vegetales y en mínima cantidad en células animales. Estas vacuolas pueden agruparse para formar lagunas.

**Vacuolas alimenticias:** son propias de individuos unicelulares como las amibas y el paramecio. Se forman por ingestión de alimentos, los cuales son transformados en sustancias asimilables, distribuidas por todo el citoplasma, gracias a su continua movilidad. Al final de este proceso quedan en la vacuola desechos de la actividad celular junto con agua que entra a medida que salen los productos asimilables. La vacuola entonces, se dirige a la superficie para romperse y dejar en libertad los residuos. Estas vacuolas no se presentan constantemente, sino de acuerdo con las necesidades alimenticias de la célula.

**Vacuolas contráctiles:** constituye un mecanismo regulador del agua citoplasmática: cuando el contenido de agua es abundante, estas vacuolas recogen el agua y se rompen a intervalos regulares, descargando su contenido al exterior.

- **Mitocondrias:** estas partículas tienen un tamaño diminuto, que oscila entre

98

2 y 3 micras; por esto, sólo se han podido observar con microscopios de grandes aumentos y técnicas especiales de coloración. La abundancia de mitocondrias varía, de unas veinte a más de mil, dependiendo de la clase de célula.

Poseen movimientos y cambian de forma y tamaño, se pueden nutrir entre sí, y dan origen a otras más grandes, o por el contrario, pueden subdividirse en otras más pequeñas.

Son muy diversas en su conformación; se presentan como gránulos o en forma de filamentos, como se indica en la ilustración. También suelen tomar apariencia de bastoncitos y todas estén cubiertas por una membrana.

Se les considera como "centrales eléctricas" de la célula, ya que en ellas se realiza la transformación de la energía química de los alimentos en energía útil para las distintas actividades, proceso que se conoce con el nombre de respiración celular.

- **Plastidios:** se presentan como pequeñas partículas que se encuentran exclusivamente en las células de las plantas exceptuando los hongos y algunas algas.

Los plastidios pueden tener coloración (cromoplastos) o carecer de ella (leucoplastos); éstos últimos se encuentran a menudo en plantas que no están expuestas a la luz, e intervienen en la formación de granos de almidón y gotas de grasa.

Los cromoplastos son plastidios que contienen diferentes pigmentos y comunican coloración a las distintas partes de la planta.

Se originan por transformaciones de los leucoplastos, al ser expuestos a la

luz y por la acción de una sustancia llamada cromatina que tiene como función seleccionar las radiaciones luminosas necesarias para el vegetal.

Los cromoplastos más abundantes en las plantas son los cloroplastos, llamados así por contener pigmentos verdes: la clorofila. El papel que desempeñan los cloroplastos es de gran importancia en la naturaleza, ya que mediante ellos, se sintetizan los alimentos necesarios tanto para plantas como para animales.

- **Centrosoma:** denominado también "esfera atractiva", es un corpúsculo propio de las células animales, que se localiza cerca del núcleo, cuando la célula está en reposo. Al microscopio se observa que el centrosoma está formado por fibras radiadas, dispuestas a manera de una estrella, y que contiene una o dos granulaciones, denominadas centriolos. El centrosoma toma parte activa en la división celular, y en algunos seres unicelulares controla la actividad y la formación de cilios y flagelos.

- **Retículo endoplasmático:** son filamentos tubulares que se extienden por todo el citoplasma, desde el núcleo hasta la membrana celular.

El retículo endoplasmático no es uniforme, presenta algunas partes "granulares", debido a la presencia de densas y diminutas partículas ricas en ácido nucleico, llamadas ribosomas, que son las encargadas de sintetizar proteínas.

El resto del retículo está formado por láminas lisas, quienes intervienen en la elaboración de esteroides (hormonas), en la conducción de sustancias y, a veces, de estímulos en el interior de la célula.

- **Aparato de Golgi:** presenta varias formas y modalidades, según la actividad secretorial de la célula. Está formado por una serie de canales y sacos unidos íntimamente por membranas y por un número variable de vacuolas.

Al microscopio se observa que este aparato parece tener continuidad con el retículo endoplasmático, pero no se ha logrado establecer con precisión la relación funcional de estos dos aparatos.

El aparato de Golgi, almacena las proteínas dentro de gránulos pequeños, liberándolas cuando la célula las necesita. Interviene en la elaboración de glúcidos y en la construcción de la pared celular en los microorganismos vegetales.

- **Lisosomas:** son órganos citoplasmáticos parecidos a las mitocondrias, pero se diferencian de estas por ser más pequeños.

Contienen numerosas enzimas, las cuales intervienen en el desdoblamiento de macromoléculas, para formar moléculas más sencillas.

Además de la función anterior, se cree que los lisosomas intervienen en la destrucción de partículas extrañas, en la disolución de estructuras que rodean al óvulo en el momento de la fecundación y en la destrucción de células seniles.

#### 4. El núcleo

##### a. Concepto

En la mayoría de las células vistas en el microscopio se observa una región más o menos oscura en forma de grano y que ocupa generalmente una parte central. Si por semejanza tomamos un durazno como célula, la parte comestible será el citoplasma y la semilla el núcleo; la almendra o semilla está cubierta por una cáscara que co-

responde a la membrana que envuelve al núcleo.

Esta región se encuentra bien definida y es propia en las células de plantas y animales superiores y en la mayor parte de los seres microscópicos.

#### b. Investigaciones sobre el núcleo

Las primeras observaciones del núcleo fueron efectuadas por Leeuwenhoek quien lo describió como una estructura tenue y ovoide, localizada en el centro de la célula; más tarde Robert Brown enfatiza su existencia al observarlo en células vegetales; pero las investigaciones y análisis sobre la importancia del núcleo en la acción vital de la célula sólo se inició hasta 1870.

Los primeros investigadores le dieron al núcleo un papel de importancia en la actividad celular diciendo que era la parte fundamental de todo el protoplasma.

Células con núcleos de diferente forma y posición.



Hoy, mediante los estudios realizados se dice que, en un todo celular no pueden existir puestos de primacía entre sus componentes, ya que todos dependen de todos y que las membranas celulares, el citoplasma y sus componentes, tienen tanta importancia como el núcleo y su constitución.

Uno de los más importantes investigadores de esa época fue Balbiani, quien inició el estudio con los animales unicelulares; utilizó frecuentemente la ameba a la cual logró extraerle el núcleo. Del análisis de las observaciones se concluyó que el animal podía realizar por un corto tiempo algunas reacciones vitales; así por ejemplo, podía efectuar su respiración, absorber algunas sustancias del medio en que se encontraba, pero no digerirlas, por esta razón, sobrevivía poco tiempo. La única forma para que la ameba actuara como ser unicelular, era colocándole su núcleo en el lugar original.

Al analizar el núcleo fuera del protoplasma se observa que tampoco puede sobrevivir por mucho tiempo; eso demuestra que existe interdependencia entre estas dos partes de la célula.

#### c. Características del núcleo

- **Procedencia.** El núcleo de una célula no se forma espontáneamente, sino que proviene de la duplicación del núcleo de la célula madre, durante la reproducción celular.

- **Forma.** Depende de la clase de célula en que se encuentre. En las células jóvenes, el núcleo es casi esférico; en células isodiamétricas y aplanadas es por lo general redondeado y en células alargadas, elipsoide.

Algunos organismos presentan formas nucleares especiales; así, por ejem-

plo, en ciertos insectos los núcleos poseen ramificaciones; en los infusorios el núcleo es bastante alargado, (dando el aspecto de un gusano) y en algunos glóbulos blancos el núcleo presenta ahorcamientos en diferentes partes (a manera de rosario).

En las ilustraciones correspondientes, podrás observar las formas anteriormente descritas.

- **Tamaño.** Generalmente, el núcleo es la estructura de mayor tamaño en la célula; sin embargo, su tamaño no pasa de unas 100 micras. Durante algunas fases de reproducción celular, el núcleo se observa más definido y parece que su tamaño aumentara.

El estado de desarrollo de la célula incide sobre el tamaño del núcleo; en una misma clase de tejido, las jóvenes presentan un núcleo más grande que las células viejas. Así mismo, algunas células al llegar al estado adulto, carecen completamente de núcleo; tal es el caso de los glóbulos rojos y ciertas células de plantas superiores, como las que forman los vasos cribosos.

- **Número.** En la mayoría de las células se encuentra un solo núcleo que ocupa una posición casi siempre central. Algunas células contienen dos o más núcleos: ciertas algas, ciertos hongos y mohos contienen varios de ellos, asociados con su correspondiente porción de protoplasma. Las células intestinales de algunos insectos, así como varios protozoarios poseen dos núcleos, y las células de la médula ósea pueden contener muchos núcleos.

Los leucocitos no poseen más de un núcleo, pero debido a sus estrangulaciones protoplasmáticas, aparentan ser polinucleados.

- **Posición.** Es generalmente central, pero puede desplazarse de acuerdo a la actividad protoplasmática, como la formación de vacuolas en el citoplasma.

Así, en algunos casos, el núcleo está próximo al lugar donde se realiza la acción especializada de la célula; por ejemplo, en las células vegetales que forman los pelos absorbentes de la raíz, el núcleo está en el extremo libre de la célula.

En otros casos, cuando se forman vacuolas centrales, lagunas o gotas de grasas, es desplazado de su lugar central junto con el resto citoplasmático y ocupa un lugar parietal.

- **Estructura del núcleo.** Cuando observamos el núcleo de una célula sin utilizar los colorantes, sólo distinguimos una estructura pálida en la región más o menos central de la célula, sin que se pueda llegar a distinguir nítidamente ninguna de las partes constitutivas del núcleo.

Si sometemos las células a la acción de reactivos o colorantes especiales, se pueden observar diferentes coloraciones dentro del núcleo, lo cual nos pone en evidencia que está constituido por varias partes y que éstas tienen composición química variada.

Para tener una idea más clara sobre su constitución, observemos las ilustraciones representativas de un núcleo en reposo para reconocer sus partes.

- **La membrana nuclear.** Es una membrana real y bien definida. Se puede comprobar su existencia pinchando el núcleo con una aguja micrométrica, la salida del líquido se aprecia por la

formación de rugosidades en la membrana.

Esta membrana posee pequeños poros que permiten la intercomunicación del contenido citoplasmático con el jugo nuclear. La membrana nuclear no es constante a través de la vida celular, puesto que desaparece cuando empieza la reproducción celular, volviendo nuevamente a aparecer al finalizar ésta.

• **Jugo nuclear.** En el interior de la membrana se encuentra un líquido viscoso y en suspensión, filamentos y granulaciones dispuestos en diferentes formas.

Los filamentos pueden encontrarse entrecruzados a manera de pequeñas redes o también en forma alargada como las larvas de algunos insectos.

Las granulaciones se encuentran en medio de las redes cromáticas o repartidas indiferentemente en el núcleo; se les conoce con el nombre de granulaciones cromáticas.

• **Nucleolos.** Con frecuencia en el jugo nuclear se observan unos corpúsculos más o menos grandes y redondeados, en algunas células se encuentran sueltos y en otras forman parte de la red nuclear. El número de nucleolos es variable, en las células de los animales superiores se encuentran de 1 a 5 y en los inferiores generalmente 1 ó 2. Los nucleolos no son permanentes en la célula, ya que desaparecen cuando empieza la división celular y nuevamente se regeneran al terminar ésta.

#### G. DINAMISMO DE LOS COMPONENTES CELULARES:

Los principales compuestos en una célula son el agua, los carbohidratos, los

lípidos, las proteínas y los ácidos nucleicos con diferentes funciones para darle vitalidad al ser.

Estos compuestos se encuentran en la célula como constituyentes de cualquiera de sus partes; también pueden ser sustancias que se necesitan para la obtención de energía o que intervienen en la regulación y formación de alimentos y su digestión.

Los compuestos nombrados se encuentran en una proporción más o menos constante entre las células, así se ha determinado que, tanto en una amiba (animal unicelular) como en una célula que forma el hígado de un ser humano, existe un contenido de 80% de agua, 12% de proteínas, 2% de ácido nucleico, 5% de grasas, 1% de carbohidratos y una pequeña cantidad de otras sustancias; desde luego, no hay que descartar que ciertas células especializadas pueden variar su contenido.

#### 1. Los carbohidratos

Para que estos compuestos sean asimilados por las células, necesitan ser desdoblados en azúcares simples, entre los cuales el más importante es la glucosa.

El contenido de glucosa en una célula, regula su actividad funcional, y la célula controla, a su vez, dicha cantidad de glucosa. Por ejemplo, la concentración promedio en peso de glucosa en las células sanguíneas, es de 0,1%, la variación de esta cantidad, produce disminución de la actividad celular, llegando a causar la muerte de la célula.

En los vegetales, los carbohidratos no sólo se utilizan en la obtención de glucosa para la liberación de energía,

sino también para la formación de tejidos especiales; por eso, gran parte de carbohidratos se almacenan en forma de almidón o celulosa.

Los carbohidratos actúan en la célula como combustibles y dan la energía necesaria para las diferentes actividades; también pueden reaccionar con los lípidos o las proteínas para formar parte de los componentes estructurales.

Se puede decir que los carbohidratos son fuentes de energía a corto plazo.

#### 2. Los lípidos

Son compuestos de gran importancia como combustibles y como constituyentes estructurales. Los encontramos formando parte de la membrana protoplasmática que rodea cada célula, también de la membrana celular y de la membrana que rodea las mitocondrias; son abundantes en los seres superiores, quienes los utilizan para regular la temperatura corporal.

Los lípidos son los compuestos que contienen mayor cantidad de energía, razón por la cual son los mejores generadores celulares; cada grano de grasa suministra el doble de energía que un grano de azúcar.

#### 3. Las proteínas

Estos compuestos claves de la materia viva sobresalen por su diversidad, hasta el punto de llegar a ser específicos en algunos organismos.

Investigaciones hechas sobre las características protéicas de las especies nos demuestran que al hacer injertos entre especies diferentes de animales o vegetales estos no pueden seguir su vida ya que son rechazados por sus

huéspedes porque no poseen proteínas semejantes. También sucede en algunos injertos de la misma especie; pero en general, sólo se podrán realizar injertos en animales o plantas idénticas.

Las funciones que realizan estos compuestos son: las de actuar como enzimas, como constituyentes de hormonas y partes de la célula, y también como combustibles para producir energía.

Algunas proteínas celulares actúan como catalizadores en las distintas reacciones que se efectúan entre las sustancias intracelulares, por lo cual se les llama proteínas enzimáticas. Pueden también transformarse en carbohidratos y grasas; pero estas conversiones sólo se realizan si se han terminado dichas sustancias de reserva. Por lo tanto, de la descomposición protéica se pueden obtener carbohidratos que serán utilizados inmediatamente como productores de energía, o lípidos que serán almacenados.

Las proteínas que los animales toman de las plantas como alimento, no son incorporadas directamente a las células, sino que sufren un proceso de descomposición y reorganización.

Así por ejemplo, el hombre al comer un pedazo de carne, ingiere las proteínas que se encuentran en ella, las desdobra en aminoácidos por el proceso de digestión y luego las reorganiza para formar proteínas hepáticas o musculares.

#### 4. Ácidos nucleicos

Son moléculas complejas de tamaño mayor que las proteínas y poseen algunas semejanzas con estas. Los ácidos nucleicos fueron descubiertos por

Miescher en 1870, quien separó estos compuestos del núcleo de células de pus e indicó que poseen un carácter ácido; por estos dos motivos se les dió el nombre de ácidos nucleicos. Por investigaciones posteriores se llegó a comprobar que no son específicos del núcleo sino que se encuentran también en el citoplasma formando largas cadenas.

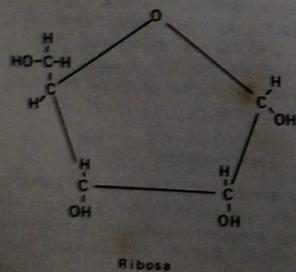
Los ácidos nucleicos se hallan constituidos por asociaciones moleculares formadas por átomos de carbono, hidrógeno, fósforo y nitrógeno, los cuales se agrupan en "unidades básicas" llamadas nucleótidos.

Estas unidades se enlazan entre sí, formando largas cadenas, que se disponen a manera de cintas.

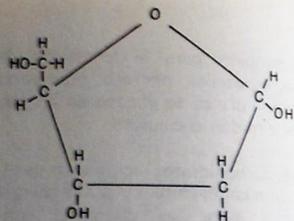
Cada nucleótido está formado por tres moléculas: una pentosa (azúcar simple de 5 átomos de carbono), un grupo fosfato y una base nitrogenada.

Se distinguen dos ácidos nucleicos: el ácido desoxiribonucleico (A.D.N.) que se localiza en el núcleo que contiene como azúcar la desoxiribosa y el ácido ribonucleico (A.R.N.) encontrado en el núcleo y el citoplasma cuyo azúcar es la ribosa.

Estructuralmente la desoxiribosa se diferencia de la ribosa, por tener un átomo de oxígeno menos en su molécula, como lo muestra la figura.



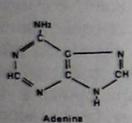
104



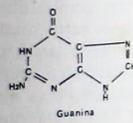
Desoxi-ribosa

El grupo fosfato ( $PO_4^-$ ) proviene de moléculas de ácido fosfórico ( $H_3PO_4$ ).

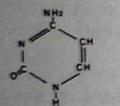
Las bases nitrogenadas son sustancias cuaternarias compuestas por carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno que se disponen en forma cíclica como se indica en la figura.



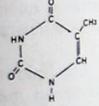
Adenina



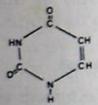
Guanina



Citosina



Timina



Uracilo

En el A.D.N. la adenina, guanina, citosina y timina se combinan con sendas moléculas de desoxiribosa, las que reaccionan con el ácido fosfórico para formar nucleótidos.

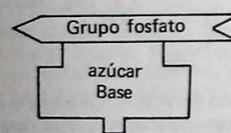
En el A.R.N., los nucleótidos se forman a partir de las bases adenina,

guanina, citosina y uracilo combinadas con la ribosa y el ácido fosfórico.

Tanto en el A.D.N. como en el A.R.N., los nucleótidos se enlazan entre sí para dar cadenas largas de polinucleótidos.

Para comprender mejor la estructura de los ácidos nucleicos, desarrollaremos un modelo representativo.

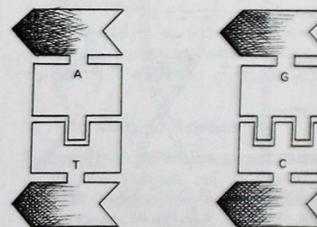
Las unidades estructurales (nucleótidos) se representan como sigue:



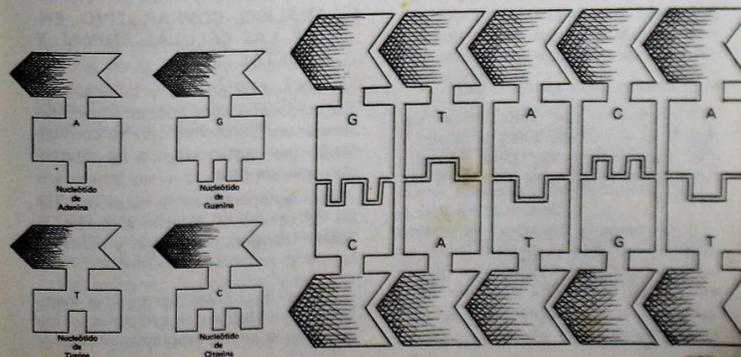
• ¿Se pueden "enlazar" todos los nucleótidos entre sí? Es lógico pensar, que en sentido horizontal, gracias a la barra superior (que representa los grupos fosfatos), se podrían enlazar todos los nucleótidos. Sin embargo, las estructuras inferiores (que representan las bases) no permiten sino determinado "encajamiento".

• ¿Con base en lo anterior cuáles nucleótidos se corresponden?

Por métodos experimentales de difracción de rayos X se logró establecer que en cualquier A.D.N., el número de nucleótidos de Adenina, es siempre igual al número de los de Timina; la misma consideración se puede hacer con los nucleótidos de Guanina y Citosina; así, debe existir una especificidad en la unión de las bases nitrogenadas, formando siempre pares:



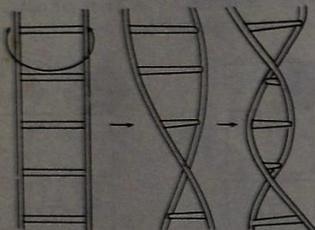
Con estos pares de nucleótidos, podemos formar una especie de escalera, cuyos "largueros" estarán formados por grupos fosfatos (◄) y los "travesaños" por la unión base-base como se muestra a continuación:



105

Las uniones fosfato-fosfato, no se hacen directamente, sino a través de un átomo de carbono del azúcar.

En el A.D.N. esta escalera no es lineal, sino que por efecto de ciertos enlaces químicos, se enrolla sobre sí misma, a manera de una escalera de caracol (ver figura) mientras que el A.R.N. conserva su forma lineal.



• **Función del A.D.N.:** Se ha determinado que el A.D.N. es el principal portador de la herencia. En él, se halla "codificada" la información de las características hereditarias, de acuerdo al ordenamiento de los nucleótidos en su molécula. Este orden proporciona las "claves" para los mensajes, que transportan las unidades de la herencia llamadas genes.

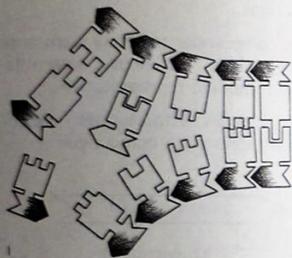
Ahora bien, en la reproducción celular, las células hijas tienen que ser idénticas para asegurar su continuidad.

• ¿Cómo se logra esa identidad?

Recordemos que cada mitad del A.D.N. es el complemento de la otra y que cada nucleótido tiene especificidad para combinarse con otro nucleótido.

Si se rompe la "escalera" en sentido longitudinal cada nucleótido halla su complemento, con nucleótidos que se encuentran esparcidos alrededor de la cadena original, formándose así dos moléculas idénticas.

A esta propiedad de la molécula del A.D.N. se le llama "autoduplicación", y la podemos observar en la siguiente ilustración.



• **Función del A.R.N.:** Coordina la operación más importante que se desarrolla en las células: la síntesis de proteínas.

A partir del descubrimiento del A.R.N. en los ribosomas se le identificó como el portador de la "clave" que determinaba el orden de los aminoácidos que integran las proteínas.

Además de la función anterior, el A.R.N. participa en procesos de Metabolismo y síntesis de otros compuestos.

## H. ANALISIS COMPARATIVO ENTRE LAS CELULAS ANIMAL Y VEGETAL

Las células de plantas y animales como unidades vitales poseen estructuras semejantes, pero dentro de su configuración hay sustancias que las diferencian unas de otras.

Las semejanzas entre estas dos clases de células se reducen al hecho de poseer idénticas estructuras y contener la misma sustancia fundamental.

Todas las células tienen una membrana constituida por proteínas y lípidos. Tanto en el citoplasma celular de

plantas y animales existen orgánulos y granulaciones característicos. En el núcleo las partes comunes de las células son la membrana nuclear, el jugo nuclear, la cromatina y el nucléolo.

En relación a la estructura fundamental, el análisis químico demuestra que todas las células contienen primordialmente los mismos elementos: carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno.

No obstante, la semejanza es más notoria dentro del campo fisiológico. Las funciones de nutrición y crecimiento resultan similares, pues en ambos casos ocurren por incorporación de sustancias extraídas del medio en que las células se encuentran.

Lógicamente, las analogías son el resultado de un estudio general. Para establecer diferencias es necesario cubrir niveles específicos.

Una estructura típica de la célula vegetal es la pared o cubierta externa, constituida por celulosa, sustancia que le confiere dureza y resistencia. Las células animales carecen de tal parte con muy contadas excepciones, entre las cuales podríamos anotar la de algunos animales tunicados, productores de una fina pared celulósica.

En el citoplasma de la célula vegetal flotan los cloroplastos, orgánulos portadores de la clorofila, pigmento que hace posible la fotosíntesis. Tanto los cloroplastos como la clorofila están ausentes de la célula animal.

Además de tales partes, el citoplasma vegetal presenta en forma exclusiva diminutos cristales, granos de almidón, aceites esenciales y resinas, a más de una gran vacuola, de la cual también carecen las células animales.

Sin embargo, la principal diferencia entre la célula animal y vegetal está en la captación del alimento. Los azúcares, grasas y proteínas son sintetiza-

dos por las plantas a partir de compuestos inorgánicos; la célula animal reduce su trabajo por que toma los nutrientes previamente elaborados por los vegetales.

## I. FISILOGIA CELULAR

Después de conocer la constitución de la célula, su aspecto, las partes en común y aquellas que las diferencian, estudiaremos las distintas actividades que se realizan en la célula como unidad viviente.

La fisiología se encarga de estudiar todas las funciones vitales, como las de relación, nutrición y reproducción.

### 1. Funciones de Relación

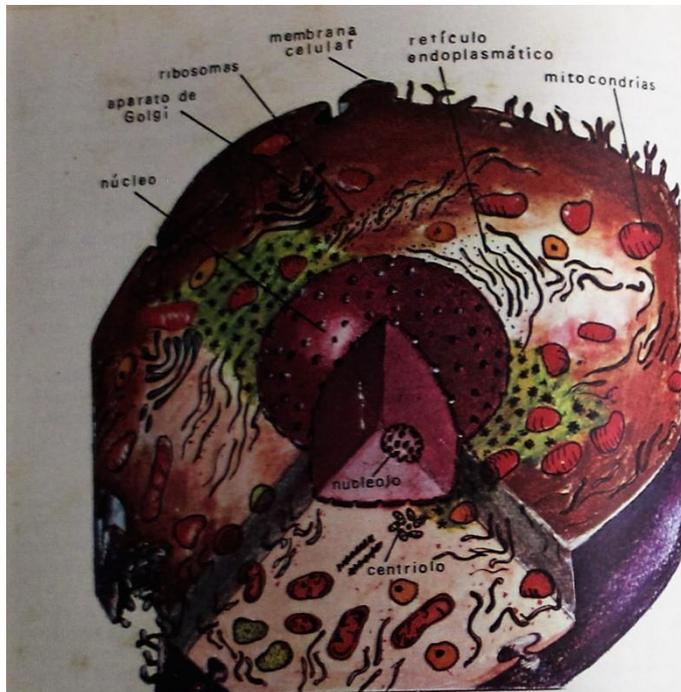
Comprenden las acciones que comunican al ser viviente con el medio, las que se manifiestan en los distintos movimientos realizados por las células libres o por el conjunto de células que forman el ser. Todo ser vivo goza de **irritabilidad**, o capacidad de respuesta a un estímulo; cuando una lombriz sufre un pinchazo, responde al estímulo cambiando de lugar.

En condiciones normales quien realiza el movimiento celular es el protoplasma, el cual responde a estímulos internos de la propia célula o a externos, producidos por los factores del medio ambiente.

La acción de cualquier estímulo implica una modificación en el estado protoplasmático. Los estímulos más frecuentes son los externos, entre los cuales sobresalen los mecánicos, los físicos y los químicos.

La reacción ante dichos estímulos por el protoplasma, puede manifestarse por excitación o inhibición celular.

La excitación se produce cuando al recibir el estímulo, los distintos proce-



Célula animal.

Los movimientos celulares se aceleran. Por el contrario, hay ocasiones en que la acción protoplásmica disminuye, produciéndose la inhibición.

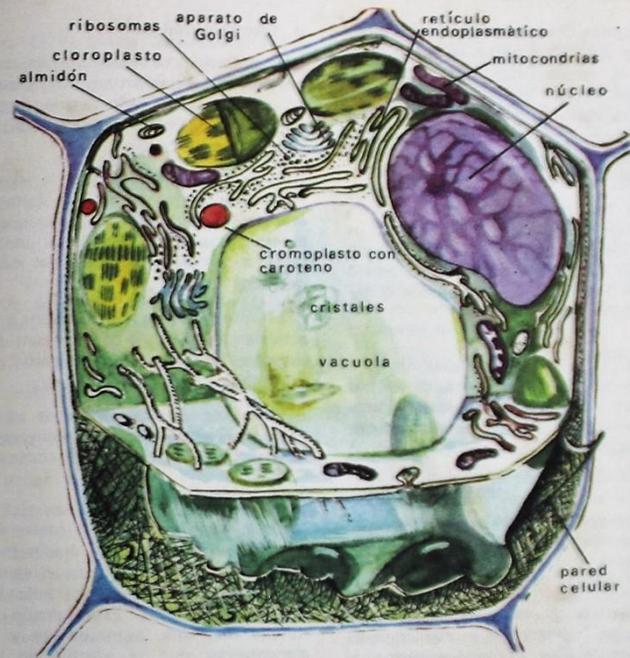
Los movimientos internos del protoplasma son más observables durante el crecimiento celular, en el cual, los cambios son frecuentes.

Sin embargo, el movimiento es una cualidad innata de todas las células.

El movimiento celular es claramente observable en las distintas actividades efectuadas por los seres unicelulares. Así por ejemplo, la ameba para su desplazamiento lanza una prolongación

llamada **seudópodo**, en la cual el protoplasma realiza un movimiento de circulación hacia el lugar donde tal prolongación se dirige. El paramecium al formar su vacuola pulsátil origina un cambio en las partes protoplásmicas. También los cloroplastos en las plantas cambian de lugar buscando la presencia de la luz, mediante un movimiento de translación conocida con el nombre de **ciclosis**.

Los movimientos externos son aquellos que realizan las células para cambiar de posición. Esta clase de movimientos los realizan los sarcodarios y



Célula vegetal.

los glóbulos blancos mediante el uso de pseudópodos.

Otros organismos como la euglena y el paramecium, emplean como estructuras locomotoras unas finas prolongaciones en forma de látigo o conjunto de pestañas, que al vibrar ocasionan el desplazamiento del cuerpo celular.

## 2. El Protoplasma y la acción de algunos estímulos

Entre los agentes externos productores de estímulos están la luz, el calor, la gravedad y algunas sustancias químicas como el oxígeno, el hidrógeno y el gas

carbónico, de las cuales analizaremos su actuación.

### a. La luz

En general, la acción de las células está enmarcada dentro de una cantidad máxima y mínima de luz, en la cual se cumplen normalmente las funciones vitales.

La luz ejerce una gran influencia sobre las células de los diferentes seres, con especialidad en las plantas que poseen clorofila.

Tal factor actúa sobre los cloroplastos de las células vegetales, donde actúa el proceso de fotosíntesis.

Algunos órganos de las plantas autótrofas suelen orientarse en busca de la luz por movimientos del protoplasma celular, acción que recibe el nombre de fototropismo positivo. Otros órganos, como la raíz, buscan la oscuridad, es decir, poseen fototropismo negativo.

En los animales ocurren procesos similares, aunque el desplazamiento es más notorio, por lo cual se designan con el nombre de fototaxismos positivos o negativos, según busquen o huyan de la luz.

#### b. El calor

Todo ser vivo y cada una de sus células presentan una determinada temperatura a la cual pueden realizar sus actividades.

Los cambios de temperatura detienen o aumentan la actividad celular. En general, una ligera elevación de temperatura activa el trabajo del protoplasma y por el contrario, un descenso inactiva la célula.

Experiencias realizadas con los protozoarios indican que a una temperatura de 25° C su actividad es normal; a 30° C la actividad y los movimientos son más rápidos. Al sobrepasar esta temperatura, las funciones son desordenadas y la célula puede morir.

La reacción de los seres ante la temperatura se llama **termotaxismo**, la cual será positiva si el ser se desplaza en busca de calor, o negativa si se aleja de él.

#### c. La gravedad

Tiene una gran influencia sobre los seres pluricelulares, en los cuales ocasiona **geotropismos** y **geotaxismos**; esta acción es difícil de observar, sobre todo en los animales unicelulares, ya que está acompañada por otros fenómenos.

#### d. Agentes químicos

Los cambios producidos por los compuestos químicos en el protoplasma no se ejercen en una misma forma, sino que dependen del elemento o compuesto que actúa.

El oxígeno es absolutamente necesario para el protoplasma y la falta de éste desorganiza la célula y produce la muerte. Cuando es abundante contribuye a la intensificación de movimientos.

El nitrógeno ayuda también a la actividad de la célula pero en cantidad excesiva, produce la intoxicación del protoplasma y su desorganización.

El exceso de gas carbónico en el protoplasma lo torna inactivo y produce inmediatamente la muerte.

#### 3. Funciones de Nutrición

La nutrición se reduce a tomar las sustancias necesarias del medio para reponer aquellas perdidas en el ejercicio de las distintas funciones realizadas por el protoplasma. Esta función se cumple mediante la respiración y la alimentación que se efectúa en las células.

##### a. Respiración

Se inicia con la toma del oxígeno del aire o del medio, y termina con el desprendimiento posterior de gas carbónico. Esta reacción ocurre dentro del protoplasma, y se reduce a un proceso de combustión u oxidación lenta.

Los organismos unicelulares toman el oxígeno directamente del medio, al cual expulsan el gas carbónico; ambos fenómenos suceden por difusión.

Las células de los seres pluricelulares requieren una sustancia que transporte el oxígeno y el gas carbónico.

En la sangre de los vertebrados por ejemplo, está la hemoglobina, pigmento encargado de llevar el oxígeno desde los pulmones a cada una de las células.

A la vez, recoge el gas carbónico, residuo de la actividad celular que debe ser expulsado a través del mismo aparato respiratorio.

En el interior de la célula, el oxígeno "quema" a los nutrientes energéticos, para aprovechar la energía acumulada en ellos.

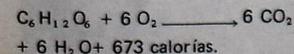
#### b. ¿Cómo toma la célula su energía?

El protoplasma necesita tomar la energía para emplearla en la transformación de la materia y como elemento de reserva incluyéndola en su propio cuerpo.

Sabemos que la energía se manifiesta de varias maneras como calor, luz, electricidad y sonido, pero la célula no puede utilizar todas ellas. El protoplasma sólo puede tomarla en forma de energía luminosa, a la cual transforma en energía química.

La energía química es común en todas las células, donde permanece almacenada en los enlaces de los biocompuestos. Cuando el protoplasma requiere tal energía, hace reaccionar las distintas sustancias con el oxígeno para dejarla en libertad.

Sigamos por ejemplo el paso de una molécula de azúcar; lo primero que hace es penetrar en el citoplasma por medio de la difusión. Allí reaccionará con las moléculas de oxígeno para producir agua, gas carbónico (residuos) y energía, según la ecuación:



Estas calorías son la energía contenida en una molécula de azúcar que luego el protoplasma utilizará para conservar la temperatura óptima de la célula, en la ejecución de los movimientos celulares o en la formación de otros compuestos que conserven la energía como los lípidos.

La energía calórica es utilizada por el protoplasma para dar más actividad a la célula. Así, cuando existe mayor temperatura se producen movimientos más intensos y los intercambios moleculares se realizan activamente.

Según estas actividades se puede decir que el protoplasma es un transformador de materia y energía; los elementos y compuestos se combinan para formar otros y la energía pasa de una forma a otra, según sean los requerimientos vitales.

#### 4. Reproducción celular

Un ser viviente y sus células como parte fundamental son importantes no tanto por la supervivencia que poseen sino por la capacidad de reproducción lo cual determina la perpetuidad de las especies o la extinción de las mismas.

Todas las células no tienen la misma capacidad para reproducirse; eso depende de las funciones que realicen; en los pluricelulares por ejemplo, las células intestinales poseen una reproducción muy frecuente, en cambio las células nerviosas la realizan tomando largos períodos de tiempo y en ocasiones no se reproducen.

Se reconocen dos formas de reproducción propiamente dicha; una **asexual**, la cual se realiza a partir de un progenitor y origina individuos con las mismas características; la célula hija se forma a partir de la llamada célula madre.

La otra es la reproducción sexual, que implica la unión de dos individuos o de dos células diferentes, quienes originan un nuevo ser que hereda las características de sus progenitores.

Quando decimos que una célula se ha reproducido estamos indicando que todas las partes intracelulares se duplican; en la mayoría de las células todos estos cambios ocurren en una forma ordenada y continua.

Las células generalmente se reproducen por un proceso de división dando origen a dos más pequeñas llamadas células hijas.

Lo principal en la división celular es la duplicación de los núcleos con todo su contenido básico en la cromatina y el D.N.A.; a este proceso se le conoce como mitosis.

#### a. División Mitótica

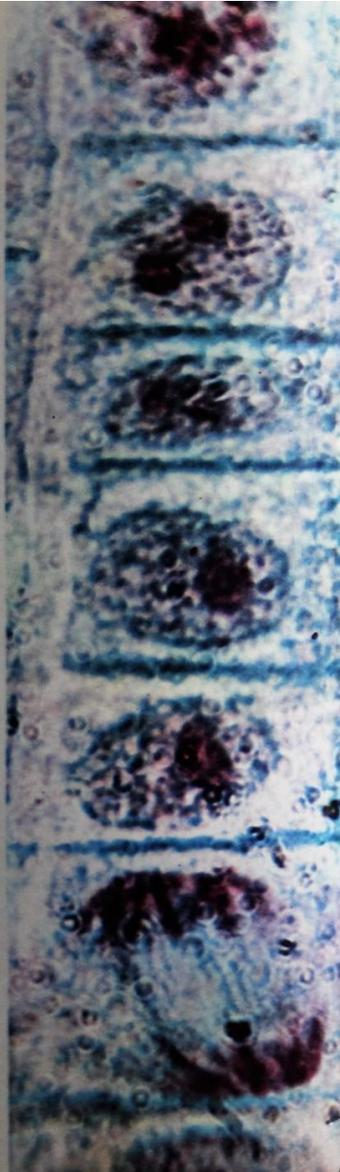
La división mitótica es un proceso ordenado en el cual se realiza la duplicación de cromosomas que luego dan origen a los núcleos hijos, quienes conservan iguales estructuras y similar constitución genética que la célula de donde provienen.

Para analizar en detalle la división mitótica, es necesario dividirla en cinco etapas conocidas con el nombre de interfase, profase, metafase, anafase y telofase, las cuales se realizan en un proceso continuo.

En cada una de ellas aparecen cambios estructurales de la célula. Aún se desconocen los cambios químicos y las reacciones enzimáticas del protoplasma, que suceden en el fenómeno.

#### • Interfase

Es el estado de reposo del núcleo y parece constituir la etapa de preparación del mismo para la mitosis.



En este período se realiza aparentemente la síntesis del A.D.N. presente en la cromatina, la cual se condensa para dar origen a una cantidad de hilos o bandas cromáticas que contienen la "programación" de las características celulares.

#### • Profase

Se reconoce que ha comenzado la mitosis cuando las fibras nucleares inician su engrosamiento y organización en el núcleo.

Tales fibras al aumentar el volumen se acortan, dando origen a pequeños cuerpecitos conocidos con el nombre de **cromosomas**. Cada cromosoma está formado por dos bandas similares llamadas **cromátidas**, quienes permanecen unidas hacia la porción central. Los cromosomas a medida que el proceso avanza, disminuyen de tamaño debido a un posible enrollamiento de sus bandas o cromátidas.

El punto de unión de las cromátidas es de fácil localización porque constituye la región más oscura del cromosoma; dicho punto recibe el nombre de **centrómero**. Hasta hace poco los biólogos creían que las cromátidas aparecían por la partición longitudinal del cromosoma; hoy se conoce que su presencia es el resultado de la síntesis de A.D.N. ocurrida en la interfase y que están constituidas por proteínas y unidades lineales de A.D.N. llamadas **genes**.

En la profase también suceden otros cambios como el del núcleo que empieza a disminuir de tamaño hasta desaparecer. Si la célula es animal, el centrosoma se divide en dos; cada partecita viaja a un extremo opuesto de la célula de donde emite filamentos radiales que originan el **huso acromático**.

En las células vegetales que no poseen centrosomas, también se forma el huso, pero sin una base de contacto en los polos o casquetes celulares.

En todo este tiempo la membrana nuclear sufre un adelgazamiento hasta desaparecer, hecho que indica la culminación del período de profase.

#### • Metafase

Esta etapa empieza cuando los cromosomas se colocan en las fibras del huso acromático y buscan por una acción atractiva la zona central o región Ecuatorial de la célula.

Mediante una observación en el microscopio electrónico, es posible comprobar que los cromosomas se disponen en un solo plano y que cada cromátida mira a uno de los polos, sostenida por el centrómero a las fibras.

#### • Anafase

Comienza cuando los centrómeros se rompen y las cromátidas empiezan a desplazarse hacia los polos tomando una forma de V o J. Las cromátidas de un mismo cromosoma se dirigen a polos diferentes.

Todos los acontecimientos que se realizan desde el momento en que se separan las cromátidas, hasta llegar a los polos son hasta el momento, motivo de investigación.

Los postulados dados a conocer hasta ahora consideran que el adenosín trifosfato (A.T.P.), es el responsable del transporte de las cromátidas a los polos. Otra teoría concede a las fibras del huso acromático, la cualidad de servir como caminos o guías de las cromátidas, sin las cuales, se regarían en toda la sustancia citoplasmática. Todas son suposiciones sin verdadera comprobación.

Lo que sí se ha comprobado con el microscopio electrónico y los rayos X, es que el centrosoma ejerce una fuerza de atracción sobre las cromátidas.

#### • Telofase

Es la parte final de la mitosis; los cromosomas situados en los polos parecen alargarse para regresar al estado de reposo.

Aparece la membrana nuclear y los nucléolos; se forma un pequeño surco en la parte central de la célula, que cada vez aumenta su tamaño, hasta dar origen a una placa divisoria, la cual termina por dividir a la célula en dos células hijas.

La duración del ciclo mitótico completo no es igual en todas las células; esto depende de la clase de organismo, de la edad del ser y del tipo del tejido. Así por ejemplo, en algunas moscas la duración de la mitosis es de 9 minutos, las del pollo se desarrollan entre los 67 y 205 minutos.

### Conceptos Fundamentales

**Mitosis.** Proceso de reproducción celular caracterizado por grandes transformaciones del núcleo.

**Amitosis.** Reproducción celular sin grandes transformaciones del núcleo.

**Cromatina.** Material del núcleo celular que constituye los cromosomas.

**Cromosomas.** Cuerpos oscuros del núcleo celular que contienen las clases hereditarias; son visibles durante el proceso de mitosis.

**Meiosis (meiosis).** Proceso de división celular propio de las células sexuales (espermatozoides y óvulos). Su finalidad es la de reducir a la mitad la dotación de cromosomas de cada gameto.

**Gameto.** Nombre que se asigna a las células sexuales.

**A. D. N. (ácido desoxirribonucleico):** ácido que constituye los cromosomas.

**A. R. N. (ácido ribonucleico):** ácido que forma parte del núcleo y de citoplasma celular; desempeña un papel fundamental en la elaboración de las proteínas.

**Nucleótido.** Sub-unidad de los ácidos nucleicos; está formado por un fosfato, un azúcar y una base, enlazados como una sola unidad.

**Gene.** Número de nucleótidos de la molécula de ADN que determina un rasgo genético característico.

#### b. La meiosis

Es otra forma de reproducción celular realizada por individuos sexualmente maduros. Se parece mucho a la mitosis pero existen diferencias fundamentales.

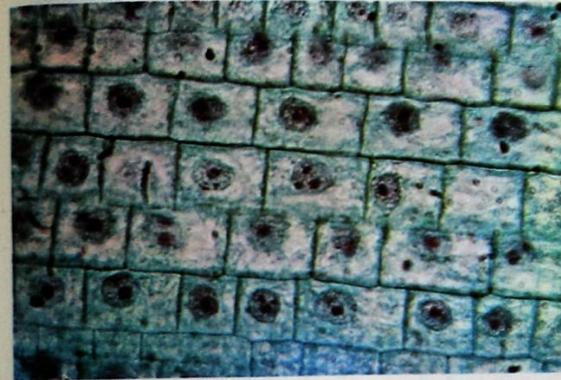
En ella, a partir de la célula madre tienen origen cuatro células hijas. Cada una de éstas posee apenas la mitad del número de cromosomas de la progenitora; en la mitosis siempre se conserva el mismo número.

#### c. División directa o amitótica

Otra forma de reproducción celular es la **división directa** o amitótica, que es la formación sencilla de las células a partir de la célula madre. La célula se alarga para luego empezar una estrangulación en el citoplasma; igual ocurre con el núcleo.

El contenido citoplasmático y el jugo nuclear no sufren modificaciones importantes. Cada parte de la célula que empieza a dividirse lleva un poco de citoplasma y una parte del contenido nuclear, lo cual va a constituir una célula hija. Esta división es propia de las bacterias, algas azules y flagelados.

## UNIDAD 5



Tejido vegetal de ajo.

## ORGANIZACION DE LOS SERES VIVIENTES

### A. CELULAS COMO PARTE DE ORGANISMOS PLURICELULARES

En el análisis que hicimos sobre el posible origen de la vida, se observó que a partir de elementos tan sencillos como los átomos se formaron moléculas. Al unirse moléculas simples se formaron moléculas complejas. Luego agregados de moléculas (coacervados) y finalmente células. Si bien estos pasos no fueron tan sencillos como parece, podemos concluir que en dicho proceso, iba en aumento la complejidad de las estructuras, a la vez que cada nueva estructura se hacía más funcional.

Lo anterior es aplicable también al proceso por el cual, a partir de una célula, se originaron seres de estructura más compleja.

Sabemos que la célula es la "unidad estructural y funcional" de los seres vivos. Los seres unicelulares, como el

paramecio o la ameba, realizan dentro de su única célula, todas las funciones vitales, de tal forma que constituyen verdaderos organismos o seres vivos completos. En cambio, una célula de la mano no se puede considerar como organismo, ya que ella y millones más, pertenecen y forman en conjunto al organismo humano. Estos organismos son conocidos como **pluricelulares** o integrados por muchas células.

La diferencia entre la célula del paramecio y cualquier célula de un organismo pluricelular, radica en el hecho de que la primera realiza todas las funciones de un ser vivo y la segunda, a pesar de seguir realizando la mayoría de dichas funciones, se ha especializado en una sola.

¿Cómo llegaron las células a formar parte de un organismo pluricelular?

Especular sobre el proceso evolutivo sufrido por una célula libre, hasta lle-

gar a integrar un organismo pluricelular, es innecesario, si se tiene en cuenta que, en la naturaleza están representados los posibles pasos de dicha evolución.

El primer paso está representado por las "colonias celulares", las cuales son agrupaciones de individuos unicelulares de la misma especie, para constituir un sistema viviente. En este, cada individuo se especializa en una función determinada, pero conserva la capacidad de independizarse y continuar viviendo separadamente. Un ejemplo de estas colonias son los "volvox" que viven en aguas estancadas. Cada colonia de volvox está integrada por unos cien a mil individuos, los cuales se dividen en dos grupos: Los **somáticos**, encargados del movimiento, protección y alimentación de la colonia y los **germinales**, encargados de la reproducción. En el dibujo se observa un volvox; nótese que su forma es esférica y que las células periféricas poseen flagelos útiles para la locomoción de la colonia.

En seres evolucionados aumenta el número de células con especializaciones más definidas, lo cual hace que unas dependan estrechamente de las otras, perdiendo por consiguiente la capacidad para independizarse.

Colonias de volvox.



Conforme aumenta en los organismos pluricelulares la diversidad celular, se observa que las células adquieren la tendencia a asociarse, con el fin de realizar en conjunto determinada función, formando lo que se conoce con el nombre de **tejidos**.

### 1. Tejidos

En los seres pluricelulares, el conjunto de células con estructura y función similar, forman los tejidos. Generalmente cada tejido está constituido por células semejantes, de tamaño y forma característicos y especializadas tanto estructural como fisiológicamente, para realizar alguna función en particular, como protección, contracción o digestión.

Esto significa que cada tejido desarrolla un trabajo específico y de ahí, la diversidad de los mismos.

El estudio de la estructura y disposición de los tejidos se llama **histología**. A menudo los tejidos pueden estar formados por otros elementos, además de las células vivas; es el caso de la sangre, cuyas células van acompañadas de sustancias inertes, como sales y agua.

#### a. Tejidos animales

Existen varios criterios para clasificar los tejidos animales. Uno de ellos atiende al tipo de función que cumple cada tejido. De acuerdo a este criterio, los tejidos animales comprenden los siguientes grupos:

- **Tejidos de revestimiento:** conocidos también con el nombre de **epitelios**, están constituidos por células muy próximas entre sí, con poca o ninguna sustancia entre ellas y dispuestas en una o varias capas continuas.

El tejido epitelial cubre la superficie externa del cuerpo, las cavidades del organismo y el interior de los órganos.

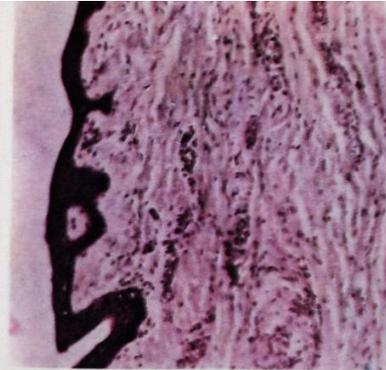
Además de proteger y revestir, a menudo las células de este tejido se especializan en otras funciones, como la de elaborar productos de excreción como el sudor, o de secreción como la saliva; en estos casos el epitelio recibe el nombre de **glandular**.

Cuando se especializan en recibir estímulos del exterior, caso de la piel, se denominan epitelios **sensoriales**.

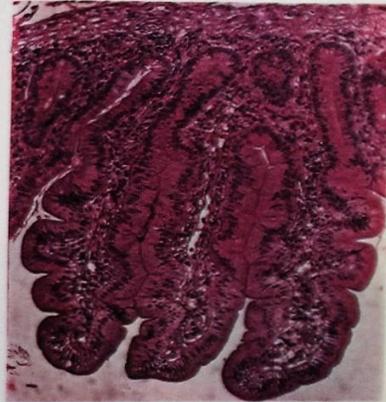
Por la forma y disposición de las células, el tejido epitelial puede clasificarse en **epitelio pavimentoso sencillo**, formado por una capa de células planas y delgadas, dispuestas como el mosaico de un piso. Este tipo de tejido forma parte del **peritoneo**, membrana que cubre la cavidad del cuerpo. La superficie interna de los vasos sanguíneos (venas y arterias) de los vertebrados también llevan este tejido. Cuando células de este mismo tipo, se disponen en varias capas superpuestas, constituyen el **epitelio pavimentoso estratificado**, el cual forma la piel y recubre la boca y las fosas nasales en el hombre.

Otra clase de epitelio es el **cúbico**, formado por células de esta forma, como es el caso del revestimiento de las glándulas salivales.

El **epitelio cilíndrico**, integrado por células alargadas, a manera de pilares o columnas; este tipo de tejido reviste el interior del tubo digestivo. En ocasiones, sus células presentan proyecciones del citoplasma en forma de pelos o cilios, caso en que se denomina **epitelio ciliado**, el cual se halla presente en los conductos del sistema respiratorio; la función de los cilios es la de agitarse



1. Tejido epitelial piel humana.



2. Epitelio intestinal humano.

fuertemente para expulsar partículas extrañas como el polvo.

- **Tejido conectivo o conjuntivo:** la función principal de las células de este tejido, es la de unir los demás tejidos y órganos, y **sostener** el cuerpo. El esqueleto, estructura que brinda sostén y conformación a los animales superiores, está formado por este tejido, lo mismo que ciertas envolturas encaminadas a proteger algunos animales contra la

deseccación y las lesiones como ocurre en el cucarrón.

Las células que forman este tejido están separadas por una abundante sustancia intercelular, llamada **matriz**, la cual le da las cualidades que lo caracterizan.

Este tejido puede presentar las siguientes variedades: **Tejido conectivo fibroso**, encargado de mantener unidos los tejidos y órganos del cuerpo. La matriz de este tejido es segregada por las propias células y la integran largas fibras de naturaleza **colágena**, sustancia proteínica similar a la gelatina. En algunos casos estas fibras se entrecruzan y se extienden superficialmente en todas direcciones, como sucede con el tejido conectivo que une la piel a los músculos. Este tipo de tejido conectivo fibroso es el que por medio de transformaciones químicas de curtido da origen al cuero industrial.



1. Tejido conectivo fibroso.



2. Tejido conectivo adiposo.

En otros casos, las fibras se organizan en una sola dirección formando **cordones**, como son los **tendones** y **ligamentos**. Los tendones no son elásticos, sino más bien flexibles; cuya función es la de unir los músculos entre sí o a estos con los huesos. Los ligamentos son fibras más o menos elásticas, las cuales unen un hueso con otro.

Algunas células de este tejido, almacenan grasas dentro de su estructura, en tal cantidad, que desplazan al núcleo y al citoplasma hacia la periferia de la membrana celular.

Estas células forman el **tejido adiposo** o **graso**, el cual se encuentra en la región subcutánea (debajo de la piel). El proceso de formación de una célula adiposa se observa en el dibujo; primero aparecen unas gotitas de grasa, que al final se unen en una parte que ocupa la región central de la célula. La función principal del tejido adiposo o graso, es la de almacenar el exceso de alimentos en forma de grasa, para ser utilizada en épocas de escasez; además regula la temperatura del cuerpo, ya que esta capa de grasa preserva del frío al organismo, pues es mala conductora del calor.

**Tejido cartilaginoso:** lo podemos considerar como tejido conectivo de sostén; se caracteriza por una abundante sustancia intercelular (matriz) de consistencia dura y elástica; sus células se encuentran situadas en cavidades formadas en la matriz.

El cartilago forma parte del esqueleto de los embriones de los vertebrados (animales con huesos) y a partir de este tejido, durante el desarrollo embrionario, se van formando los huesos, proceso que recibe el nombre de **osificación**.

Sin embargo, en el animal adulto persisten algunas regiones conformadas por **tejido cartilaginoso**; así, lo encontramos en los extremos de las costillas, en algunas vías respiratorias como la tráquea, en las orejas y en la nariz. En algunos peces como el tiburón, el esqueleto permanece en estado cartilaginoso.

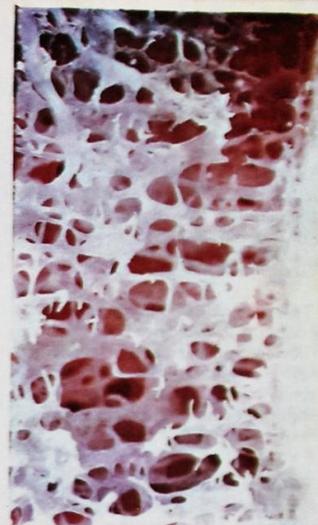
**Tejido óseo:** es el tejido conectivo más compacto ya que carece de cavidades en su interior, salvo en los huesos largos (fémur, por ejemplo), donde presenta unos canalillos llamados **conductos de Havers**.

Las células de este tejido u **osteoblastos**, carecen de membrana celular y a pesar de estar separadas, presentan prolongaciones que las comunican entre sí. Estas células permanecen vivas durante toda la vida del organismo y segregan la matriz compuesta fundamentalmente por una sustancia orgánica, la **oseína**, impregnada de sales de calcio que le imprimen una dureza especial.

Casi todos los huesos contienen en su interior una cavidad, llamada **cavidad medular**, ocupada en unos casos por **médula amarilla**, la cual es grasa en su mayor parte, y en otros casos por **médula roja**, cuya función es la de producir glóbulos rojos, componentes esenciales del tejido sanguíneo.

La matriz y las células se encuentran en forma de laminillas óseas, dispuestas en capas concéntricas alrededor de los conductos de Havers, tal como se aprecia en la ilustración.

Cuando las laminillas óseas se ubican unas contra otras, sin dejar espacios, el tejido óseo se denomina **compacto**; y si por el contrario estas laminillas se orientan en distintas direcciones, entrando en contacto entre sí en pocos sitios, forman el **tejido óseo esponjoso**.



Tejido óseo humano.

En los animales inferiores, se presentan diferentes tipos de sustancias que forman la matriz del tejido conectivo que sirve como "esqueleto", así, en algunas esponjas su "esqueleto" está constituido por fibras entrecruzadas de una sustancia proteínica llamada **esponjina**; en otras esponjas la matriz está representada por espículas de carbonato de calcio. En los cangrejos y langostas, una sustancia llamada **quitina** es la base fundamental de su sistema esquelético.

• **Tejido muscular:** las células que forman este tejido, son las responsables de todos los movimientos del organismo. Su característica principal es la **contractibilidad**.

La contractibilidad que ya se observa en seres tan simples como los unicelulares, parece que depende de unas fibras paralelas que se encuentran dentro del citoplasma de dichas células llamadas

miofibrillas. Las células del tejido muscular son alargadas, se agrupan en haces y su longitud varía desde unas milésimas de milímetro hasta unos cuatro centímetros; de acuerdo a su estructura y funcionalidad, estas células se pueden clasificar para la mayoría de los animales superiores, en: lisas, estriadas y cardíacas; que a su vez originan tres clases de tejido muscular.

**Tejido muscular liso:** en este tejido las células son ovoides y alargadas, con un núcleo central; realizan movimientos lentos e involuntarios como los que se suceden en el tubo digestivo, para permitir la circulación de las sustancias alimenticias.

Se presenta tejido muscular liso en las paredes del tubo digestivo, vías respiratorias, arterias y venas.

Tejido muscular humano.



Las células musculares lisas se presentan en la mayoría de los invertebrados, a excepción de los artrópodos.

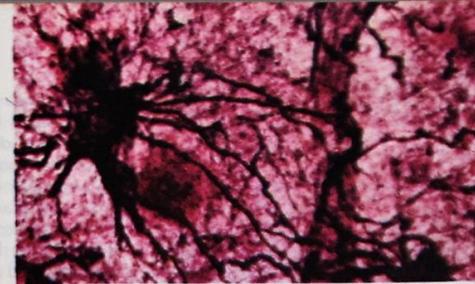
**Tejido muscular estriado:** llamado también esquelético o voluntario, porque al contrario del anterior, al realizar un movimiento su acción puede controlarse por la voluntad. Estas células presentan profundas diferencias con las lisas; su núcleo se encuentra dividido en numerosos fragmentos localizados en la periferia. El citoplasma presenta discos formados por zonas menos densas, las cuales se diferencian de las anteriores por ser más claras; a las zonas más densas les corresponde los movimientos de contracción y a las menos densas la elasticidad. Además, las miofibrillas se presentan en forma de numerosas fibras longitudinales (hasta 10.000 en el hombre) que le dan aspecto estriado a la célula.

Este tipo de tejido es el que forma la carne que rodea los huesos y constituye el 40% del peso total del cuerpo. Su función principal es la de darle movimiento al esqueleto y por consiguiente al cuerpo.

**Tejido muscular cardíaco:** es la única clase de tejido muscular que se presenta en el corazón de los animales y desde luego, es en el único sitio donde se localiza. Sus células son estriadas y multinucleadas como las del tejido muscular estriado, pero sus núcleos se distribuyen en todo el citoplasma.

Se parecen a las células lisas, en el hecho de que su funcionamiento también es involuntario, pero poseen un movimiento rítmico y propio; aunque este movimiento es regulado directamente por el sistema nervioso, muchos experimentos han demostrado su independencia de él, ya que fracciones

Tejido nervioso.  
Obsérvese un astrocito  
con los pies chupadores.



aisladas de músculo cardíaco ha continuado por cierto tiempo su movimiento rítmico.

• **Tejido nervioso:** está constituido por células especializadas en la conducción y percepción de estímulos por medio de procesos de carácter electroquímico. La propiedad principal de estas células es la **irritabilidad**, propiedad que se observa en animales unicelulares, que reaccionan ante la luz y el calor.

La unidad estructural y funcional del tejido nervioso, es la **neurona**, célula que presenta un cuerpo y varias prolongaciones. El cuerpo celular generalmente de forma estrellada, presenta en su centro un núcleo voluminoso.

Las prolongaciones citoplasmáticas de la neurona son de dos clases: las **dendritas** y los **axones**. Las dendritas son cortas y muy ramificadas, su función es la de llevar estímulos hacia el cuerpo celular. Los axones son fibras largas sin ramificaciones (a excepción de su parte terminal) y su función es la de llevar estímulos del cuerpo celular hacia afuera.

Las células nerviosas o neuronas se comunican entre sí gracias a una serie de sustancias químicas que al reaccionar hacen posible el paso del mensaje nervioso de una neurona a otra. El fenómeno recibe el nombre de **sinapsis** y en él las

dendritas de una célula se aproximan bastante a la parte terminal del axón de otra, pero sin llegar a hacer contacto físico. Los estímulos nerviosos sólo viajan en la dirección axón-dendrita, constituyéndose el fenómeno de **sinapsis** en una válvula que impide el retroceso de los estímulos.

Los nervios son grupos de fibras o prolongaciones nerviosas, envueltas por tejido conjuntivo; los **ganglios** son grupos de células nerviosas, situadas fuera del sistema nervioso central; los **centros nerviosos** como el cerebro, cerebelo y médula espinal, están formados principalmente por cuerpos neuronales.

En la mayoría de los animales pluricelulares, el sistema nervioso es el principal medio de contacto con el exterior.

• **Tejido sanguíneo:** la sangre es un tejido cuyas células llamadas **glóbulos**, se encuentran en suspensión en una sustancia intercelular líquida denominada **plasma**. Las células de la sangre son de tres clases:

Los **glóbulos rojos**, **hematíes** o **eritrocitos**, son células en forma de disco bicóncavo, sin núcleo en los mamíferos y nucleados en otros vertebrados; su función es la de transportar el oxígeno



Tejido sanguíneo humano.

de los pulmones (o su equivalente) hasta las células. Son de color rojo, debido a la presencia en su citoplasma de **hemoglobina**, pigmento que interviene en el transporte del oxígeno.

Los glóbulos rojos se originan a partir de células modificadas del hígado y la médula roja de los huesos; tienen un período de vida muy corto, ya que no pueden nutrirse, ni multiplicarse, razón por la cual, muchos biólogos consideran que los glóbulos rojos no son verdaderas células.

Los glóbulos blancos o leucocitos, son células incoloras, nucleadas y de forma irregular, cuya función es la limpieza del cuerpo. Para esto engloban bacterias y otras sustancias extrañas al organismo, y por consiguiente se encargan de luchar contra las enfermedades. Los leucocitos de los vertebrados pueden atravesar las paredes de venas y arterias e invadir otros tejidos, con el fin de cumplir su función de limpieza.

Las plaquetas, son células sin núcleo parecidas a los glóbulos rojos, pero más pequeñas; su función principal es la de formar taponos, en caso de heridas, para detener en lo posible la hemorragia y facilitar la regeneración de los tejidos lesionados.

El plasma o parte líquida de la sangre está formado básicamente (900/0) por agua, dentro de la cual se hallan disueltas sales minerales (como la sal común) y sustancias orgánicas como albúmina, grasas, glucosa y fibrinógeno. Este último en unión con las plaquetas, una vez que la sangre ha salido del organismo, forma una red que agrupa a los glóbulos y los separa de la parte líquida mediante el fenómeno conocido con el nombre de **coagulación**.

• **Tejido reproductor:** las células del tejido reproductor son las responsables de la aparición de nuevos individuos. Su forma varía según el sexo del organismo que las produce. Así, las de los machos son pequeñas y dotadas de una cola, la cual les da movilidad; se les llama **espermatozoides**.

La hembra produce los huevos u **óvulos**, generalmente esféricos y de mayor tamaño que los espermatozoides, tal como se observa en la ilustración de la página siguiente.

Las anteriores células llamadas **sexuales** o **germinales** se producen en órganos especiales, llamados **gónadas**; los espermatozoides en los testículos y los óvulos en los ovarios.

Los huevos en la mayoría de los animales (excepción de los mamíferos) poseen gran cantidad de yema, la cual representa el alimento para el "ser" que va a originar, una vez se realice la fertilización (unión de espermatozoide con el óvulo). El espermatozoide posee una cabeza donde se encuentra el núcleo, un cuello y una cola.

### b. Tejidos vegetales

Todas las plantas pluricelulares, excepto las más simples, están constituidas

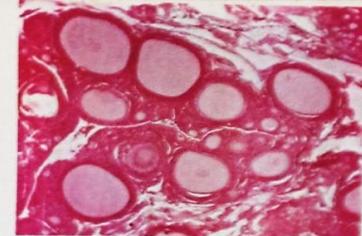
por diversas clases de células, adaptadas para realizar las diferentes funciones de la vida vegetal. Estas células se pueden agrupar en tejidos teniendo en cuenta su función, su duración, la forma y el tamaño. Aunque todavía no se ha unificado el sistema de clasificación de los tejidos vegetales, los podemos catalogar en meristemáticos o embrionales y permanentes o definitivos.

### • Tejidos meristemáticos o embrionales:

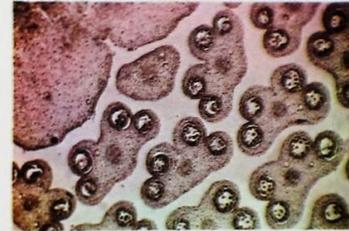
Las células meristemáticas son de gran **actividad reproductora**, y lógicamente su función principal es la de producir nuevas células, las cuales hacen posible el crecimiento de raíces y tallos en longitud y grosor. Estas células son pequeñas, de forma cúbica, membrana celular delgada y sin espacios intercelulares.

El tejido meristemático proviene directamente de las primeras células formadas, una vez que comienza la germinación de la semilla y permanece en la planta adulta en las regiones terminales de tallos (yemas) y raíces (cono vegetativo) donde recibe el nombre de **meristema primario**, cuya función es la de producir células para el crecimiento longitudinal de raíces, tallos y ramas.

Algunos tejidos adultos dentro de los órganos vegetales, se especializan en producir células para el crecimiento de dichos órganos, recibiendo el nombre de **meristemas secundarios**, como es el caso del cambium, tejido responsable del aumento del grosor del tallo; otras células meristemáticas secundarias se especializan en producir sustancias características de algunas plantas, así por ejemplo, el felógeno es el encargado de producir el corcho.



1. Tejido reproductor animal (ovario de gallina con óvulos).



2. Tejido reproductor vegetal (células madres del grano de polen en magnolia).



3. Grano de polen en lirio.



4. Tejido meristemático en yema vegetal.



Parénquima vegetal.

• **Tejidos permanentes o definitivos:** la mayoría de las células producidas por los tejidos meristemáticos, se transforman en tejidos permanentes de diversas clases, conformando la mayor parte de la planta. Estas células generalmente ya no se dividen y poco cambian de forma.

Los tejidos permanentes pueden subdividirse en: fundamentales, protectores o aislantes, absorbentes y conductores.

• **El tejido fundamental:** es uno de los tejidos más importantes de la planta, ya que sus células realizan funciones esenciales como la elaboración de alimentos, el sostén y la conexión de los demás tejidos.

El más abundante de los tejidos fundamentales es el **parénquima**, el cual se encuentra formando parte de las hojas, la pulpa de los frutos, las flores, y en raíces y tallos de las plantas

jóvenes. Además forma parte de la masa del cuerpo de las plantas inferiores.

El parénquima está constituido por células redondeadas, de paredes delgadas compuestas por celulosa, con una gran vacuola en su citoplasma. El tejido presenta numerosos espacios intercelulares ocupados por aire.

Las células parenquimatosas de los tallos jóvenes y de las hojas, contienen en su citoplasma pigmentos clorofílicos (cloroplastos) los cuales realizan la función de la **fotosíntesis** o elaboración de alimentos.

Otro tejido fundamental es el **colénquima**, formado por células alargadas, que se caracterizan por presentar un engrosamiento en sus aristas; sus paredes son más o menos gruesas formadas principalmente por celulosa. El colénquima es el primer tejido de sostén que se desarrolla, por tal motivo se le encuentra en plantas jóvenes, especialmente en tallos, pecíolos, en las nervaduras y partes blandas de las hojas.

El principal sostén de la planta es el tercer tejido fundamental, llamado **esclerénquima**, cuyas células presentan una pared dura y gruesa, formada por celulosa y lignina, sustancias producidas por el citoplasma. Estas células generalmente mueren cuando su pared alcanza el máximo grosor.

En el esclerénquima se presentan dos clases de células: las fibras y las células pétreas. Las **fibras** son células alargadas, cuya longitud pueden alcanzar los 50 centímetros; su membrana una vez endurecida alcanza tal grosor, que invade casi por completo la cavidad de la célula cuando ésta ha muerto. Las fibras se encuentran solas o formando haces y se presentan generalmente en el tallo y en la raíz. Debido a su flexibili-

dad y resistencia muchas veces se utilizan en la industria, caso del lino, o como materiales para hacer cuerdas y lazos.

Las células pétreas tienen también sus paredes endurecidas, pero no son alargadas. Se encuentran en las diferentes partes de la planta, especialmente en tallos, raíces, frutos y semillas. El tejido que forma la cáscara dura de los cocos y nueces es un ejemplo representativo de tejido formado por células pétreas.

• **Tejidos protectores o aislantes:** la función de este tejido es cubrir las superficies externas de la planta, para protegerla contra la sequedad del medio y cualquier tipo de lesión. La epidermis de las hojas y la capa de corcho o súber de tallos y raíces, son ejemplos de tejidos protectores.

Las células integrantes del tejido epidérmico, son de membranas gruesas, de formas irregulares, aplanadas en forma de ladrillos y unidas a otras sin dejar espacios intercelulares, exceptuando los sitios donde se encuentra un tipo especial de células llamadas **estomáticas**. La epidermis es una capa de células con las propiedades antes mencionadas, que cubre las hojas, las partes florales y los tallos y raíces de plantas jóvenes ya que cuando éstas comienzan a aumentar de grosor la epidermis se rompe y es remplazada por tejido suberoso.

Las células epidérmicas de la hoja, presentan en su parte externa, una sustancia cerosa e impermeable, llamada **cutina**, la cual es secretada por el citoplasma de dichas células. También es común que el citoplasma de las células se proyecte en forma de **pelos** unicelulares y pluricelulares. En el envés de las hojas, la epidermis se ve interrumpida por gran cantidad de pequeños poros, (estomas) los cuales



Corte de hoja: epidermis vegetal y estomas.

vistos con un instrumento de aumento (lupa o microscopio), aparecen compuestos por dos células en forma de riñón, como se observa en el dibujo.

El poro y las dos células constituyen en conjunto un **estoma**, que sirve para el intercambio de gases (en fotosíntesis y respiración) y para la eliminación de vapor de agua (transpiración). Las partes adultas de tallos y raíces están cubiertas por varias capas de un tejido llamado **suberoso** (corcho), el cual forma la corteza externa de dichos órganos. Las células de este tejido son aplanadas, de paredes delgadas constituidas por celulosa y una sustancia orgánica llamada **suberina**, que las hace impermeables al agua o al gas, constituyendo de esta forma un excelente protector para el tallo y la raíz. La célula de corcho vive muy corto tiempo ya que su protoplasma muere rápidamente, de tal manera que este tejido está formado por la membrana de

suberosa y el espacio que inicialmente ocupaba el protoplasma celular. Hay que tener en cuenta que el corcho industrial que nosotros conocemos, procede sólo de la corteza externa de un árbol llamado alcornoque.

• **Tejidos absorbentes:** a diferencia de la epidermis de hojas y tallos, la de raíces jóvenes no presenta cutícula y sus células están especializadas en ser permeables al agua y absorberla. En la región intermedia de la raíz, las células epidérmicas presentan protuberancias laterales, cuya finalidad es aumentar la superficie de absorción (ósmosis); tales protuberancias reciben el nombre de pelos absorbentes o radicales y la epidermis con esta característica recibe el nombre de rizodermis.

Quando la raíz envejece, una pequeña región cercana al ápice, conserva pelos absorbentes y son éstos los que realizan toda la función de absorción.

Raíz y pelos absorbentes.



• **Tejidos conductores:** son tejidos complejos, formados por diferentes clases de células, cuya función primordial es el transporte de materias dentro de la planta.

Los principales tejidos conductores en las plantas superiores son el xilema, conductor de agua y sustancias minerales y el floema, que lleva alimentos de una parte de la planta a otra.

El xilema está compuesto por parénquima y fibras de esclerénquima, tejidos ya estudiados; además por traqueidas y vasos. Las traqueidas son células muertas de paredes resistentes: se originan a partir de células cilíndricas, cuyos restos forman largos tubos por donde circula el agua con minerales disueltos. Las paredes laterales presentan perforaciones que comunican a las traqueidas entre sí, y las paredes terminales aparecen con perforaciones que comunican verticalmente unas con otras, formando finísimos vasos, por los cuales asciende el agua de las raíces hasta las hojas, por medio de fenómenos físicos, como la capilaridad entre otros.

Algunas traqueidas se caracterizan por presentar en sus paredes anillos helicoidales de celulosa.

El floema, está constituido principalmente por un tipo especial de células, que se mantienen vivas durante el tiempo que exista la planta. Son células alargadas, sin núcleo y con una vacuola central; el citoplasma periférico se comunica con el de otras células, por medio de unas perforaciones o cribas ubicadas en su pared celular. Así se forma un conducto de citoplasma continuo, llamado tubo criboso, el cual ayuda al transporte de alimentos, de los centros de elaboración, a las diferentes partes de la planta.

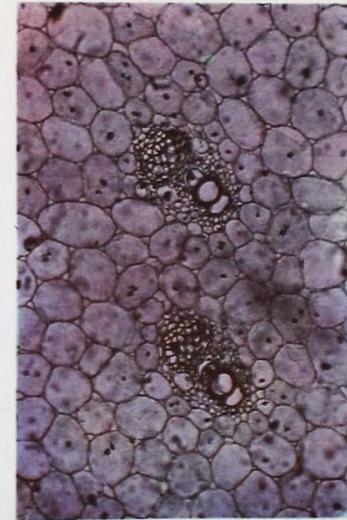
Es común encontrar al xilema y al floema, agrupados en manojos o haces, ocupando lugares definidos dentro de la raíz y el tallo. Los haces de xilema reciben el nombre de haces o vasos leñosos, ya que este tejido forma el leño de los troncos. Los haces de floema se denominan vasos liberianos.

• **Tejidos de secreción.** la eliminación continua de gases como el oxígeno, el gas carbónico, y el vapor de agua, productos finales del metabolismo vegetal, se hace a través de tejidos parenquimatosos y epidérmicos (estomas), los cuales en este caso se pueden considerar como tejidos excretorios.

Además en las diferentes clases de plantas, existen células encargadas de producir sustancias especiales y características, como resinas, gomas, esencias y alcaloides entre otras, las cuales se almacenan en vacuolas especiales dentro de su citoplasma. Estas sustancias en muchos casos son extraídas por el hombre y utilizadas para la alimentación, la industria y la medicina.

Otras células tienen función netamente glandular, ya que producen sustancias y las segregan, tal es el caso de las células encargadas de producir el néctar de las flores, sustancia que atrae insectos y pájaros, los cuales van a servir de agentes transportadores de polen de una planta a otra, para la fecundación.

• **Tejido reproductor:** la reproducción de las plantas se realiza de variadas formas, por lo cual es difícil hablar en general, de un tejido reproductor. Sin embargo, como lo hicimos en el caso de los animales, vamos a mencionar las células encargadas de la reproducción sexual de las plantas superiores ya que, las demás formas se estudiarán en niveles superiores.



Vasos conductores vegetales: xilema y floema.

Las células que intervienen en la reproducción de las plantas superiores, se originan en la flor, a partir de células especializadas para tal fin; generalmente se encuentran dentro de estructuras que las protegen.

El óvulo, célula femenina, es en realidad antes de ser fecundado una semilla rudimentaria. Presenta un pequeño orificio o micrópilo por donde debe entrar el núcleo del espermatozoide para fecundarlo, proveniente del grano de polen. Rodeando el óvulo se encuentran dos capas de células llamadas secundina y primina, cuya función es protegerlo. Dentro de las capas anteriores se encuentra el saco embrionario, que alberga la célula, huevo u oófera (que va a ser fecundada) y dos clases de células, situadas en dos extremos del saco,

denominadas **antípodas** y **sinérgidas**, las cuales intervienen en el desarrollo del embrión una vez fecundado el óvulo e iniciada la germinación (desarrollo de la semilla hasta la plántula).

El polen es una sola célula pero no se le puede considerar como la célula sexual masculina, aunque esta se forma a partir de él. La célula del grano de polen, posee una membrana formada por dos cubiertas, una externa de consistencia dura llamada **exina** y una interna y más blanda llamada **intina**. El grano de polen joven posee un núcleo el cual se divide en dos: el **núcleo vegetativo** y el **núcleo generativo**. Este último por una nueva división da origen a dos núcleos del espermatozoide, los cuales van a fecundar el óvulo.

En la siguiente página se encuentra el diagrama de los principales tejidos estudiados. Hay que recordar nuevamente que sólo en plantas y animales superiores encontramos todos los tipos de tejidos, los cuales comienzan a perder especialización y a simplificarse a medida que descendemos en la escala de los seres vivos.

Formación del óvulo vegetal y granos de polen.



res encontramos todos los tipos de tejidos, los cuales comienzan a perder especialización y a simplificarse a medida que descendemos en la escala de los seres vivos.

### c. Diferenciación celular

Al estudiar las células y los tejidos que integran, se puede observar que existe una estrecha relación entre su forma y la función que desempeñan. Así, las células cuya función es servir de sostén a los seres, como es el caso de los tejidos cartilaginoso y óseo en animales, y el colénquima y esclerénquima en las plantas, tienen grandes cantidades de sustancia intercelular o sus paredes están engrosadas por varias sustancias, lo cual facilita la función que desempeñan.

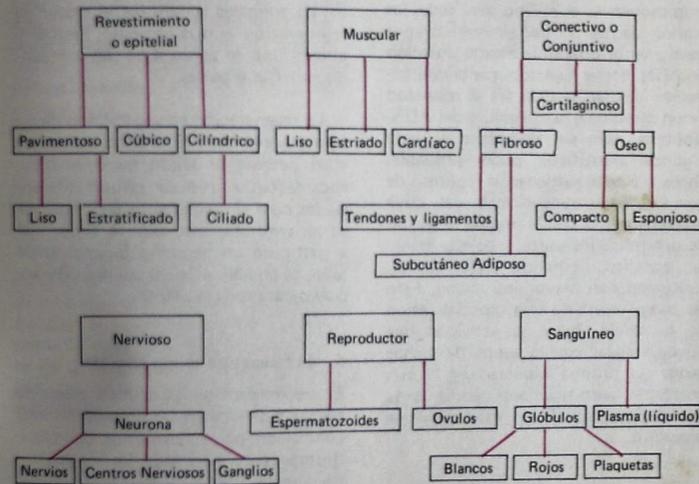
Sabemos que en los animales y al menos en las plantas que se reproducen sexualmente, todo ser proviene de una célula u óvulo fecundado y que por divisiones sucesivas de ésta, se producen todas las células especializadas del adulto.

El proceso por medio del cual las células adquieren características estructurales y funcionales específicas, durante el desarrollo de un individuo, se denomina **diferenciación celular**.

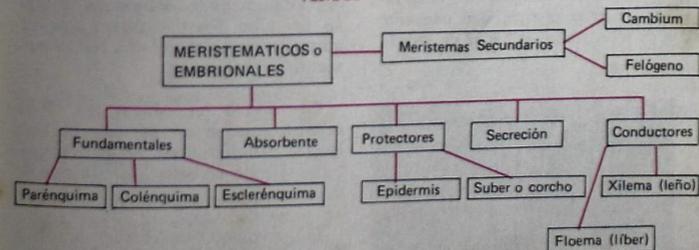
La posibilidad de dar origen a todas las células integrantes del ser, debe estar necesariamente presente en la célula u óvulo fecundado y es obvio pensar, que a medida que ésta se divide una y otra vez, se realiza la diferenciación. En algún momento de las continuas divisiones celulares deben resultar dos células que no son iguales y cuyos destinos serán diferentes, una irá por ejemplo, a formar parte del tejido muscular y otra, del cerebro.

## CUADRO ESQUEMATICO DE LOS PRINCIPALES TEJIDOS EN ANIMALES Y PLANTAS

### TEJIDOS ANIMALES:



### TEJIDOS VEGETALES:



¿Cómo ocurre la diferenciación celular? A pesar del enorme avance de las Ciencias Biológicas, es poco lo que en la actualidad se conoce sobre el mecanismo de la diferenciación celular.

Está demostrado que el número de cromosomas es el mismo para todas las células de un mismo individuo, por consiguiente poseen la misma dotación de ADN. Se ha sugerido que la diferenciación celular, podría ser el resultado de un cambio en la estructura del ADN, hipótesis aún sin demostrar y para algunos científicos poco probable. Otros biólogos sostienen la hipótesis de que existen sustancias químicas, cuya presencia en la célula impide la acción de determinados genes, y de esta manera, aquellos libres de dicha acción, funcionan con mayor intensidad. Esto de como resultado una especialización de la célula, hacia la actividad que puede realizar con la ayuda de dichos genes. La última hipótesis es la más aceptable, pero sigue aún pendiente la explicación científica a este problema biológico.

La capacidad de producir células diferenciadas es distinta en los diversos organismos. Por ejemplo, se observa que en muchas plantas una pequeña parte de ellas (tallo) es capaz de repro-

Virus del cáncer.



ducir toda la planta. Los animales inferiores a menudo presentan una capacidad extraordinaria para regenerar tejidos perdidos; así, un cangrejo que haya perdido una de sus tenazas, puede regenerar una nueva; una especie de lombriz de tierra puede formar un nuevo individuo a partir de un fragmento; en animales superiores el poder de regeneración es más limitado; heridas y quemaduras se curan si no son demasiado extensas y graves.

La regeneración en vegetales es de un tipo especial en la naturaleza, ya que en ellos persiste el tejido meristemático, encargado de producir células diferenciadas para el crecimiento o de reponer partes perdidas; esto explica el por qué a partir de un pequeño fragmento de tallo, se pueden originar células diferenciadas para toda la planta.

#### d. El cáncer: un tejido anormal

El crecimiento de las diversas clases de células y tejidos en los organismos está controlado por mecanismos complicadísimos, pero evidentes. En los adultos los índices de división celular deben mantener el equilibrio del organismo; dicho índice varía según la clase de tejido; por ejemplo, en el hombre, las células del tubo digestivo tienen una vida corta y el índice de división celular para sustituirlas es grande.

En cambio las células del tejido nervioso, tienen un período de vida larga y cuando mueren no son reemplazadas, siendo en este caso el índice de división nulo.

Sin embargo, los mecanismos que controlan el índice de la división celular, en algunos casos no funcionan adecuadamente, presentándose divisiones celulares desordenadas, las que ge-

neralmente ocasionan tumores malignos, conocidos con el nombre de **cáncer**. Por razones aún desconocidas, las células cancerosas se originan de células normales, las cuales, además de sufrir divisiones repetidas e incontrolables, pierden caracteres específicos, lo cual da como resultado una menor diferenciación. Esto origina grandes masas celulares en continuo crecimiento, que se nutren de tejidos sanos y que en última instancia, terminan por destruir el organismo.

Existen muchas variedades de cáncer y se presenta no sólo en el hombre y los animales, sino también en las plantas.

El principal problema del cáncer es determinar la causa que induce al crecimiento desordenado de las células y aunque es una enfermedad conocida desde la época de los egipcios, aún no se ha determinado la causa específica, por tal razón, una vez avanzada la enfermedad es incurable.

Actualmente existen en todos los países equipos de científicos, tratando de descifrar los misterios del cáncer y los resultados obtenidos presagian un triunfo sobre uno de los mayores azotes de la humanidad.

## 2. Organos, aparatos y sistemas

Como ya se dijo, las plantas y animales unicelulares, no están formados de tejidos y todas sus funciones las realiza la célula, única estructura corporal que poseen. En los seres pluricelulares, cada tejido se especializa en un trabajo específico, pero dicha especialización no indica un aislamiento, sino por el contrario, es evidente que los tejidos trabajan juntos.

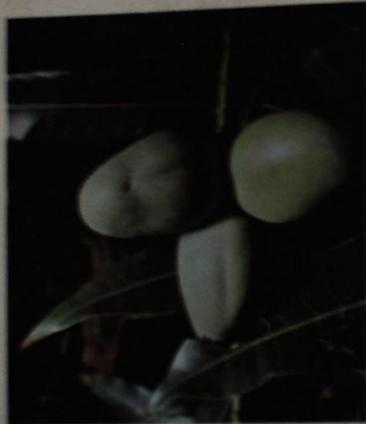


Organos animales.

### a. Organos

En los animales, los tejidos cuyas funciones están orientadas hacia un mismo trabajo se agrupan formando órganos. Por ejemplo el corazón, órgano encargado de impulsar la sangre por todo el cuerpo del animal, está integrado por tejidos diferentes, pero la función de cada uno, está encaminada a un trabajo común: "bombear" la sangre. Así, encontramos al corazón formado entre otros por tejido muscular cardíaco, tejido nervioso y un revestimiento interno formado por epitelio pavimentoso sencillo. Aquellos órganos que realizan idéntica función pero presentan estructura diferente reciben el nombre de **análogos**. Un ejemplo de órganos análogos lo constituyen las alas de ave y las de los insectos. Por el contrario, hay órganos que a pesar de poseer estructuras similares cumplen funciones distintas. Estos órganos reciben el nombre de **homólogos**, los que además se caracterizan por tener el mismo origen.

Un ejemplo de homología se observa en los miembros anteriores (brazo y antebrazo) del hombre, los gatos y las aves, los cuales guardan semejanza en su estructura y posición y sin embargo, cumplen funciones diferentes; en el hombre se utilizan para manipular obje-



Planta y sus órganos.

tos, en el gato para la locomoción y en un ave para el vuelo. Además, los órganos pertenecientes a un mismo individuo, y que tienen estructura semejante, como es el caso de vértebras y costillas reciben el nombre de homotipos.

Aunque la estructura de las plantas es diferente a la de los animales, sus tejidos también realizan funciones específicas, pero en realidad no se agrupan en órganos tan especializados como en los animales.

La raíz, el tallo, las hojas y las flores, los podemos considerar como los órganos de la planta, ya que están constituidos por diferentes tejidos, que realizan trabajos especiales. La raíz es el órgano de absorción y fijación; el tallo se encarga de la conducción y sostén; las hojas de la elaboración de alimentos y transpiración y finalmente las flores se encargan de la reproducción.

### b. Aparatos y sistemas

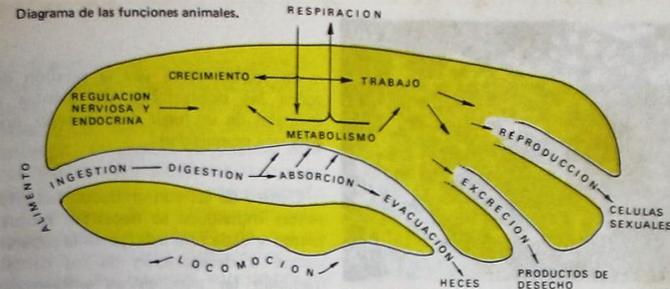
A medida que se aumenta la complejidad en la estructura de los seres se observa que no sólo los tejidos se agrupan para formar órganos, sino que estos también lo hacen, cuando sus funciones son semejantes.

Los órganos de los animales se pueden agrupar en aparatos y sistemas. Un aparato es el conjunto de órganos estructuralmente diferentes, pero que realizan una función común; así por ejemplo, la boca, los dientes, la lengua, el esófago, el estómago, el intestino y las glándulas anexas, forman el aparato digestivo, cuya función es la recepción, la asimilación y la absorción de los alimentos.

Otros aparatos y su función principal son: • El **circulatorio**, encargado del transporte de sustancias alimenticias; • el **respiratorio**, el cual realiza el intercambio de oxígeno y gas carbónico con el medio; • el **excretor**, el cual elimina las sustancias de desecho y el exceso de líquido; • el **secretor**, encargado de producir sustancias encargadas de la regulación fisiológica del interior del organismo y otras necesarias para el equilibrio con el medio; • el **reproductor**, encargado de producir nuevos individuos y finalmente, • el **aparato sensorial**, formado por los órganos de los sentidos, encargado de las relaciones de los individuos con el medio.

Un **sistema**, es un conjunto de órganos estructuralmente iguales y cuyas funciones tienen un fin común. Por ejemplo el **cerebro**, el **cerebelo**, la **médula espinal** y los **nervios**, están formados por un mismo tipo de tejido (neuronas) y las funciones de cada uno de ellos, están encaminadas a la regulación de los procesos del animal; por ello forman el **sistema nervioso**.

Diagrama de las funciones animales.



Otros sistemas son: • el **muscular**, cuya función es la locomoción y el movimiento en general; y • el **óseo**, encargado del sostén y protección del animal.

Los aparatos y sistemas que acabamos de nombrar, están presentes en la mayoría de los invertebrados y en todos los vertebrados. En algunos casos se realizan funciones sin la presencia de órganos especializados; por ejemplo, algunos gusanos carecen de aparato respiratorio y realizan el intercambio de gases directamente a través de la piel.

En otros casos, algunos órganos probablemente han desaparecido, por algún tipo de selección natural o evolución, como ocurre en el piojo y la pulga, insectos que perdieron sus alas. Otro ejemplo de lo anterior es el de algunos animales parásitos como la tenia, en los cuales ha desaparecido el tubo digestivo, innecesario en ellos, porque toman las sustancias alimenticias ya digeribles.

Muchos botánicos agrupan los órganos de las plantas superiores en dos sistemas: el **sistema radical**, generalmente localizado bajo el suelo y formado exclusivamente por la raíz y el **sistema aéreo**, integrado por el tallo y las hojas.

### 3. Vida multicelular: individuos y poblaciones

#### a. Individuos y agrupaciones coloniales

Hemos visto cómo está estructurada la materia viva y cómo se organiza para formar un ser vivo.

Estos conocimientos son el resultado de muchos años de observación, investigación y experimentación en organismos individuales, como hombres, insectos, pájaros, árboles, etc. Lo anterior se pudo lograr gracias al hecho de que:

“ todos los procesos vitales se realizan dentro de conjuntos individuales ”.

Así, por ejemplo dentro de nuestro cuerpo se realizan una serie de procesos vitales, independientes de los que se están realizando en el interior del cuerpo de otra persona; es decir somos “individuos”, como también lo son los perros dentro de la jauría, las gallinas en el corral, un árbol en un bosque. En los ejemplos anteriores es fácil distinguir un individuo de otro. Sin embargo, a veces es difícil hacerlo; por ejemplo, en un prado es trabajoso, por sola observación diferenciar una hierba individual de otra. Y aún es más complicado identificar individuos en el caso de las colonias, agrupaciones íntimas de individuos de la misma especie, en



Colonia coralina.

ocasiones tan compactas, que dan la impresión de ser un solo individuo. La fotografía muestra un animal marino, conocido con el nombre de coral. ¿Es un individuo? o ¿una colonia? A simple vista se puede observar que es un individuo de forma arborescente y vivos colores. Pero si se examina detenidamente, aparece formado por centenares de individuos interconectados entre sí, los cuales forman una especie de "casa" con una sustancia a base de calcio, secretada por ellos mismos, la cual constituye una cubierta con agujeros, a través de los cuales salen unos tentáculos pertenecientes a cada individuo. Característica importante de las colonias, es la capacidad que tienen sus individuos para independizarse y vivir separadamente.

#### b. Poblaciones y comunidades

Es un hecho que todos los seres vivos, presentes en un lugar están relacionados entre sí. Luego podemos hablar de "individuos", sólo cuando se analiza su estructura y funcionamiento interno, pero si se estudia su comportamiento, es necesario relacionarlo con los demás seres vivos con los cuales se interrelaciona. La agrupación más simple es la de individuos de una misma especie, la cual da origen a poblaciones; se habla de población de palomas, de mariposas

o de robles. A su vez la reunión de todas las poblaciones de plantas y animales de un lugar determinado, origina una comunidad.

Dentro de las comunidades, los diferentes individuos se necesitan mutuamente y cada uno influye en la supervivencia o desaparición de los demás. También las condiciones ambientales como la luz, el calor y la humedad, determinan gran parte de las características de una comunidad.

Estos planteamientos demuestran que un organismo o individuo no es un elemento aislado, sino que es un elemento importante de un sistema biológico en equilibrio, cualquiera que sea su naturaleza.

#### B. NIVELES DE ORGANIZACION

De acuerdo al grado de complejidad, los animales y plantas se pueden organizar en grupos, desde los más simples hasta los más complicados. Esta organización resulta un tanto difícil ya que el mundo viviente está integrado por una enorme variedad de seres vivos; se estima en un millón y medio el número de especies diferentes (un millón de animales).

Un primer paso de organización de los seres vivos, es clasificarlos en **protistas, animales y plantas**. Al primer grupo pertenecen los seres vivos unicelulares, cuya estructura como es lógico, no presenta tejidos; en ellos, todas las funciones vitales son realizadas por la única célula que presentan. Los otros dos grupos poseen una estructura pluricelular; y sus células presentan una especialización cada vez mayor, hasta el punto de conformar tejidos y órganos.

La diferencia más acentuada entre animales y plantas, es el sistema de alimentación. Los animales son de carácter **heterótrofo**, pues toman alimentos elaborados; en cambio las plantas fabrican sus propios alimentos (fotosíntesis), es decir, son de carácter **autótrofo**. A la anterior característica diferencial, puede agregarse el hecho, de que los animales reaccionan visiblemente ante estímulos; por ejemplo, ante un peligro (calor intenso) se alejan rápidamente; en cambio las plantas, aunque reaccionan ante ciertos estímulos, generalmente no lo manifiestan en forma visible.

Esta serie de analogías y diferencias permite agrupar a los organismos de varias formas, aunque la más interesante es aquella que tiene en cuenta, el grado de perfección de cada ser vivo. Así aparece una serie de niveles y categorías de organización, que van de lo simple a lo complejo. En dicha escala, aparecen los organismos, ocupando determinado lugar, según su grado de evolución.

##### 1. El umbral de la vida: los virus

Los virus son un foco de controversias entre los biólogos, ya que poseen una estructura tan rudimentaria, que muchos los consideran como seres sin vida. Sus propiedades son tan especiales, que resulta imposible asegurar de que son o no seres vivos, razón por la cual se les considera como un eslabón entre los dos grupos, algo así como un "umbral" o punto intermedio.

Los virus son tan pequeños, que por su tamaño se pueden situar entre las bacterias y las moléculas complejas de proteínas. Sólo se pueden observar y fotografiar con ayuda del microscopio

electrónico, el cual aumenta su tamaño de 100.000 a 500.000 veces.

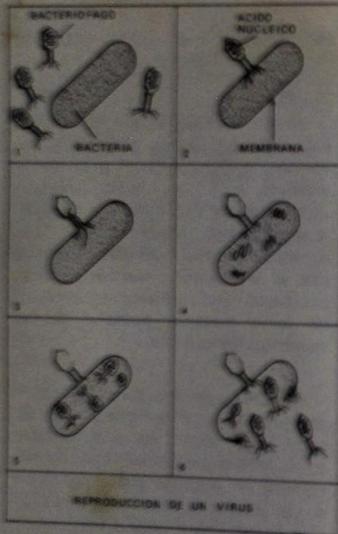
La forma de los virus es variada; los hay esféricos, cúbicos, alargados como bastones e irregulares. A pesar de la variedad de formas, todos presentan una estructura similar. Poseen una **capa protectora**, compuesta por agrupaciones de grandes moléculas de proteínas y un **núcleo o médula interior**, constituido por un filamento enrollado de ácido nucleico, portador de los elementos hereditarios.

Carecen de sistemas convertidores de energía y de enzimas razón por la cual, para "poder vivir", necesitan ubicarse en el interior de células vivas, convirtiéndose en parásitos obligados. Fuera de las células se mantienen en forma cristalizada (como piedras microscópicas), característica ausente en todos los seres vivos.

El parasitismo de los virus ocasiona graves enfermedades en plantas y animales, razón por la cual son auténticos agentes infecciosos. Aún más, existen virus que atacan bacterias, con el fin de utilizar el protoplasma de estas últimas, como materia prima de su reproducción.

En el hombre, los virus causan enfermedades como la poliomielitis, la viruela, el sarampión, la rubeola, y el resfriado común; naturalmente que existen muchas más en plantas y animales.

Esta gran variedad de enfermedades se debe a que determinada clase de virus sólo puede atacar un tipo específico de células.



En algunos casos presentan simultáneamente propiedades de animales y plantas.

Existen muchos tipos de protistos, pero los más característicos son:

#### a. Las bacterias

Son los organismos más pequeños que pueden identificarse como seres vivos; su tamaño oscila entre 1 y 5 milésimas de milímetro.

Muestran una estructura simple, conformada por una membrana celular de aspecto gelatinoso; en su interior aparecen algunos orgánulos poco definidos y en el centro está el núcleo, formado por una masa difusa dentro de la cual se encuentra un cromosoma.

El medio de vida y la nutrición en las bacterias varía de una especie a otra. Algunas son parásitas, como las que provocan la tuberculosis y la peste bubónica. Otras se alimentan de la materia orgánica de animales muertos, a la cual transforman en materia inorgánica que enriquece los suelos; a estas bacterias se les denomina "descomponedoras". Aunque la mayoría no poseen pigmentos clorofílicos, algunas tienen un pigmento químicamente parecido a la clorofila, el cual les permite sintetizar alimentos, a partir de gas carbónico y agua.

A pesar de que muchas bacterias producen graves enfermedades, también las hay benéficas para el hombre, como es el caso de las "levaduras", útiles en la obtención de alcohol por fermentación; otras llamadas "nitrificantes", fijan el nitrógeno al suelo, de donde los vegetales pueden asimilarlo.

Por ejemplo, los que ocasionan el polio y la rabia afectan únicamente células cerebrales y de la médula; los de viruela y sarampión atacan a las de la piel.

Para defender a los seres vivos de algunas enfermedades virales, existen vacunas que inmunizan las células al ataque de dichos virus.

En la figura se ilustra cómo un virus utiliza el cuerpo de una bacteria para reproducirse.

#### 2. Los protistos: nivel protoplasmático

Al reino protista pertenecen los seres vivos más primitivos de la naturaleza, quienes se caracterizan por su conformación unicelular y tamaño microscópico.

#### b. Los flagelados

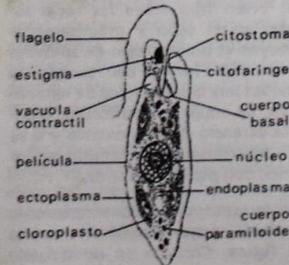
Se caracterizan por tener una o más prolongaciones en forma de látigo llamadas flagelos, los cuales utilizan para su locomoción.

Poseen la mayor parte de las estructuras de una célula común. Algunas, como la euglena que se muestra en la figura, poseen clorofila en su estructura. En presencia de la luz realizan fotosíntesis, pero en ausencia de esta, son capaces de tomar partículas alimenticias y digerirlas.

Muchos flagelados son de vida libre, como la euglena; otros se asocian en colonias como el volvox. Existen varias especies parásitas del hombre y los animales, a quienes suelen causar graves enfermedades. El más común es el Trypanosoma Rhodesiense, transmitido al hombre por la mosca tse-tse y que produce la enfermedad del sueño, característica del África Central.

#### c. Los esporozoarios

De cuerpo generalmente redondeado, sin elementos locomotores, lo cual los obliga a parasitar. El alimento lo absorben directamente del huésped; su respiración y excreción se realiza por difusión.



1. Euglena veridis.

Son los parásitos más difundidos en los animales y el hombre. El causante de la malaria o paludismo es el plasmodium, esporozoario transmitido al hombre por el mosquito anofelax.

#### d. Los sarcodarios

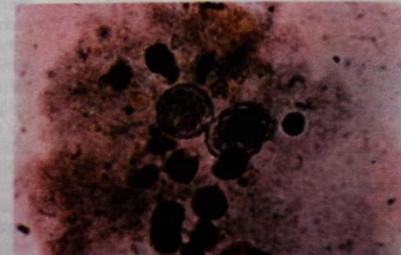
A este grupo de protistos, pertenece la ameba, quizá el organismo microscópico más común. La ameba no posee una forma definida, pues carece de una verdadera membrana. La finísima capa que la envuelve, permite que su cuerpo se deforme continuamente, emitiendo prolongaciones transitorias llamadas pseudópodos (falsos pies).

Los pseudópodos son utilizados por la ameba para su locomoción y en muchos casos para englobar el alimento.

La mayoría de estos organismos son de vida libre y de régimen alimenticio heterótrofo; sin embargo existen algunos parásitos, como la ameba disenterica, que provoca una enfermedad intestinal en el hombre, conocida con el nombre de disenteria.

#### e. Los ciliados

La característica más distintiva de este grupo, es la presencia de numerosas pestañas vibrátiles alrededor del cuerpo



2. Ameba.



Paramecium.

circulación del líquido citoplasmático; las vacuolas contráctiles son como el "corazón" del paramecio.

El paramecio posee dos núcleos de diferente tamaño, uno pequeño denominado micronúcleo y otro de mayor tamaño, el macronúcleo. Ellos contienen los elementos portadores de la herencia, necesarios para la reproducción del individuo. Esta puede realizarse por simple bipartición, aunque también se presenta un tipo de reproducción compleja, con caracteres de sexualidad.

En la figura se muestra un paramecio con sus principales partes.

**3. Niveles de organización en los animales**

**a. Nivel celular**

A este nivel pertenecen los animales formados por asociaciones de células con cierta especialización, pero que no se agrupan en verdaderos tejidos. Ciertas colonias de protistas con características animales, pueden incluirse en este nivel, donde lo más representativo es la esponja.

Las esponjas son animales en su mayoría marinos, que presentan en su cuerpo orificios o poros y conductos por los cuales circula el agua. Su tamaño oscila entre unos milímetros y un metro. Viven fijas sobre las rocas sumergidas en el agua y prácticamente constituyen el único grupo de animales inmóviles. La forma del cuerpo es variada; las hay con aspectos de láminas delgadas, de copas y ramificadas. Debido a la carencia de movimiento y a su silueta arborescente, a menudo se les confunde con plantas acuáticas.

Una de las esponjas más simples es la leucosolenia, cuya imagen se muestra en la figura. Consiste en un delgado

Paramecium.

celular, llamadas cilios, miembros locomotores de estos organismos.

El ciliado más representativo es el paramecio, organismo que se desplaza por sus propios medios; captura, digiere y asimila presas vivas (bacterias, algas unicelulares).

Cada presa es llevada por los cilios hasta la "boca" celular (citostoma); de allí, llega al interior del citoplasma por medio de una membrana tubular (citofaringe), la cual termina en unas pequeñas vesículas que contienen las sustancias químicas digestivas (vacuolas digestivas).

A medida que la digestión se realiza, la vacuola digestiva se transporta por movimientos del citoplasma, hasta situarse frente a un orificio, por donde se eliminan los productos de desecho.

La causa de los movimientos del citoplasma son dos vacuolas contráctiles, quienes toman y expulsan agua rítmicamente; este hecho produce la

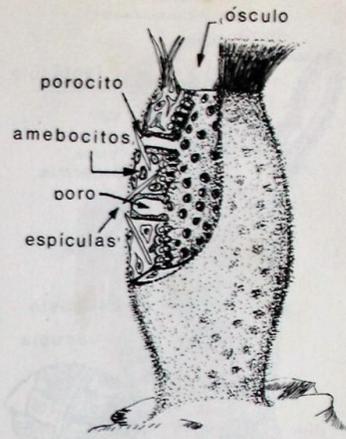
saco, con una cavidad central llamada espongiocele, la cual termina en una abertura superior, el ósculo.

La pared del cuerpo consta de tres capas: la externa, formada por células planas de revestimiento, con características de epitelio; la interna, que contiene células flageladas o coanocitos y la capa media, integrada por una sustancia gelatinosa (mesénquima) y diferentes clases de células libres, (amebocitos) con propiedades parecidas a la ameba.

El agua con partículas alimenticias penetra por los poros en el espongiocele, y regresa al exterior por el ósculo. Las partículas de alimento quedan en el interior, donde son digeridas. Gran parte de las actividades vitales las realizan las células por separado, sin embargo, existe correlación en sus funciones. Los coanocitos toman el alimento de una manera similar a los protistas, y gran parte de estas sustancias pasan a los amebocitos, antes de ser totalmente digeridas por los primeros. La respiración y la excreción las realiza cada célula.

Los amebocitos comprenden varias clases de células con funciones específicas, así: los escleroblastos y los espongioblastos dan origen a una sustancia calcárea, elemento primordial del esqueleto de la esponja. Los miocitos son células contráctiles o esfínteres reguladores de la entrada del agua. Los arqueocitos, que se transforman en gámetas, (óvulos y espermatozoides) para la reproducción sexual, o en yemas para la asexual.

En conclusión, las esponjas son agregados de células con alguna especialización, las cuales, a pesar de estar organizadas en estratos o capas, no conforman verdaderos tejidos, ni mucho menos órganos.



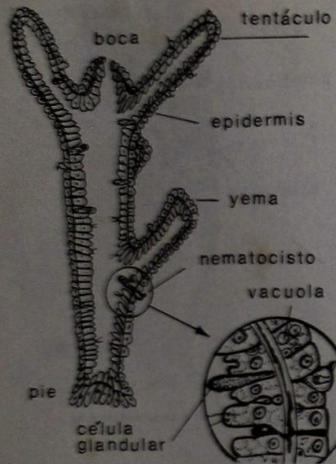
Corte de esponja leucosolenia.

**b. Nivel tisular**

Los animales de este nivel presentan agrupaciones celulares con funciones específicas, que se pueden catalogar como tejidos, aunque todavía las células presentan propiedades independientes parecidas a las del nivel anterior. Un ejemplo de dichos tejidos primitivos, es la red nerviosa presente en los animales de este nivel, formada por un grupo de células en interconexión y especializadas para transmitir impulsos.

La hidra de agua dulce, animal representativo de este grupo, posee un cuerpo a manera de cilindro cerrado en el extremo inferior. En el superior presenta una "boca" rodeada por 6 a 10 tentáculos huecos. La boca conduce a una cavidad interior llamada enterón.

La pared del cuerpo y de los tentáculos consta de dos capas celulares. Una externa delgada o epidermis, cuyas células realizan funciones protectoras y sensitivas; y una capa interna o gastro-



Corte transversal de hidra.

dermis, más gruesa que la anterior, encargada principalmente de la función digestiva. Entre ambas capas existe una sustancia gelatinosa no celular denominada mesóglea, parte fundamental del armazón del cuerpo.

Las células constituyentes de la hidra no son iguales y se pueden dividir por su forma y función en varios tipos, así:

- **Células epitelio musculares**, que estructuran la cubierta externa (epidermis) del cuerpo y recubren la mayor parte de la pared del enterón (gastrodermis). Las de la epidermis actúan como un músculo que contrae o alarga el cuerpo de la hidra.

Las de la gastrodermis o pared del enterón tienen doble función, una muscular (aumentan o disminuyen el diámetro de dicha cavidad) y otra digestiva (absorben el alimento para todo el cuerpo).

- **Células glandulares**, unas se encuentran en la parte inferior de la hidra y segregan una sustancia pegajosa que permite al animal fijarse a superficies sólidas; otras se ubican en la gastrodermis y secretan enzimas para la digestión del alimento.

- **Nidoblastos**, son células modificadas, que poseen una cápsula con un tubo filamentoso enrollado, estructura que el animal suele expulsar violentamente para capturar presas o como medio de defensa; estas células sólo pueden actuar una vez.

- **Células intersticiales**, cuya finalidad es la de transformarse en gametas (óvulos y espermatozoides) o en yemas; también pueden modificarse en nidoblastos.

Diseminadas en la epidermis se encuentra un quinto grupo de células, llamadas **sensoriales**. Estas poseen fibras receptoras de estímulos e impulsos y otras, que las conectan entre sí: el conjunto forma una especie de red nerviosa, que se une con el epitelio muscular para integrar un complejo mecanismo sensitivo-motor, hecho que demuestra el progreso de la organización de las células. Sin embargo, dichos tejidos especializados aún no se agrupan en órganos complejos.

#### c. Nivel orgánico

Los seres vivos de este nivel presentan diferentes clases de tejidos, en su mayoría dispuestos en órganos.

Los gusanos planos son los animales más simples, provistos de órganos bien desarrollados. La planaria, es un gusano plano de unos 2 centímetros de largo, cuyo habitat es el agua fría de ríos y lagos. Posee varios órganos, entre los que se destacan una proboscis en la

región ventral, compuesta de boca y faringe, necesaria para la ingestión de alimentos; **manchas oculares** (ojos primitivos) y otros órganos sensitivos en la cabeza; un **ganglio cerebral** (primitivo cerebro) de donde salen un par de cordones nerviosos que recorren todo el cuerpo; finalmente un órgano reproductor integrado por un par de ovarios, muchos testículos y órganos anexos, indispensables para la reproducción.

#### d. Nivel de sistema de órganos.

A partir de los gusanos planos, los animales presentan órganos más definidos, quienes generalmente se agrupan para formar sistemas.

En el estudio de tejidos y órganos, vimos cómo estos últimos se organizan en varios aparatos y sistemas, de los cuales se enumeran los presentes en animales superiores y el hombre.

Sin embargo, no todos ellos aparecen en los organismos pertenecientes a este nivel.

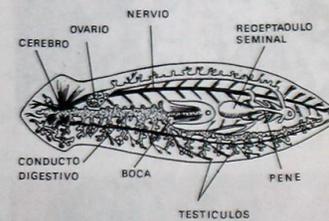
Existen además diferencias morfológicas entre los sistemas y aparatos de los animales; así, el aparato digestivo puede ser incompleto o completo, diferenciándose uno del otro, en que en el primero, un orificio externo realiza simultáneamente las funciones de boca y ano, mientras que el segundo, posee dos orificios, uno es la boca y el otro el ano.

El aparato circulatorio puede ser de tipo abierto, es decir, la sangre bombeada desde el corazón, llega directamente a células y tejidos; o de tipo cerrado en el cual la sangre circula por conductos como venas y arterias.

El sistema esquelético puede hallarse encerrado en el cuerpo (endoesqueleto) o completamente fuera de él (exoesqueleto).



Cuerpo humano y sus órganos.



Corte de planaria.

#### 4. Niveles de organización en las plantas

De acuerdo a la especialización de las células, en las plantas se distinguen tres

niveles evolutivos: las talófitas, las briófitas y las cormófitas. En dicha división se tiene en cuenta, a más de la especialización celular, la evolución de tejidos para formar los órganos principales de las plantas superiores, como son la raíz, el tallo y las hojas.

#### a. Talófitas

El nombre de talófitas deriva de la palabra talo, nombre que se da al cuerpo de las plantas en las cuales no se diferencia la raíz, el tallo, ni las hojas. El talo es siempre pluricelular; su organización va de simples agregados celulares esféricos o filamentosos como es el caso de algunas algas verdes, hasta formas externamente muy diferenciadas, con estructuras que semejan raíces, tallos y hojas de las plantas superiores, y que en algunos casos realizan funciones parecidas; sin embargo, no alcanzan jamás a formar los verdaderos tejidos que integran dichos órganos en niveles superiores.



1. Hongos, musgos y líquenes



2. Alga marina

A las talófitas pertenecen las algas y los hongos. En las primeras, sus células poseen pigmentos clorofílicos, que les permiten la elaboración de alimentos (autótrofos), mientras que los segundos deben obtenerlos (heterótrofos).

La mayoría de las talófitas son acuáticas, pues sus membranas celulares carecen de sustancias que evitan la evaporación, como lo hace el suber en las plantas superiores.

El talo carece de elementos especiales de sostén, por tal razón las talófitas terrestres, como los hongos superiores, yacen más o menos aplicadas al suelo.

#### b. Briófitas

Este grupo de plantas ocupa una posición intermedia entre los talófitos y los cormófitos; la mayoría de ellas, si bien poseen "tallos" y "hojas", carecen todavía de raíces. Su tallo y hojas poseen estructuras tan primitivas que no pueden homologarse con los de las plantas superiores (cormófitas). A este nivel de organización pertenecen los musgos. Como las células de la epidermis tienen una cutícula impermeable ausente en los talófitos, la mayoría de las briófitas son terrestres, aunque muestran una marcada preferencia por los sitios húmedos.

#### c. Cormófitas

Son las plantas que han alcanzado el mayor grado de especialización celular; sus tejidos se diferencian estructural y funcionalmente. Unos realizan la absorción de agua y minerales; otros se encargan de la conducción de estos elementos; los hay que dan sostén y protección a la planta.

La mayoría son terrestres, y naturalmente poseen adaptaciones específicas para este tipo de vida, como es el caso

de la raíz. El hecho que más los caracteriza, es la presencia de un cuerpo o **cormo**, básicamente formado por raíz, tallo y hojas.

Al grupo de los cormófitos o plantas superiores, pertenecen los helechos y plantas afines; los pinos y similares, y toda esa variedad de plantitas, arbustos y árboles con flores.

Son éstas en realidad, las plantas más conocidas por nosotros.



El helecho: planta cormófitas.

### Conceptos Fundamentales

**Unicelulares.** Organismos constituidos por una sola célula.

**Pluricelulares.** Organismos conformados por dos o más células.

Organismos

**Histología.** Parte de la Biología encargada del estudio de los tejidos animales y vegetales.

**Tejido.** Material compuesto por células especializadas en determinada función.

**Neurona.** Célula propia del tejido nervioso; está especializada en recibir un estímulo, conducirlo hasta los centros nerviosos y retornar con la respuesta.

**Parenquima.** Tejido fundamental de los vegetales rico en clorofila.

**Colénquima.** Tejido fundamental de los vegetales, que cumple funciones de sostén en las plantas jóvenes.

**Esclerenquima.** Tejido fundamental de los vegetales, que constituye el principal sostén de las plantas desarrolladas.

**Organo.** Grupo de tejidos que llevan a cabo una o más funciones.

**Organos análogos.** Aquellos que realizan una misma función pero tienen una estructura y origen diferente, por ejemplo, las alas de un ave y las de una mariposa.

**Organos homólogos.** Aquellos que cumplen funciones distintas aunque muestran la misma estructura, como ocurre con las extremidades anteriores del hombre y del gato.

## INDICE

|                 |   | Página |
|-----------------|---|--------|
| <b>UNIDAD 1</b> | <b>"SERES DE LA NATURALEZA"</b>   |        |
|                 | A. Generalidades . . . . .  | 3      |
|                 | B. El ser vivo como sistema dinámico . . . . .                                    | 8      |
|                 | C. La biosfera en el cosmos . . . . .   | 15     |
|                 | D. La vida, origen y evolución . . . . .  | 19     |
| <br>            |   |        |
| <b>UNIDAD 2</b> | <b>"SISTEMAS QUIMICOS Y FISICOS DE LA VIDA"</b>                                   |        |
|                 | A. Naturaleza de la materia . . . . .   | 31     |
|                 | B. Sistema fisicoquímicos observables en los seres vivos . . . . .                | 46     |
|                 | C. Sistemas coloidales . . . . .  | 56     |
| <br>            |   |        |
| <b>UNIDAD 3</b> | <b>"CONSTITUYENTES QUIMICOS DE LA MATERIA VIVA: BIOELEMENTOS Y BIOCAMPUESTOS"</b> |        |
|                 | A. Composición de los seres vivos . . . . .                                       | 59     |
|                 | B. Los bioelementos . . . . .   | 61     |
|                 | C. Los biocompuestos . . . . .  | 75     |
| <br>            |   |        |
| <b>UNIDAD 4</b> | <b>"LA CELULA Y LA VIDA"</b>  |        |
|                 | A. Investigaciones celulares a través del tiempo. . . . .                         | 88     |
|                 | B. La forma y tamaño de la célula . . . . .                                       | 90     |
|                 | C. Composición química de la célula . . . . .                                     | 91     |
|                 | D. ¿De qué partes consta la célula? . . . . .                                     | 91     |
|                 | E. Organización del trabajo celular . . . . .                                     | 92     |
|                 | F. Análisis de las partes celulares . . . . .                                     | 93     |
|                 | G. Dinamismo de los componentes celulares . . . . .                               | 102    |
|                 | H. Análisis comparativo entre las células animal y vegetal . . . . .              | 106    |
|                 | I. Fisiología celular . . . . .   | 107    |
| <br>            |   |        |
| <b>UNIDAD 5</b> | <b>"ORGANIZACION DE LOS SERES VIVIENTES"</b>                                      |        |
|                 | A. Células como parte de organismos pluricelulares. . . . .                       | 115    |
|                 | B. Niveles de organización . . . . .  | 134    |

VOLUNTAD - SECUNDARIA

| Area                            | Título               | Clave | 1º                    | 2º                    | 3º                    | 4º                    | 5º                    | 6º                    |
|---------------------------------|----------------------|-------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| ESPAÑOL                         | Educación Creativa   | 1     | <input type="radio"/> |
| HISTORIA                        | Educación Creativa   | 1     | <input type="radio"/> |
| GEOGRAFIA                       | Educación Creativa   | 1     | <input type="radio"/> |
| CIENCIAS                        | Educación Creativa   | 1     | <input type="radio"/> |
| MATEMATICA                      | Educación Creativa   | 1     | <input type="radio"/> |
|                                 | Tablas de Logaritmos | 2     | <input type="radio"/> |
| FISICA                          | Voluntad - Longman   | 3     | <input type="radio"/> |
| QUIMICA                         | Voluntad - Longman   | 3     | <input type="radio"/> |
| INGLES                          | Target               | 4 y 5 | <input type="radio"/> |
|                                 | New Concept English  | 4     | <input type="radio"/> |
| FILOSOFIA                       | Voluntad             | 3     | <input type="radio"/> |
| COMPORTAMIENTO Y SALUD          | Voluntad             | 3     | <input type="radio"/> |
| SALUD, ALIMENTACION Y NUTRICION | Voluntad             | 6     | <input type="radio"/> |
| RELIGION                        | Voluntad - Codexal   | 3     | <input type="radio"/> |
| TECNICAS DE ESTUDIO             | Voluntad             | 6     | <input type="radio"/> |
| PSICOLOGIA                      | Voluntad             | 6     | <input type="radio"/> |
| APRECIACION ARTISTICA           | Voluntad             | 6     | <input type="radio"/> |

- 1 - Manuales, Fichas de Trabajo y Parceladores
- 2 - Un libro para varios cursos y materias
- 3 - Manuales y parceladores
- 4 - Con materiales audiovisuales complementarios (cintas, casetes, discos, filmulas, diapositivas, láminas murales) y libros de lectura suplementarios
- 5 - Manuales, Cuadernos de Trabajo y Guías para el Profesor
- 6 - Libro para desarrollo de áreas técnicas, vocacionales, de interacción o deportivas