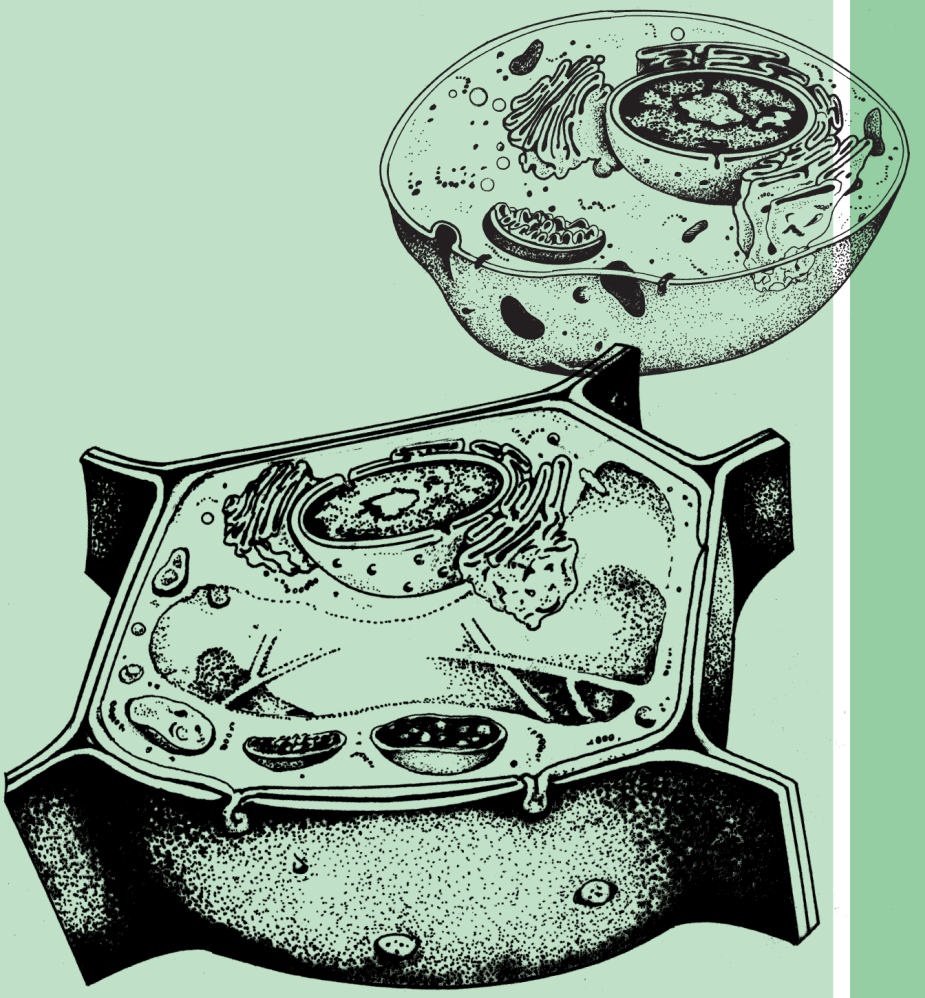
LIBRO DE DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



Biología 4

10° grado

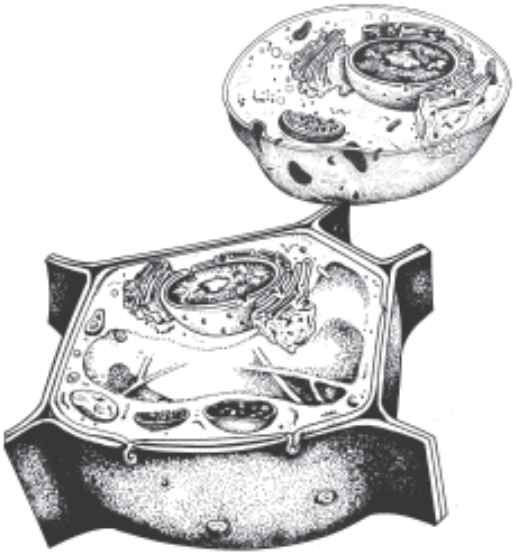
Parte 1

BIOLOGÍA 4

Décimo grado

Parte 1

Dr. Rolando Juan Portela Falgueras
Lic. Raquel Rodríguez Artau
Lic. María Isabel Delgado Ortiz
Prof. Sara Yaunner González
Lic. Ana Leiva González
Prof. Yara Luisa Cárdenas Cepero
Lic. Hildelisa Leal Díaz
M. C. Margarita Mc Pherson Sayú



Editorial
Pueblo y Educación

Edición: Ing. Sabina Miranda Torres
Diseño: Bienvenida Díaz Rodríguez
Elena Faramiñán Cortina
Ilustración de cubierta: Luis Bestard Cruz
Ilustración: Luis Bestard Cruz
Ma. Elena Duany Alayo
Lucrecia Arnaiz Pérez
Emplane: Santiago Rodríguez García
Realización: Sonia Elena Rodríguez García
Onexis Pino Correa

© Ministerio de Educación, 2001
© Editorial Pueblo y Educación, 2001

ISBN 959-13-0752-7 Obra completa
ISBN 959-13-0753-5 Parte 1

EDITORIAL PUEBLO Y EDUCACIÓN
Ave. 3ra.A No. 4605 entre 46 y 60,
Playa, Ciudad de La Habana,
Cuba. CP 11300.

AGRADECIMIENTO

Este libro es el fruto del esfuerzo conjunto de un colectivo de autores, integrado por profesores del ISP "Enrique José Varona" y el IPVCE "Vladimir Ilich Lenin", y metodólogos del Ministerio de Educación; el cual surge ante la necesidad de contar con un libro de texto para el décimo grado de la Educación General Politécnica y Laboral, en el que desde hace algunos años se imparte la primera parte de la asignatura Biología 4.

En la elaboración del contenido hemos tenido en cuenta, que los capítulos y epígrafes se correspondan con las diferentes temáticas previstas en el programa de la asignatura en este grado del nivel preuniversitario; no obstante, en algunos casos ha sido necesario modificar el orden de los contenidos e incorporar otros, a fin de posibilitar una mejor comprensión de los temas objeto de estudio. Algunos fragmentos del contenido, sabías que..., y tareas de la parte correspondiente al nivel celular del libro de texto de igual nombre de onceno grado, los hemos incorporado a este texto, ya que mantienen su actualidad y se corresponden con el enfoque dado. De igual forma, se mantienen las mismas actividades prácticas, al conocer que están previstas en el programa y que son de estricto cumplimiento; estas pueden ser enriquecidas e incorporarse otras, en correspondencia con la lógica del contenido y las condiciones de equipamiento en cada centro.

La elaboración de las orientaciones para la realización de las actividades prácticas es el resultado de una investigación desarrollada por el Dr. José Zilberstein Toruncha, del Instituto Central de Ciencias Pedagógicas, y contó, además, con la colaboración de los profesores Juan F. Otero Fernández y Felipe Lara Hernández.

Agradecemos las sugerencias realizadas por numerosos profesores y metodólogos de las provincias Holguín, Santiago de Cuba y Ciudad de La Habana. De igual forma agradecemos la participación de las profesoras Alina Rivero Fernández y María Teresa Santamaría Arbona, del IPVCE "Vladimir Ilich Lenin" de Ciudad de La Habana, así como a Ileana Linares Farmoso, metodóloga del equipo de preuniversitario del Ministerio de Educación, por la revisión de algunos capítulos del libro de texto.

Quisiéramos expresar nuestra más profunda gratitud a estos compañeros que han enriquecido el texto con sus señalamientos y sugerencias; así como también, a Maritza Montero Álvarez por su aporte en la mecanografía de gran parte del material.

Los autores

AL ALUMNO

Este libro constituye el texto de la primera parte de la asignatura Biología 4, correspondiente al décimo grado de la Educación General Politécnica y Laboral, con el cual se inicia el estudio de la biología en el preuniversitario.

Está estructurado en introducción, cuatro capítulos y conclusiones, donde se tratan diferentes temas relacionados, fundamentalmente, con el nivel celular. Estos capítulos tienen su continuidad en el estudio correspondiente al nivel de organismo, en el onceno grado.

En el capítulo 1 se estudian las moléculas básicas que constituyen a los sistemas vivientes y los niveles de organización de la materia. Su contenido servirá de base para el resto de los capítulos de esta primera parte, en décimo grado; así como los correspondientes a la segunda parte, en onceno grado.

En el capítulo 2 se estudian las características más generales de los virus, sus formas de multiplicación y las relaciones de estos con los organismos.

Los capítulos 3 y 4 están dedicados al estudio del nivel celular. En estos se analizan las características más generales de las células, en cuanto a su estructura-función y su relación con el medio ambiente, además de los procesos metabólicos que tienen lugar en este nivel y que revelan el carácter dinámico de la célula.

Al final de cada capítulo, se encuentran las prácticas de laboratorio que te serán de utilidad e interés por las posibilidades que ofrecen para aplicar los conocimientos aprendidos. Estas actividades podrás reconocerlas dentro del libro de texto por una lupa, que es la viñeta que las identifica.

En el tratamiento del contenido, aparecen los sabías que..., los cuales ofrecen informaciones interesantes y curiosas sobre los temas tratados.

Las tareas que aparecen al final de cada epígrafe, constituyen un elemento de trascendental importancia para que puedas controlar tus conocimientos y consolidar lo aprendido acerca del contenido de cada capítulo. Mediante la viñeta de un signo de interrogación las podrás identificar fácilmente en el texto.

Al final del libro se incluye un vocabulario en el que aparecen algunos términos químicos y biológicos, que te permitirán una mejor comprensión de los diferentes temas que se tratan. En el contenido del texto, algunos de estos términos se han señalizado con un asterisco (*).

Esperamos que este libro contribuya a enriquecer tus conocimientos biológicos; de ser así, estaremos muy satisfechos por haber contribuido a tu preparación como estudiante.

Los autores

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN / 1

La biología como ciencia / 1
Breve reseña histórica del desarrollo de la biología en Cuba / 3
La Biología como asignatura / 6
Práctica de laboratorio 1 / 8

1 LOS COMPONENTES QUÍMICOS DE LA VIDA Y LOS NIVELES DE ORGANIZACIÓN DE LA MATERIA / 12

Bases moleculares de la vida / 12
Niveles de organización de la materia / 24
Práctica de laboratorio 2 / 30

2 LOS VIRUS / 33

Características generales de los virus / 33
Ciclo de multiplicación de los virus / 36
Relaciones de los virus con los organismos / 38

3 FUNDAMENTOS BÁSICOS DEL NIVEL CELULAR / 44

Teoría celular / 44
La célula: célula procariota y célula eucariota / 45
Membrana citoplasmática. Características fundamentales / 53
Pared celular. Características generales / 58
Citoplasma. Características fundamentales / 59
El núcleo. Estructura. División celular / 67
Práctica de laboratorio 3 / 74
Práctica de laboratorio 4 / 75

4 PROCESOS METABÓLICOS CELULARES / 77

Consideraciones generales del metabolismo / 77
Metabolismo degradativo / 79
Procesos de síntesis celular / 89
Práctica de laboratorio 5 / 105
Práctica de laboratorio 6 / 106

CONCLUSIONES / 108

Unidad e integridad celular. El dinamismo celular / 108

Vocabulario / 111

INTRODUCCIÓN

La biología como ciencia

El estudio de la **vida** conduce necesariamente a profundizar en su significado y a preguntarnos sobre su surgimiento y desarrollo; las formas en que se manifiesta y su mantenimiento en el tiempo y en el espacio. Estos aspectos constituyen importantes elementos a estudiar por las ciencias naturales y, en especial, por la biología.

Evidentemente, en la búsqueda de información a estas inquietudes relacionadas con la esencia de la vida, debemos partir de la definición de **biología;** *esta constituye la ciencia natural que estudia la vida y con ella a los sistemas vivientes.*

La asignatura Biología 4, en esta primera parte, nos ofrece respuestas a las inquietudes y crea las bases para que podamos continuar profundizando sobre estas, durante el resto de los estudios preuniversitarios.

Las ciencias naturales estudian diferentes movimientos de la materia, como el movimiento físico, el movimiento químico y el movimiento biológico. La biología, en particular, tiene como objeto de estudio el **movimiento biológico,** *que es el movimiento que caracteriza a todos los sistemas representativos de la vida: las células, los organismos, las poblaciones, las comunidades y la biosfera.* Estos sistemas tienen particularidades que las hacen diferentes de la materia no viva, como son: *la presencia de biomoléculas, que constituyen sus estructuras y que participan en el metabolismo, el proceso de reproducción, que tiene como resultado su conservación en el tiempo y en el espacio, y el intercambio continuo y regulado de sustancias, energía e información con el medio ambiente.*

El desarrollo de la biología, como cualquier ciencia, requiere tanto de un sistema de conocimientos como de métodos que posibiliten su estudio. En los conocimientos biológicos se reflejan los de otras ciencias que aportan conocimientos afines, como los de la química, la física y la matemática. Por ello es que los métodos propios de estas ciencias, también se encuentran reflejados dentro de los que han posibilitado el desarrollo de la biología como ciencia.

Los métodos de estudio de la biología hacen posible que los investigadores puedan explicar los fenómenos observados y establecer las relaciones necesarias entre estos y otros fenómenos naturales, de forma tal, que puedan ser explicados científicamente. Estas explicaciones permiten el análisis teórico de la biología, mediante la formulación de los conceptos, las leyes y las teorías que forman el sistema de conocimientos biológicos.

En general, los métodos de estudio más utilizados en biología son: la observación y la experimentación. La **observación** constituye un importante método, que en biología ha estado asociado al logro de relevantes descubrimientos científicos. Este método se ha desarrollado en el tiempo, desde una contemplación simple de la naturaleza, hasta otras más complejas y precisas que requieren el auxilio de instrumentos ópticos y otros útiles de laboratorio.

Los científicos realizan dos clases de observaciones: *cualitativas* y *cuantitativas*. Las *primeras* permiten la descripción de características y se realizan con los órganos de los sentidos,

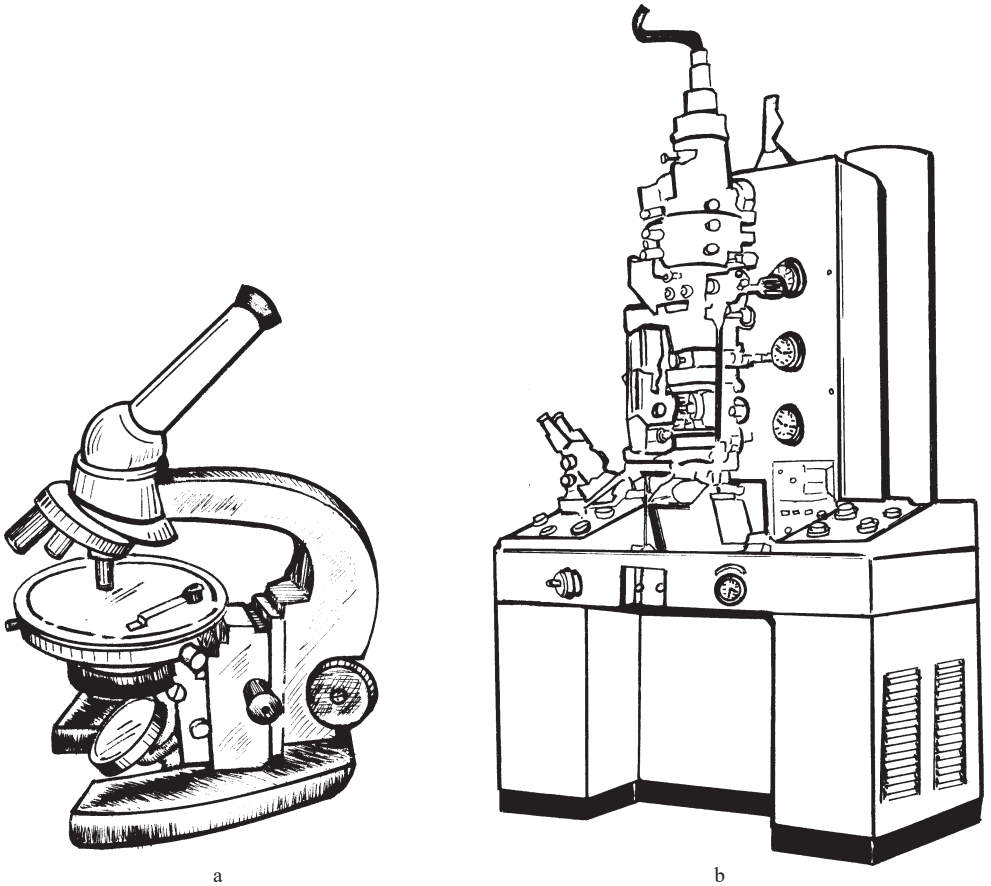
generalmente, sin ayuda de instrumentos. Las *segundas* implican el manejo de cantidades y requieren de mediciones precisas y cuidadosas con instrumentos especiales.

Mediante la **experimentación** se reproduce el orden y las relaciones de hechos, procesos y fenómenos observados en la naturaleza. Esta constituye una importante etapa de la investigación, que por lo general, es diseñada a fin de resolver un problema científico y verificar en la práctica los conocimientos teóricos. El experimento debe ser diseñado adecuadamente para así ahorrar tiempo, esfuerzos y conducir a resultados significativos.

En biología, la experimentación exige de la utilización de tecnología cada vez más moderna, que permita obtener los resultados que esta ciencia debe aportar para satisfacer las necesidades sociales contemporáneas.

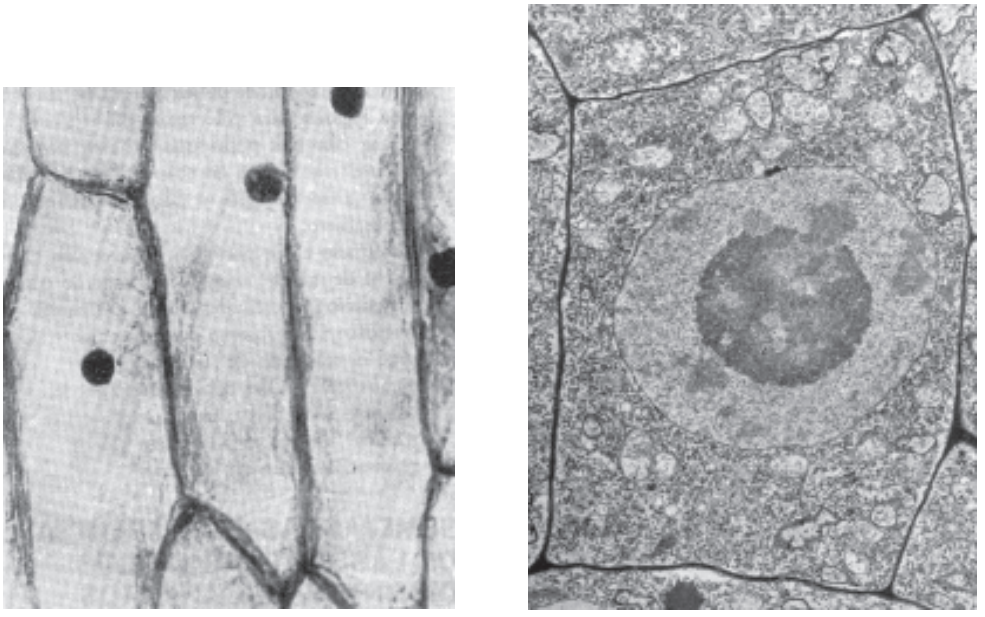
En la experimentación biológica se destaca el empleo de exámenes de microscopia, por la importancia que tiene esta tecnología para el desarrollo de las investigaciones que se desarrollan a nivel celular y molecular. En particular, en la observación y la experimentación celulares son imprescindibles instrumentos como la lupa, el microscopio óptico y el microscopio electrónico, tanto por el pequeño tamaño, como por la transparencia del material biológico objeto de estudio (fig. 1).

De todos estos equipos, el de mayor poder de resolución, y por tanto, el que mayor aumento posibilita, es el microscopio electrónico, mediante el cual es posible observar la ultraestructura celular, o sea, observar un mayor número de detalles en las estructuras celulares (fig. 2).



a b

Fig. 1 Microscopio: a) óptico; b) electrónico.



a b

Fig. 2 Células vegetales: a) vistas al microscopio óptico; b) vistas al microscopio electrónico.

Tarea

1. Consulta el vocabulario y copia la definición de vida. Teniendo en cuenta los estudios que realizaste en grados anteriores, plantea ejemplos que demuestren que la biología es la ciencia natural que estudia la vida y a los sistemas vivientes.
2. ¿Por qué podemos afirmar que una célula, como una neurona y un organismo, como una lagartija, presentan características de unidad que los hacen diferentes a la materia no viva?
3. Investiga las ventajas del empleo de la microscopia electrónica en la observación y la experimentación biológicas.

Breve reseña histórica del desarrollo de la biología en Cuba

El inicio del estudio descriptivo y sistemático de los sistemas vivientes se remonta a los siglos XVII y XVIII. En nuestro país, estos estudios fueron realizados por numerosos científicos naturalistas, los cuales enriquecieron fundamentalmente los conocimientos de la fauna y la flora cubanas, y sentaron las bases del desarrollo de las ciencias biológicas.

Uno de estos fue el científico de origen portugués José Antonio Parra, que con su obra *Descripción de diferentes piezas de historia natural,* en 1787, aportó los primeros estudios sobre

los peces y crustáceos cubanos, y fue a su vez la primera obra científica de su género impresa en Cuba. Otros hechos significativos que contribuyeron al desarrollo de las ciencias naturales fueron la fundación del Gabinete de Historia Natural y del primer Jardín Botánico, donde se iniciaron los estudios de la flora cubana.

El médico cubano Tomás Romay Chacón (1764-1849) (fig. 3a) se destacó como uno de los galenos más importantes del país, ya que entre 1800 y 1804, introdujo en Cuba la vacunación contra la viruela, que había sido creada por el científico inglés Edward Jenner en 1798.

En el siglo XIX se destaca la labor del gran naturalista cubano Felipe Poey Aloy (1799-1891) (fig. 3b). Su obra cumbre, *Ictiología cubana*, donde realiza una detallada descripción de más de 700 especies de peces cubanos, fue considerada internacionalmente como una de las principales obras científicas de su época. Fundador de la Sociedad Antropológica de Cuba, apoyó la Teoría de la evolución de Darwin acerca de la formación y evolución de las especies.

De igual forma, resultaron muy valiosos los estudios realizados por Luis Montané Dardé (1849-1936), fundador de la antropología física en Cuba (fig. 3c) y Carlos de la Torre Huerta (1858-1950), destacado estudioso de los moluscos cubanos, que descubrió los fósiles de los moluscos marinos denominados *ammonites,* los que han sido utilizados como un importante criterio en la determinación de la edad geológica de algunas regiones de Cuba (fig. 3d).

Carlos Juan Finlay Barrés (1833-1915) (fig. 3e) descubrió en 1881 el agente trasmisor de la fiebre amarilla, el mosquito *Aedes aegypti,* de cuyo reconocimiento se le quiso despojar por una comisión del gobierno norteamericano, presidida por Walter Reed.

Este descubrimiento tuvo una gran repercusión en el desarrollo de la epidemiología de su época, ya que aportó un nuevo enfoque en el estudio de la trasmisión de las enfermedades infecciosas. Actualmente, Finlay es considerado por la UNESCO entre los seis grandes microbiólogos de todos los tiempos y, teniendo en cuenta la trascendencia internacional de su descubrimiento, el 3 de diciembre, día de su nacimiento, se celebra el Día de la Medicina Latinoamericana.

Otra figura representativa de la ciencia cubana fue el botánico Juan Tomás Roig Mesa (1877-1971) (fig. 3f), autor de las obras *Diccionario botánico de nombres vulgares cubanos* y *Plantas medicinales, aromáticas y venenosas de Cuba*. Ambas obras han trascendido por su

a

b

Fig. 3 Científicos cubanos: a) Tomás Romay Chacón (1764-1849); b) Felipe Poey Aloy (1799-1891); c) Luis Montané Dardé (1849-1936); d) Carlos de la Torre Huerta (1858-1950); e) Carlos Juan Finlay Barrés (1833-1915); f) Juan Tomás Roig Mesa (1877-1971).

utilidad hasta nuestros días y abrieron el camino para los estudios de la medicina verde en Cuba. Trabajó como investigador de la Estación Experimental Agronómica de Santiago de las Vegas, convertida hoy en una prestigiosa institución científica: el Instituto Nacional de Investigaciones Fundamentales de la Agricultura Tropical (INIFAT).

Otros estudios se continuaron a partir de los aportes de muchos científicos, cuya dedicación y esfuerzo personal contribuyeron al desarrollo de la biología como ciencia en nuestro país. Sin

embargo, no fue hasta después del triunfo de la Revolución, en 1959, que se crean las condiciones para una verdadera organización y eficiencia de esta ciencia.

En 1962 se fundó la Academia de Ciencias de Cuba, la cual rige actualmente toda la actividad científica vinculada al desarrollo social, económico y cultural de nuestro país. Bajo la dirección de esta Institución se han incrementado las investigaciones biológicas en diferentes campos, como por ejemplo: en la medicina, en la agricultura, en la veterinaria, en la apicultura, en la industria pesquera, entre otros, gracias al desarrollo acelerado de diferentes especialidades biológicas, como la bioquímica, la genética, la citología, la fisiología celular, la inmunología, la microbiología, y más recientemente la biología molecular*; las que abren nuevos campos de estudio y utilización de la materia viva, mediante técnicas modernas como las de la ingeniería genética* y la biotecnología*.

En estos campos de desarrollo de la biología en Cuba, se destaca el número creciente de instituciones científicas, en las que a partir de la consagración y el esfuerzo incondicional de sus colectivos científicos, se avanza en la solución de problemas vinculados al desarrollo social, económico, científico y cultural de nuestro país, y se crean condiciones para responder al desarrollo que la sociedad requiere y enfrentar así los retos de este nuevo siglo, llamado a ser el "siglo de la biología".

Tarea

1. Investiga acerca de los principales científicos cubanos que se mencionan en el epígrafe y elabora una pequeña síntesis biográfica de cada uno de ellos.
2. Busca información en revistas, periódicos y otras fuentes acerca de los trabajos que se realizan en el campo de la biología en Cuba y, por equipos, resume los principales avances alcanzados por esta ciencia y sus aplicaciones en la agricultura, la medicina, la ganadería y la biotecnología, entre otros campos.

La Biología como asignatura

Después de analizar el objeto de estudio de la biología, conoceremos los aspectos fundamentales que se desarrollan en este libro, en estrecha relación con los conocimientos de grados anteriores.

Los científicos para estudiar los diferentes organismos los han clasificado en reinos. En este libro mantenemos el sistema de clasificación en cinco reinos, que ya hemos estudiado en Secundaria Básica y que se ilustra en la figura 4. Como puedes apreciar, hemos denominado *reino móneras* al reino estudiado anteriormente como *bacterias*. Esto obedece a que en este reino se incluye no solo el numeroso grupo de las bacterias, sino también a las cianobacterias que poseen igualmente estructura procariota.

Entre estos reinos: móneras, protistas, hongos, plantas y animales, existen diferencias, pero todos tienen estructuras especializadas en la realización de funciones semejantes que les permiten la vida en hábitats diferentes. En este grado, profundizaremos en el estudio de estas estructuras

Fig. 4 Representación esquemática de la clasificación en cinco reinos.

y las funciones que facilitan la adaptación de los organismos a la vida en la Tierra, y se le da solución a interrogantes relacionadas con los complicados procesos de la vida, como por ejemplo: ¿qué características tiene la composición y organización de la materia viva?, ¿en qué niveles se organiza la materia para facilitar su estudio?, ¿ qué relación existe entre las estructuras de las células y sus funciones?, ¿qué es el metabolismo y cuál es su importancia en el mantenimiento de la vida?, entre muchas otras.

El estudio de esta asignatura se organiza de acuerdo con los **niveles de organización de la materia viva,** siguiendo un ordenamiento evolutivo.

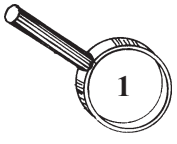
Este libro se inicia con el estudio de las bases moleculares de la vida. Su conocimiento nos permitirá comprender las características de los virus y profundizar en las estructuras y funciones celulares; es en este grado donde estudiaremos fundamentalmente el nivel celular, como primer nivel de organización de la materia viva.

La *teoría celular,* como una generalización de gran importancia en la biología, será también objeto de análisis. Además, estudiaremos al metabolismo como una forma cualitativamente especial del movimiento de la materia viva y profundizaremos en la relación existente entre los procesos metabólicos degradativos y los de síntesis que tienen lugar en la célula. Las funciones que ocurren a nivel celular se manifiestan en el funcionamiento del organismo como un todo, nivel de organización de la materia que será objeto de estudio en la segunda parte de esta asignatura, en onceno grado.

En los capítulos que estudiaremos a continuación, conoceremos cómo el hombre ha observado y explicado algunos de los hechos y fenómenos que se producen en la naturaleza viva, fundamentalmente a nivel celular, y podremos dar respuesta a las interrogantes planteadas anteriormente.

Tarea

1. Analiza la figura 4 y, teniendo en cuenta los conocimientos aprendidos en grados anteriores, explica por qué, a pesar de la gran diversidad existente entre los organismos, todos tienen características comunes que le confieren unidad al mundo vivo.
2. Lee el epígrafe anterior y resume en un párrafo, qué estudiarás en Biología 4 y, en particular, en esta primera parte correspondiente al décimo grado.



Manipulación del microscopio óptico

El instrumento que más utilizaste en las clases de Biología en grados anteriores fue el microscopio óptico (fig. 5), también en preuniversitario lo continuarás manipulando, lo que te ayudará a profundizar aún más en los conocimientos de la asignatura.

Como recordarás, la observación del material biológico mediante el microscopio se realiza utilizando preparaciones microscópicas, estas se obtienen al ubicar la muestra en un portaobjetos sobre la cual se coloca el cubreobjetos.

Al realizar esta práctica de laboratorio, podrás recordar algunos aspectos importantes a tener en cuenta durante el manejo y conservación del microscopio, y aplicarlos en la práctica; lo antes expuesto, te asegurará el entrenamiento inicial necesario para el desarrollo de las restantes prácticas de laboratorio de este grado.

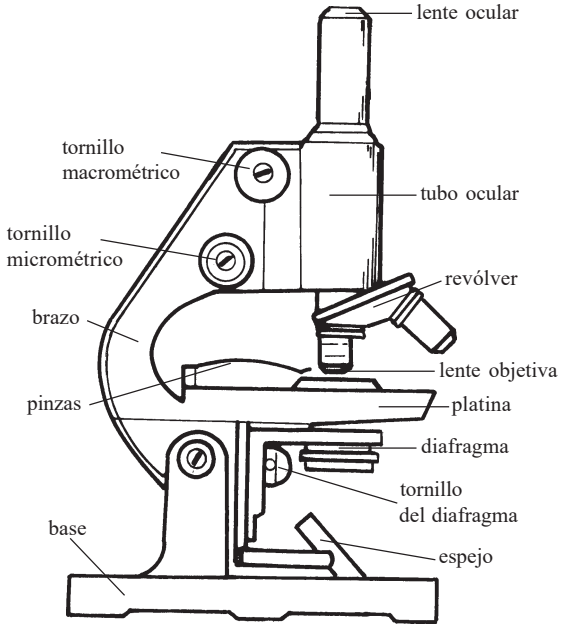


Fig. 5 Partes del microscopio óptico.

Materiales:

Preparaciones microscópicas y microscopio óptico.

Técnica operatoria:

1. Teniendo en cuenta las partes del microscopio que se ilustra en la figura 5, compara el microscopio de la figura con el que tienes en tu puesto de trabajo.
2. Puntualiza los conocimientos referentes al correcto manejo y conservación del microscopio óptico. Consulta con los compañeros de equipo o tu profesor, y lee atentamente las orientaciones siguientes:

   a) Para trasladar correctamente el microscopio, se debe:

   - Cogerlo con una mano por el brazo y, con la otra, sostener la base.
   - Colocarlo en una superficie horizontal, alejado de sus bordes.

   b) Antes de comenzar a observar es necesario:

   - Adoptar una posición correcta del cuerpo (situarse por detrás del brazo del microscopio), la que se mantendrá durante toda la observación.

- Garantizar que el ocular y el objetivo de menor aumento estén bien colocados.
- Con la ayuda del tornillo macrométrico, acercar lo más posible a la platina, la lente de menor aumento.
- Abrir completamente el diafragma del microscopio.
- Inclinar el espejo en distintas posiciones hasta iluminar el campo visual del microscopio. Realizar esta operación, observando por el ocular para conseguir el máximo de luz, lo cual se comprueba al distinguir un círculo luminoso, sin sombras. Si aparecen manchas, probablemente alguna lente esté sucia, en este caso, solicita el auxilio de tu profesor.
- Si el microscopio posee lámpara, conéctalo a la red eléctrica que indica el equipo y observa por el ocular.

c) Para observar con el menor aumento, se debe:

- Colocar la preparación microscópica sobre la platina, de modo tal que la muestra quede sobre el orificio de esta.
- Mirar lateralmente al microscopio y manipular el tornillo macrométrico para acercar la lente objetiva a la preparación microscópica (fig. 6).

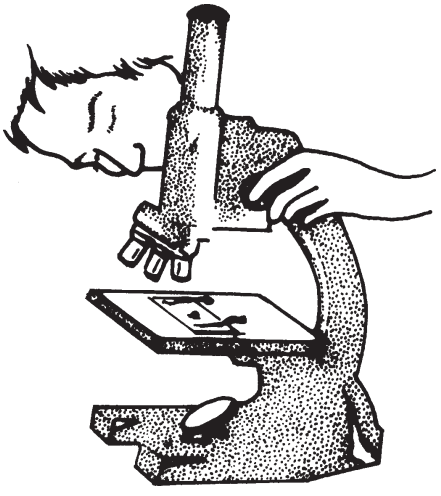


Fig. 6 Forma de acercar la lente objetiva de menor aumento a la preparación.

- Observar por el ocular (recuerda que se deben tener los dos ojos abiertos) y mover lentamente el tornillo macrométrico para separar el objetivo de la preparación microscópica, hasta enfocar.
- Mover suavemente el tornillo micrométrico para precisar con más claridad lo observado. Ajustar la intensidad de la luz, regulando el diafragma (fig. 7).
- Desplazar ligeramente la preparación microscópica, hasta localizar la mejor zona de observación (fig. 8).

d) Para observar con aumentos mayores, es necesario:

- Mirar lateralmente, sostener el revólver por sus bordes, girando hasta colocar el objetivo deseado. Observar por el ocular y mover suavemente el tornillo micrométrico hasta precisar con claridad el enfoque. Esto se realiza varias veces para asegurar la nitidez de la imagen.
- Si la luz fuera deficiente, debe regularse mediante el diafragma.
- Desplazar la preparación de la forma que se indica en la figura 8.

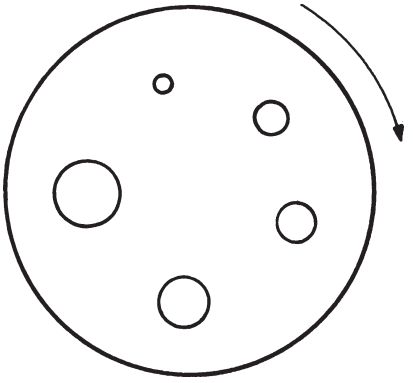


Fig. 7 Tipo de diafragma de un microscopio. La flecha indica la dirección del movimiento.

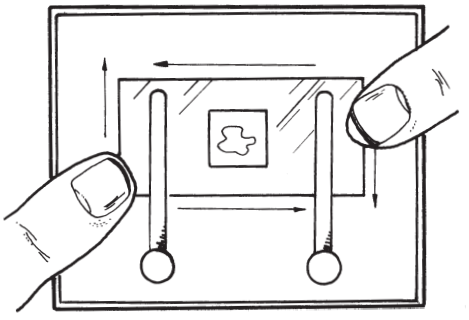


Fig. 8 Formas de localizar la mejor zona de observación en una preparación microscópica.

e) Para determinar los aumentos a que se realiza la observación, se debe:

- Multiplicar el aumento del ocular por el aumento del objetivo.
- Expresar el resultado obtenido, colocándole al final una X, que significa aumento.

Ejemplo:

Ocular de 10X.
Objetivo de 40X.
Aumento = 10X · 40X = 400X.

f) Concluida la observación se debe preservar el equipo, para lo cual es necesario:

- Retirar la preparación microscópica de la platina.
- Secar las partes mecánicas del microscopio.
- Situar el objetivo de menor aumento y acercarlo lo más posible a la platina, moviendo el tornillo macrométrico.
- Cubrir el microscopio con su funda de nailon y colocarlo en un lugar seco, alejado de sustancias químicas o altas temperaturas.

3. Observa al microscopio óptico la preparación que te entregó el profesor. Ten en cuenta las recomendaciones anteriores. Realiza el dibujo de lo observado y anota el aumento utilizado.
4. Analiza con tus compañeros de equipo y con el profesor los errores que cometiste en el manejo de este instrumento. Elabora un listado con estos errores, de modo que en las actividades prácticas próximas los puedas eliminar.
5. Valora el dibujo realizado en el punto 3, teniendo en cuenta las recomendaciones del profesor y perfecciona tu trabajo.

1

LOS COMPONENTES QUÍMICOS DE LA VIDA Y LOS NIVELES DE ORGANIZACIÓN DE LA MATERIA

El análisis químico de la materia viva revela una gran similitud en todos los organismos. El hombre, los animales, las plantas, los hongos, los protistas y las móneras están constituidos por sustancias químicas similares que son imprescindibles en el mantenimiento de la vida. No todos los elementos químicos que se encuentran en la litosfera o en la atmósfera forman parte de los seres vivos, sólo un reducido número de estos constituye a los organismos, en una proporción que también difiere de como se encuentran en la naturaleza.

En este capítulo estudiaremos las características generales de algunas de las moléculas que conforman estos componentes de la vida, así como la organización de la materia por niveles, según su grado de complejidad.

Bases moleculares de la vida

Los componentes químicos de la vida se clasifican en inorgánicos y orgánicos. En los seres vivos existe una gran cantidad de sustancias inorgánicas que forman parte de sus estructuras y participan en sus funciones; entre los elementos químicos se encuentran: el carbono (C), el oxígeno (O), el hidrógeno (H), el nitrógeno (N), el azufre (S), el fósforo (P), el sodio (Na), el potasio (K), el calcio (Ca), el magnesio (Mg), el cloro (Cl), el hierro (Fe), el cobre (Cu), el manganeso (Mn), el cinc (Zn), el yodo (I), además de moléculas inorgánicas, tales como el agua (H_2O) y numerosas sales minerales. Los compuestos orgánicos, como los carbohidratos, los lípidos o grasas, las proteínas, los ácidos nucleicos y las vitaminas, entre otros, constituyen la base química de la vida, al ser fundamentales en la composición y funcionamiento de los seres vivos.

Entre los **componentes inorgánicos** que forman parte de la materia viva encontramos en mayor proporción al carbono, el oxígeno, el hidrógeno y el nitrógeno, debido, entre otras causas, a que sus peculiaridades y propiedades químicas favorecen la formación de los enlaces característicos de las moléculas orgánicas.

El S, el P, el Na, el K, el Ca, el Mg y el Cl se presentan en menores cantidades, pero también participan en el desarrollo de funciones importantes. Por ejemplo, el Na, el K y el Ca intervienen en los procesos de transporte iónico que ocurren a través de las membranas celulares, el P y el Ca intervienen en el crecimiento de los huesos de los animales, mientras que el Mg participa en las reacciones que permiten la contracción muscular, forma parte de la clorofila en las plantas y favorece la acción de algunas enzimas en diferentes reacciones metabólicas. También se encuentran en pequeñas cantidades el Fe, el Cu, el Mn, el Zn y el I, entre otros. Por ejemplo, el Fe forma parte de la molécula de hemoglobina humana que participa en el transporte del dioxígeno (O_2) por el organismo, y su escasez o carencia produce la enfermedad conocida como anemia.

Si tenemos en cuenta las funciones en que intervienen los elementos químicos referidos, resulta incuestionable que son componentes esenciales de los seres vivos y que permiten el

desarrollo de reacciones químicas importantes en su funcionamiento armónico. Algunos se hallan en pequeñas cantidades en el organismo, pero desempeñan funciones trascendentales, de tal modo que su carencia puede provocar graves trastornos en el desarrollo normal de los procesos vitales y su exceso puede resultar peligroso por su toxicidad.

Estos componentes son muy necesarios en la dieta del hombre, los animales y otros organismos. Por ello es de vital importancia el cultivo de hortalizas, viandas y vegetales que aseguren su incorporación en la alimentación humana y animal. Por ejemplo, las hortalizas como la remolacha, la col, la acelga, el rábano y el berro constituyen las principales fuentes de elementos como el Ca, el Fe y el Mg.

Entre los componentes inorgánicos presentes en los organismos vivos, también se encuentran el agua y las sales minerales.

El **agua** es considerada como la molécula más abundante en la materia viva, al constituir aproximadamente de un 70 a un 90 % de esta. La proporción de agua depende de la actividad metabólica de las células y el estado fisiológico del organismo. En el hombre adulto, por ejemplo, las células nerviosas pueden contener cerca del 78 % de agua, mientras que las óseas contienen alrededor del 40 %; en los organismos jóvenes la cantidad de agua es generalmente mayor que en los adultos de la misma especie.

SABÍAS QUE…
El feto humano está constituido por aproximadamente un 94 % de agua, mientras que un recién nacido tiene cerca del 75 % y el hombre adulto entre un 70 y un 80 %.

El agua es una sustancia muy abundante y compleja en su comportamiento fisicoquímico. Las fuerzas de atracción entre sus moléculas son elevadas y esto pudiera explicar ciertas propiedades, como su elevada temperatura de ebullición respecto a otras sustancias de masa molar* similar. Esta sustancia desempeña en los organismos funciones esenciales: disolvente universal de otras sustancias, y vehículo de la circulación de estas en el interior de los organismos y del intercambio con el medio ambiente; además, es el medio donde se desarrollan todas las reacciones metabólicas, permite la regulación de la temperatura en los seres vivos y participa en las reacciones de la fotosíntesis, entre otras.

SABÍAS QUE…
La cantidad de agua que bebe una persona varía de una a otra pero, en general, es suficiente un litro por cada mil calorías ingeridas. Gran parte se consume como bebida, sin embargo, casi todos los alimentos que ingerimos contienen grandes cantidades de agua. En realidad se puede sobrevivir durante algunas semanas sin ingerir alimentos, pero en pocos días se produce la muerte, si se suprime la ingestión completa de agua.

En todos los seres vivos se encuentran siempre cantidades determinadas de **sales minerales,** solubles y prácticamente insolubles. Estas son esenciales en el desarrollo de los organismos por las funciones vitales en que participan.

Las sales minerales solubles se disocian en sus iones*, como por ejemplo los aniones* Cl^-, SO_4^{2-}, PO_4H^{2-}, CO_3H^- y los cationes* Na^+, K^+, Mg^{2+} y el Ca^{2+}, que desempeñan un importante papel biológico en los seres vivos, pues actúan como activadores de enzimas, como componentes estructurales de moléculas orgánicas y como contribuyentes al mantenimiento del equilibrio osmótico. Algunas de estas sales, por ejemplo, las de Mg y de N son necesarias en la formación

de la clorofila, de ahí que las plantas que se desarrollan en suelos pobres en estas sales, por lo general presentan hojas amarillentas.

Entre las sales minerales prácticamente insolubles se encuentran el $Ca_3(PO_4)_2$, presente en el tejido óseo de los vertebrados y el $CaCO_3$, presente, por ejemplo, en el exoesqueleto de invertebrados y en la cáscara del huevo de las aves. En las algas diatomeas existen sales de silicio, mientras que en las plantas se encuentran diferentes nitratos. En los organismos existen también otras sales, como el cloruro de hidrógeno y los carbonatos de sodio, potasio y magnesio.

SABÍAS QUE…
Existen sustancias como el monóxido de carbono (CO), el dióxido de carbono (CO_2) y el ácido cianhídrico (HCN) que tienen propiedades típicas de sustancias inorgánicas, pero que al presentar carbono en sus moléculas, algunos bioquímicos las consideran como sustancias de transición entre los compuestos inorgánicos y los orgánicos.

En la naturaleza, los **componentes orgánicos** son producidos por los organismos vivos, y son imprescindibles en el mantenimiento de las estructuras biológicas y en el desarrollo de sus funciones. Estas moléculas son más numerosas que las inorgánicas y se caracterizan por estar formadas por cadenas carbonadas, dada la propiedad del carbono de combinarse con otros átomos de carbono.

SABÍAS QUE…
En 1784, Lavosier demostró por primera vez que todos los compuestos procedentes de animales y vegetales contenían por lo menos carbono e hidrógeno, y frecuentemente oxígeno, nitrógeno y fósforo. Esto condujo a una nueva clasificación de las sustancias, y se le denominó sustancias orgánicas a las producidas por los seres vivos.

La gran diversidad de compuestos orgánicos está relacionada con la tetravalencia* del átomo de carbono. Esta característica le permite unirse con cuatro átomos o grupos funcionales* (fig. 9).

Los compuestos orgánicos, químicamente se representan mediante fórmulas moleculares o estructurales. La fórmula molecular indica el número de átomos de cada clase que hay en la molécula y la estructural, la distribución de los átomos en la molécula (fig. 10).

Teniendo en cuenta las características del átomo de carbono, en los compuestos orgánicos pueden estar presentes diferentes tipos de grupos funcionales. Estos se forman por determinados agrupamientos de átomos en la molécula, que le confiere un comportamiento químico específico (fig. 11). En numerosos casos, el comportamiento químico del compuesto depende más de la presencia del grupo funcional que del resto de la molécula.

Los compuestos orgánicos que están presentes en los organismos vivos son denominados **biomoléculas** y están constituidos fundamentalmente por C, H, O y N. Algunos presentan también

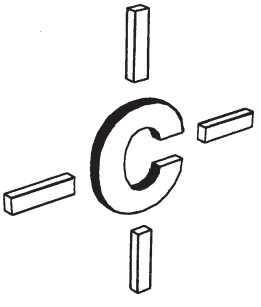


Fig. 9 Carbono tetravalente. Las líneas representan las unidades o enlaces de valencia.

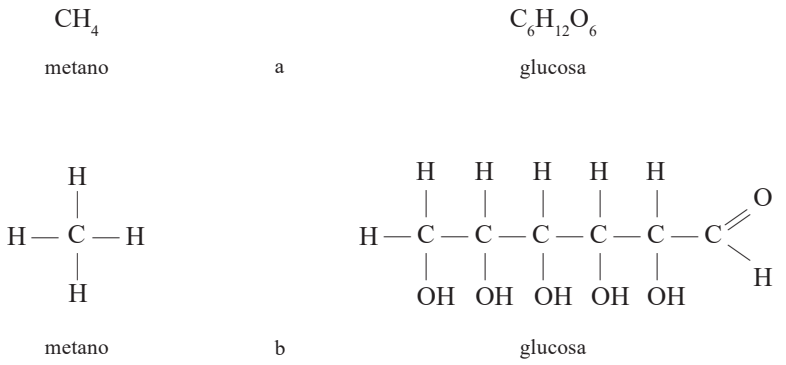
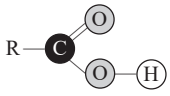
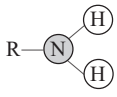
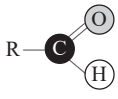
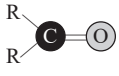
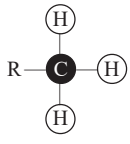
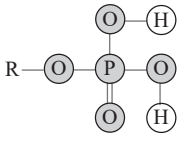


Fig. 10 Fórmula: a) molecular; b) estructural.

Nombre y símbolo químico del grupo funcional	*Estructura abreviada de la molécula*
Grupo oxidrilo R — OH	
Grupo carboxilo R — COOH	
Grupo amino R — NH_2	
Grupo aldehídico R — COH	
Grupo cetónico R — CO	
Grupo metílico R — CH_3	
Grupo fosfato R — PO_4	

Leyenda: R- resto de la molécula

Fig. 11 Grupos funcionales más importantes de las biomoléculas orgánicas.

S y P, y en menos cantidad otros elementos. La mayoría de las biomoléculas presentan una estructura compleja, íntimamente relacionada con sus propiedades y con la función biológica que desempeñan en las células de los organismos. Poseen un peso molecular elevado y la mayoría están constituidas por polímeros*.

Los cuatro tipos principales de biomoléculas que se encuentran en todas las células de los organismos vivos son: los *carbohidratos* o *sacáridos,* los *lípidos* o *grasas,* las *proteínas* y los *ácidos nucleicos.*

Los **carbohidratos** constituyen una fuente, y a la vez, una forma de almacenamiento de energía en numerosos organismos, pues tienen la propiedad de formar estructuras compactas que tienden a ocupar poco espacio en la célula; por ejemplo, el glucógeno en los animales y el almidón en las plantas. Los carbohidratos forman parte de algunas estructuras celulares como la pared celular de algunas móneras, en los hongos, en algunos protistas y en las células vegetales.

La estructura más sencilla de los carbohidratos son los *monosacáridos,* cuya fórmula general es $(CH_2O)n$. El monosacárido más abundante en los organismos es la glucosa ($C_6H_{12}O_6$), molécula "combustible" importante como sustancia inicial de la respiración celular y la fermentación; también es la unidad estructural básica de los *polisacáridos* más abundantes. Los polisacáridos están integrados por cadenas largas de unidades de monosacáridos y desempeñan diversas funciones en las células; constituyen ejemplo de ello el glucógeno, el almidón y la celulosa.

Los *oligosacáridos* son compuestos que contienen hasta diez unidades de monosacáridos unidos mediante enlaces. Ejemplo de ello son los *disacáridos,* integrados por la unión de dos unidades de monosacáridos, como la lactosa presente en la leche y la sacarosa en la caña de azúcar.

SABÍAS QUE…
La sacarosa es un disacárido formado por una molécula de glucosa y una de fructosa. Está presente en los tejidos de reserva del tallo de la caña de azúcar y en la raíz de la remolacha.

Los **lípidos** desempeñan diferentes funciones en las células y los organismos. Son componentes estructurales de las membranas celulares, permiten el aislamiento relativo del entorno de las células y los organismos; también constituyen una forma de almacenar energía. Además, pueden contribuir a la protección de la pared celular de numerosas bacterias y de las hojas de las plantas superiores, así como a la función protectora del exoesqueleto de los insectos, de las plumas de las aves y de la piel de los vertebrados. En muchos organismos, determinados lípidos desarrollan funciones específicas como hormonas y vitaminas. En las plantas, los lípidos se acumulan en estructuras como las semillas, por ejemplo, en las del girasol y el maní.

Los lípidos están constituidos, en su mayoría, por ácidos grasos y otros componentes.

SABÍAS QUE…
El brillo de las hojas de muchas plantas se debe a la presencia de ceras que son lípidos, los cuales evitan la pérdida de agua a través de sus superficies.

Las **proteínas** tienen una gran importancia, pues son componentes de las estructuras celulares y en los organismos forman el pelo, la lana, los cuernos, las escamas, entre otras estructuras. Una importante función de las proteínas es su acción enzimática como catalizadores biológicos; es decir, facilitan y aceleran la velocidad de las reacciones metabólicas, lo que posibilita el mantenimiento y la regulación del equilibrio dinámico que caracteriza la vida en el nivel celular.

La contracción muscular y el movimiento de las células son funciones relacionadas con las propiedades de algunas proteínas. Existen proteínas transportadoras de sustancias, como la

hemoglobina que transporta el O_2 en la sangre; otras tienen función protectora, como las inmunoglobulinas que constituyen los anticuerpos*, de gran importancia en las reacciones de inmunidad. Algunas proteínas tienen función hormonal, por ejemplo, la insulina y la hormona del crecimiento.

La diversidad y especificidad funcional de las proteínas se deben a que poseen una estructura molecular compleja. Están constituidas por unidades llamadas *aminoácidos,* que se caracterizan por tener un átomo de carbono que se une a un grupo funcional amino (NH_2) y a un grupo funcional carboxilo (COOH). Además, este carbono puede estar unido a un átomo de hidrógeno y a un grupo de átomos específico para cada aminoácido, que se representa por R y que varía de un aminoácido a otro (fig. 12).

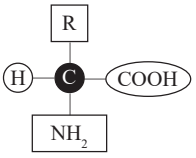


Fig. 12 Fórmula general de un aminoácido.

Las proteínas se forman por la unión de un aminoácido con otro, a través de sus grupos amino y carboxilo; este enlace se denomina *enlace peptídico* (fig. 13). Suele denominarse *dipéptido* a la unión entre dos aminoácidos mediante un enlace peptídico y *péptidos* cuando se unen más de

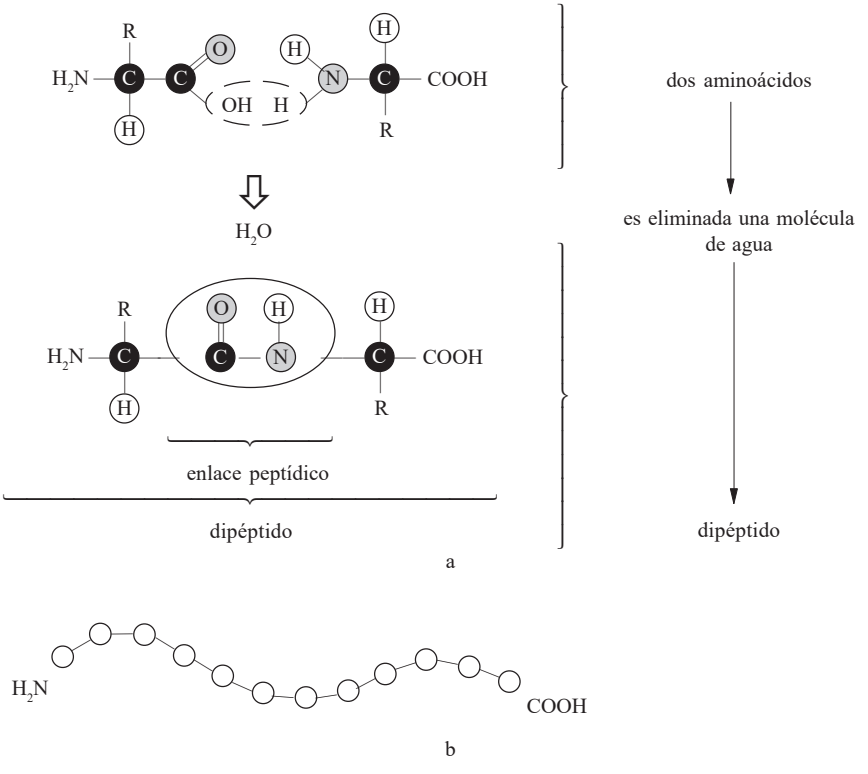


Fig. 13 Representación esquemática: a) enlace peptídico; b) secuencia de aminoácidos de una proteína.

dos aminoácidos. Las proteínas pueden estar constituidas por una o varias cadenas polipeptídicas. Cada cadena polipeptídica presenta una secuencia específica de aminoácidos; de acuerdo con esta secuencia y la estructura tridimensional de la molécula, cada tipo de proteína tiene una función específica.

La especificidad de las proteínas se basa en las características de su estructura, que les permite reconocer a otras moléculas e interactuar con ellas. Las enzimas, por ejemplo, reconocen una sustancia específica (sustrato) y aceleran determinados cambios químicos en este, por ejemplo, la ruptura o formación de un enlace, la adición de un grupo funcional, entre otros. Las enzimas controlan las reacciones bioquímicas que constituyen el metabolismo celular.

SABÍAS QUE…
En ausencia de enzimas, la mayoría de las reacciones bioquímicas son extremadamente lentas; una enzima específica puede aumentar la velocidad de una reacción en un millón o más de veces.

El cambio de un aminoácido por otro puede alterar las funciones que realiza; por ejemplo, en la hemoglobina, proteína sanguínea constituida por cuatro cadenas polipeptídicas, el cambio del aminoácido, ácido glutámico por otro denominado valina, en una de sus cadenas, origina una hemoglobina anormal que determina el desarrollo de la enfermedad llamada *sicklemia* o *anemia falciforme* (fig. 14).

SABÍAS QUE…
La hemoglobina anormal (Hb^s) presenta propiedades fisicoquímicas diferentes a la normal (Hb^a), lo que incide en su unión al dioxígeno (O_2). En condiciones de bajas concentraciones de O_2, los glóbulos rojos adoptan una forma diferente a la de los normales, lo que impide su adecuado funcionamiento.

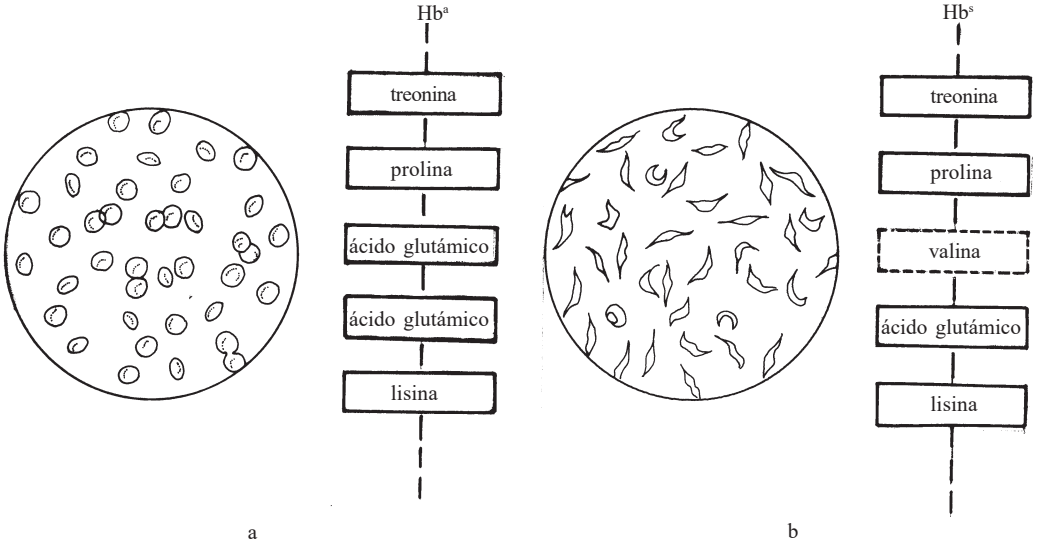


Fig. 14 Secuencia de aminoácidos de la hemoglobina humana: a) segmento de hemoglobina (Hb^a) y glóbulos rojos normales; b) segmento de hemoglobina (Hb^s) y glóbulos rojos falciformes.

Los **ácidos nucleicos** son biomoléculas de una gran importancia biológica, ya que constituyen el material genético de los organismos y de los virus. Reciben este nombre por haber sido estudiados por primera vez en el núcleo celular y por su carácter ácido. Comúnmente, en las células eucariotas, se asocian con proteínas básicas formando nucleoproteínas.

Estas biomoléculas están constituidas por largas cadenas de unidades estructurales llamadas *nucleótidos,* los que están formados por tres componentes: una *base nitrogenada,* una *pentosa* (monosacárido de cinco carbonos) y un *grupo fosfato* (fig. 15).

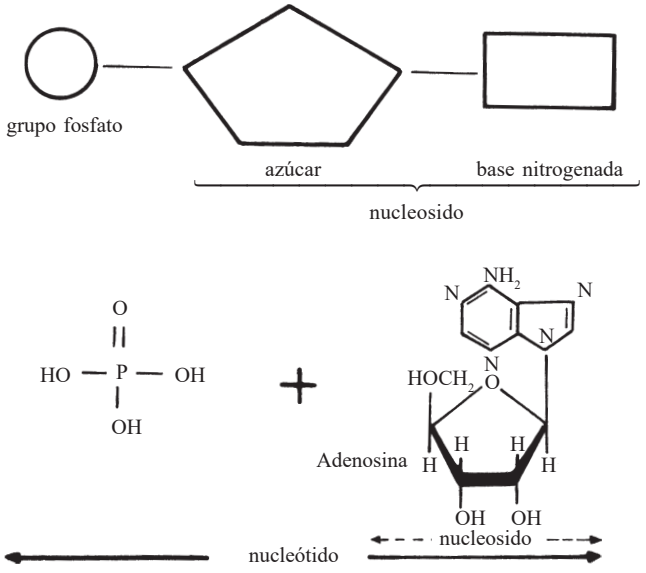


Fig. 15 Estructura de un nucleótido.

Las bases nitrogenadas más frecuentes que forman los nucleótidos son de dos tipos: *púricas,* a las que pertenecen la *adenina* y la *guanina,* y *pirimídicas,* a la que pertenecen la *citosina,* la *timina* y el *uracilo*. Estas bases, que son las mismas en todos los organismos, se ordenan de forma diferente en los ácidos nucleicos de cada especie. La pentosa puede ser la *ribosa* o la *desoxirribosa*. Cada nucleótido se une con uno adyacente, mediante el grupo fosfato y forman los polinucleótidos (fig. 16).

El tipo de pentosa y la composición de las bases de los nucleótidos, determinan el tipo de ácido nucleico. Cuando la pentosa es la desoxirribosa y las bases nitrogenadas son: adenina (A), guanina (G), citosina (C) y timina (T), se denomina *ácido desoxirribonucleico* (ADN), y cuando tiene como pentosa la ribosa y las bases nitrogenadas son la adenina (A), guanina (G), citosina (C) y uracilo (U), en lugar de la timina, se denomina *ácido ribonucleico* (ARN) (fig.17).

La molécula de ADN tiene una estructura en "doble hélice", formada por dos cadenas complementarias, dispuestas de forma antiparalelas (fig. 18a). Cada cadena se une con su complementaria, mediante los enlaces que se establecen entre las bases de forma específica; es decir, las bases púricas se unen con las pirimídicas, por ejemplo, la base adenina se complementa específicamente con la timina y la guanina con la citosina. Cada molécula de ADN puede duplicarse a partir de un proceso regulado por enzimas, en la que sus dos cadenas se separan y cada una sirve de "molde" en la síntesis de una cadena complementaria; de esta forma se originan dos moléculas idénticas, con la misma secuencia de bases nitrogenadas en sus nucleótidos (fig. 18b).

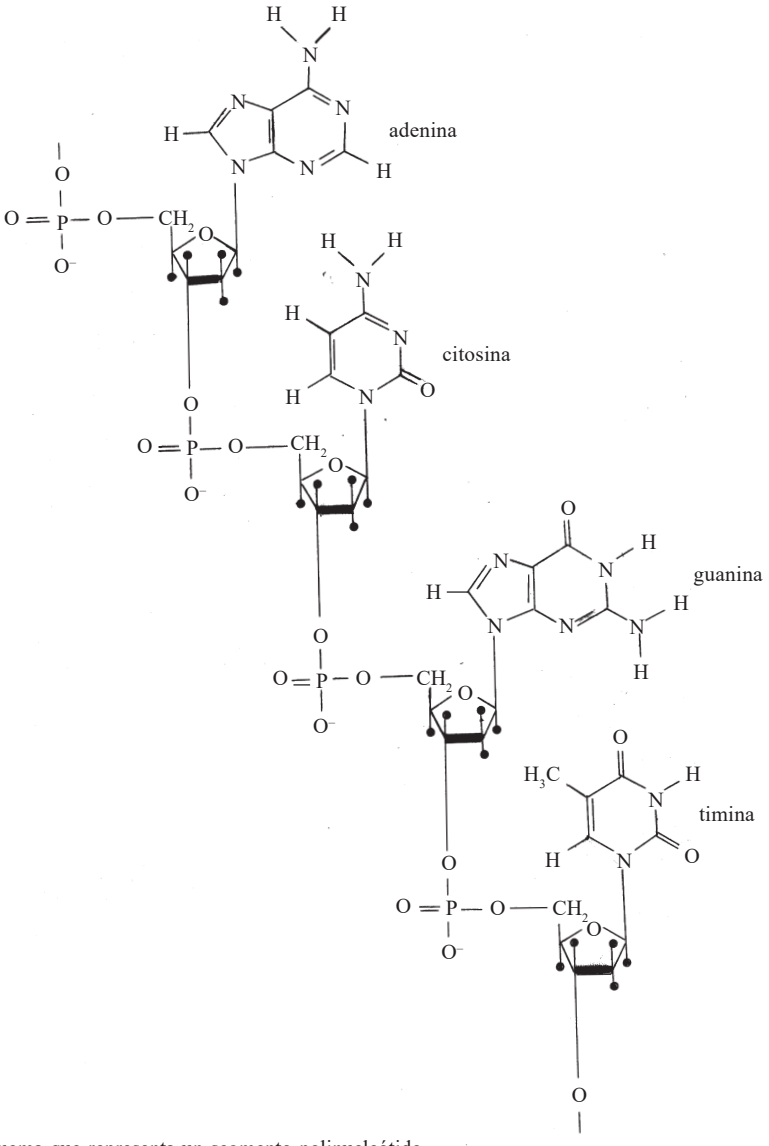


Fig. 16 Esquema que representa un segmento polinucleótido.

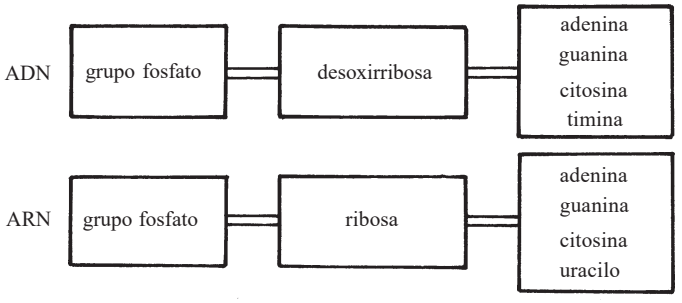


Fig. 17 Composición química del ADN y el ARN.

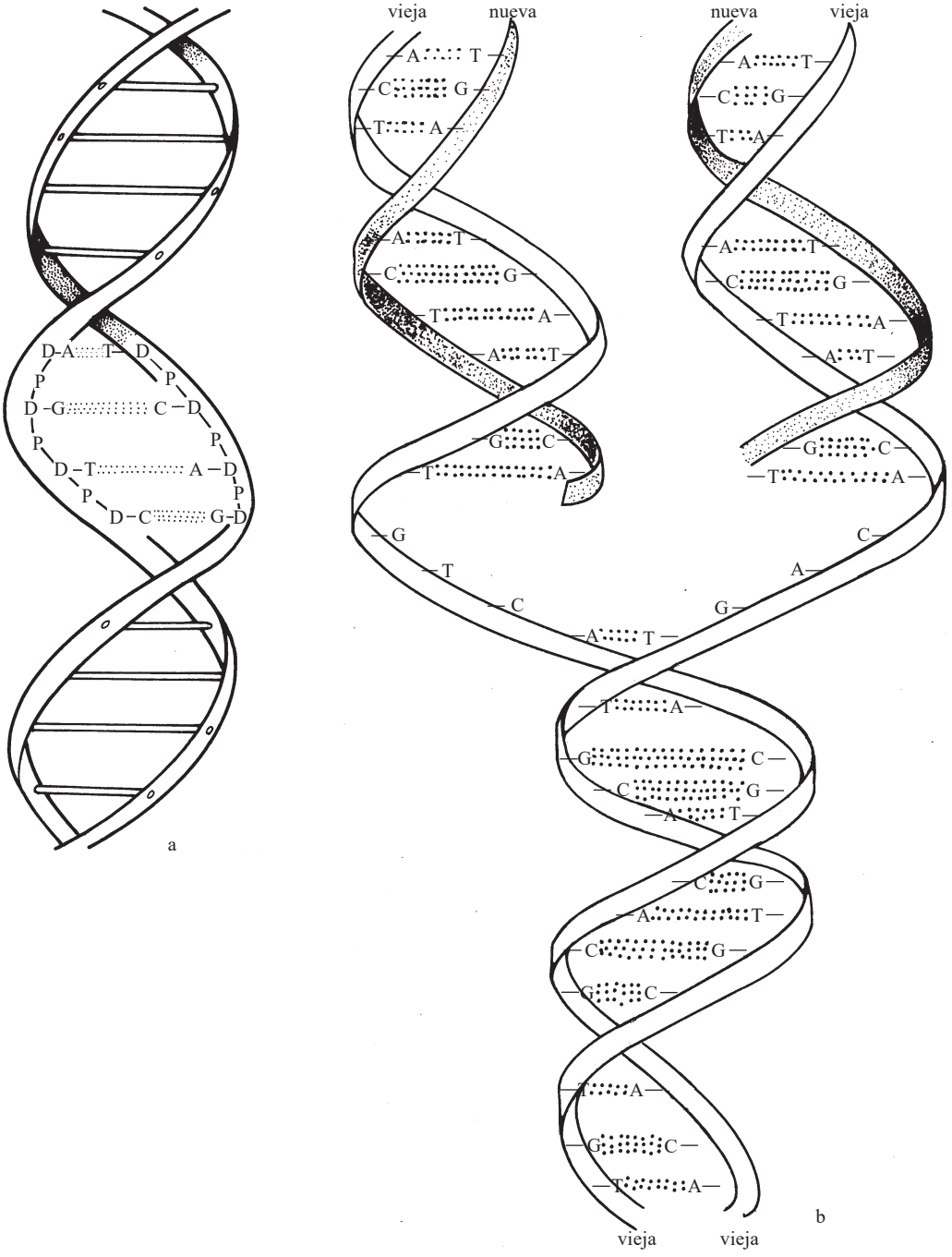


Fig.18 El ADN: a) molécula; b) representación de la duplicación.

El ADN constituye el material genético de todas las células y de algunos virus. Se localiza en el núcleo en células eucariotas y en algunos orgánulos citoplasmáticos como las mitocondrias y los cloroplastos. En las células procariotas esta biomolécula se localiza en la región nuclear o nucleoide.

La información genética contenida en el ADN, se encuentra en los *genes**, que están formados por segmentos de ADN que determinan las características hereditarias de cada individuo. Estas características se expresan mediante la síntesis de proteínas, proceso en el que participa el ARN que se forma a partir del ADN. Los tres tipos de ARN: el ARNr (ribosomal), el ARNt (de transferencia) y el ARNm (mensajero), formados a partir del ADN, participan en el complejo mecanismo de síntesis de proteínas.

Existen dos tipos de moléculas que por su importancia en los procesos de transferencia de energía que tienen lugar en las células, resultan esenciales: el *trifosfato de adenosina* (ATP) (fig. 19) y el *difosfato de adenosina* (ADP). Ambas son nucleótidos, por tanto, están constituidos por una base nitrogenada (adenina), una pentosa y tres grupos fosfatos en el caso del ATP; dos grupos fosfatos en el caso del ADP y un grupo fosfato en otro caso denominado *monofosfato de adenosina* (AMP). Entre los grupos fosfatos de estos nucleótidos existen enlaces altamente energéticos; cuando se rompen estos enlaces, la energía que contienen se transfiere en la formación de otros compuestos durante las reacciones metabólicas.

Existen moléculas, llamadas *dinucleótidos,* que están constituidas por dos nucleótidos enlazados mediante sus grupos fosfatos, tal como sucede en el *dinucleótido de nicotidamina* (NAD) y el *dinucleótido de flavina* (FAD). Estas intervienen en algunas reacciones redox o de óxido-reducción* que analizaremos posteriormente al estudiar la fotosíntesis y la respiración, entre otros procesos.

El descubrimiento de la estructura de los ácidos nucleicos condujo al desarrollo de la biología molecular y al desarrollo posterior de tecnologías que favorecieron su estudio y aplicación. En la actualidad, existe la posibilidad de modificar la información genética de los organismos, incluso de introducir genes de un tipo de células en otras mediante las técnicas de ingeniería

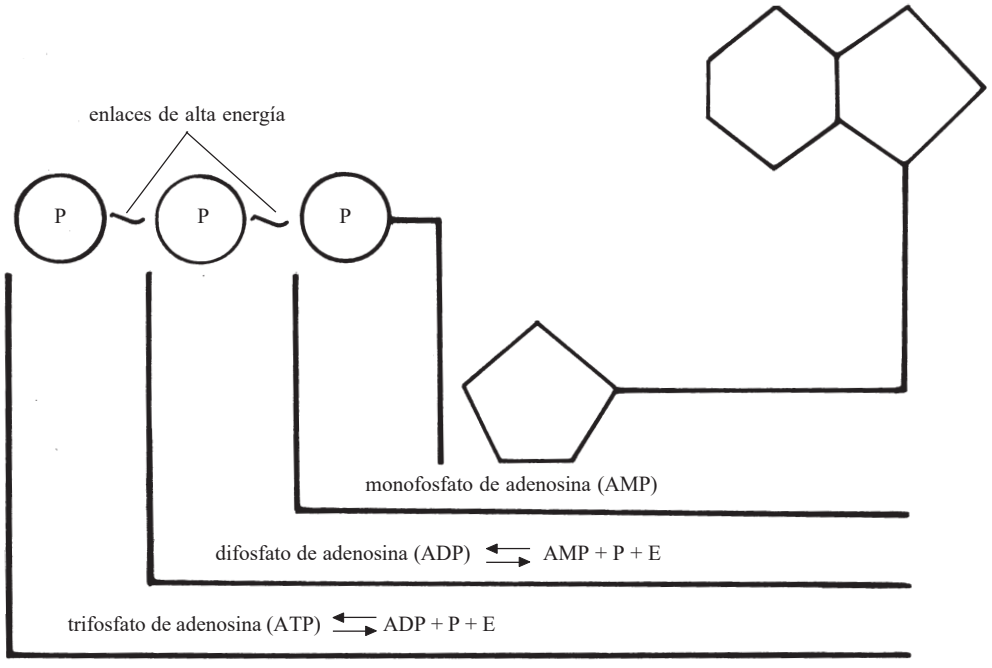


Fig. 19 Estructura de la molécula de ATP.

genética. Esto abre nuevas perspectivas en la obtención de microorganismos, plantas y animales de interés económico y de aplicaciones en la medicina. Por la importancia que tiene este nuevo campo de la biología, debemos mantenernos al tanto de los avances que se van logrando en sus aplicaciones médicas y farmacológicas, en la agricultura y en la industria, así como prepararnos para prever y afrontar, desde el punto de vista ético, sus implicaciones sociales. Nuestro país cuenta actualmente con las instituciones y los recursos humanos necesarios para acometer, a partir de un trabajo coordinado, este reto de la ciencia y obtener nuevos avances, como por ejemplo, los que ya se han alcanzado en el campo de la transgénesis* animal y vegetal.

SABÍAS QUE…
Para el primer quinquenio del 2000 se espera descifrar todos los genes que constituyen la especie humana mediante el proyecto "Genoma Humano", lo que resultará de gran importancia en la detección temprana de algunas enfermedades y permitirá el desarrollo de la terapia génica. Sin embargo, la comunidad internacional reclama la necesidad de que se respeten los derechos de la humanidad en el uso y aplicación de estos descubrimientos, sobre la base de principios éticos.

Otro de los componentes químicos de los organismos vivos son las **vitaminas.** Estas son biomoléculas de naturaleza química heterogénea de gran importancia en diferentes procesos metabólicos, ya que funcionan, fundamentalmente, como coenzimas, es decir, activan numerosas enzimas que son fundamentales en los procesos metabólicos de los seres vivos. Las vitaminas no tienen función estructural ni energética y se requieren por los organismos en pequeñas cantidades.

Las vitaminas pueden ser liposolubles (solubles en lípidos) e hidrosolubles (solubles en agua). Son liposolubles, por ejemplo, las vitaminas A, D, E y la K e hidrosolubles la C y el complejo B. Las hidrosolubles se disuelven en agua durante la cocción, por eso es muy recomendable la ingestión de caldos y sopas resultantes de la cocción de alimentos ricos en esas vitaminas.

Cada vitamina tiene una función biológica específica. La carencia de alguna de estas produce afectaciones en el desarrollo armónico de los organismos. Por ejemplo, la carencia de vitamina A produce en el hombre la enfermedad llamada *ceguera nocturna,* así como alteraciones en la estructura y función de la piel. Las plantas no producen vitamina A activa, sino que sintetizan pigmentos llamados *carotenos* que son incorporados por los animales mediante la alimentación y los transforman en vitamina A activa. La carencia de vitamina D produce alteraciones en los procesos de absorción de calcio y fósforo a nivel intestinal, en el caso del hombre y algunos animales.

SABÍAS QUE…
En la piel humana existe una sustancia derivada del colesterol denominada ergosterol que, en presencia de los rayos ultravioletas del sol, se convierte en vitamina D que es absorbida por el organismo.

La vitamina E es considerada como la vitamina de la fecundidad o de la antiesterilidad porque su carencia produce atrofia del epitelio germinativo de los testículos y en la mujer puede provocar abortos o la muerte del feto. No obstante, está relacionada con otros procesos, como la regulación de los niveles de colesterol* en sangre, el fortalecimiento del cabello y otros que contribuyen a retardar el envejecimiento. La vitamina K participa en el proceso de coagulación de la sangre y la vitamina C interviene en la adecuada conservación de las sustancias intercelulares, entre otras funciones.

Todos los vegetales pueden elaborar vitaminas, pero en los animales es más limitada esa posibilidad. Por ello, deben ser obtenidas esencialmente mediante los alimentos, gracias a lo cual estos mantienen los niveles requeridos en su funcionamiento integral (cuadro 1).

Cuadro 1
Principales fuentes de obtención de vitaminas

Vitaminas	*Principales alimentos en que se encuentran*
A	Leche y sus derivados, huevos, hígado, cítricos, zanahoria y otros vegetales.
D	Aceite de hígado de bacalao, leche y sus derivados, yema de huevo, hígado.
E	Vegetales en general, cereales, soya, leche y sus derivados.
K	Acelga, col, hígado.
C	Cítricos, pimientos, col, espinaca.
B_1	Levadura de cerveza, hígado, huevos, cereales, soya, lenteja, leche y sus derivados, frutas frescas, carne, pescado.
B_2	Levadura de cerveza, hígado, huevos, nabos, acelga, espinaca, leche y sus derivados.
B_{12}	Alimentos de origen animal, leche y sus derivados, ostras, pescados, levaduras.

Tarea

1. Entre los componentes químicos de una célula, el agua se presenta en mayor cantidad. Expresa las funciones de esta sustancia en los seres vivos.
2. Nombra los dos ácidos nucleicos y compáralos en cuanto a sus características.
3. ¿Qué importancia tienen los lípidos, las proteínas, los carbohidratos y los ácidos nucleicos como bases moleculares de la vida?
4. ¿Cuál es la importancia de ingerir una dieta rica en vitaminas en el metabolismo celular? Argumenta tu respuesta.

Niveles de organización de la materia

El planeta Tierra es el resultado de un largo proceso de transformaciones continuas de la materia. En este proceso, vinculado al desarrollo del Universo, la materia fue integrándose en unidades cada vez más complejas en relación con sus características físicas, químicas y biológicas.

Lo anterior ha permitido a los hombres de ciencia considerar **diferentes niveles de organización de la materia** para su mejor estudio. *Estos constituyen unidades de diferentes grados de complejidad estructural y funcional de la materia, en relación con sus características físicas, químicas y biológicas.* El análisis de estos niveles: el *atómico,* el *molecular,* el *celular,* el *de organismo, de población, de comunidad* y *de biosfera,* demuestra que cada uno tiene características particulares. De acuerdo con estas características, la materia y sus niveles de organización se clasifican en niveles *abióticos* (materia de naturaleza no viva) y niveles *bióticos* (materia de naturaleza viva) (cuadro 2).

Cuadro 2
Niveles de organización de la materia

Niveles abióticos	*Niveles bióticos*
Atómico. Molecular.	Celular. Organismo. Población. Comunidad. Biosfera.

Cada uno de estos niveles presenta cualidades nuevas, aunque contiene a los inferiores y, a su vez, forma parte de los superiores a los cuales se subordinan (fig. 20).

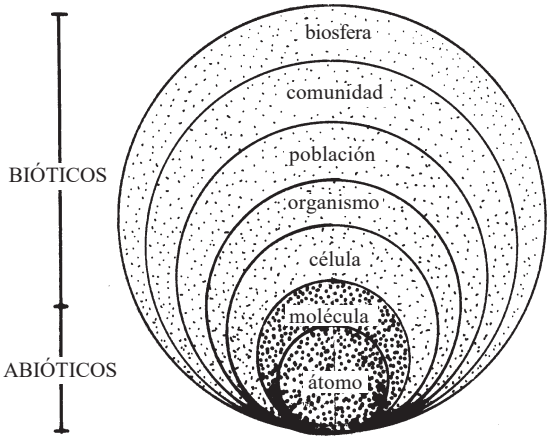


Fig. 20 Representación de los niveles de organización de la materia.

El **nivel atómico** incluye a los átomos, que están constituidos por partículas subatómicas. En el núcleo atómico existen dos tipos de partículas: los protones, cada uno con una carga eléctrica positiva y los neutrones, que tienen una masa igual a la de los protones, pero son eléctricamente neutros; alrededor de este núcleo se encuentran los electrones que tienen carga negativa. Los átomos de los diferentes elementos químicos, de acuerdo con el número e interacción de estas partículas, difieren en sus propiedades, como la masa atómica*, la valencia*, la electronegatividad*, entre otras.

SABÍAS QUE…
El átomo de hidrógeno es una de las excepciones en la estructura de un átomo, pues carece de neutrones.

Los átomos se asocian en la formación de moléculas de acuerdo con sus características propias. La formación de moléculas a partir de la asociación de átomos diferentes, determina la existencia de una gran diversidad de moléculas con funciones distintas en la naturaleza. La gran diversidad de moléculas constituye el **nivel molecular,** en el que cada molécula es un agregado estable de átomos con características y propiedades nuevas y específicas, diferentes a las de los átomos que la constituyen (fig. 21). Por ejemplo, la molécula de agua está formada por átomos de oxígeno e hidrógeno, pero sus propiedades y funciones en el organismo difieren de las de estos átomos que la forman. Estas diferencias también se aprecian entre las propiedades de la molécula de metano, y las del carbono e hidrógeno por separado, así como las de la molécula de amoniaco, respecto a las de los átomos de nitrógeno e hidrógeno.

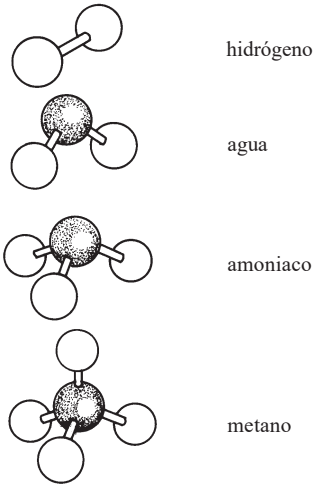


Fig. 21 Representantes del nivel molecular.

El **nivel celular** está constituido por sistemas biológicos de gran dinamismo, en el que se producen constantes transformaciones energéticas. Un sinnúmero de moléculas de proteínas, ácidos nucleicos, carbohidratos, lípidos, entre otras, se presentan asociadas de acuerdo con determinadas características y, aunque mantienen su estructura, de modo que siguen siendo estas moléculas, las relaciones e interacciones que entre ellas establecen, forman un todo integrado en una unidad morfofuncional, más compleja y cualitativamente superior: la **célula** (fig. 22).

Las células no son la suma mecánica de las moléculas que la constituyen; sino que al integrarse en un todo, surgen nuevas características que no tenían las moléculas cuando estaban separadas. Con estas se desarrolló, por primera vez, una unidad que *sintetiza* y *degrada* sustancias, *intercambia sustancia, energía e información con el medio ambiente* y se *reproduce,* poniéndose de manifiesto una nueva propiedad de la materia: la **vida**.

La célula se caracteriza fundamentalmente por el *metabolismo*. Este tuvo lugar cuando se desarrollaron las nuevas unidades morfofuncionales de organización de la materia viva, básicas en la constitución y el funcionamiento de todos los sistemas vivientes.

El **nivel de organismo** integra a la gran diversidad de organismos existentes en el planeta. El **organismo** *constituye una unidad del mundo vivo, con estructuras, funciones y desarrollo propios, que intercambia sustancias y energía con el medio ambiente y que reacciona como un todo ante sus cambios.* En determinados grupos, el nivel de organismo coincide con el celular.

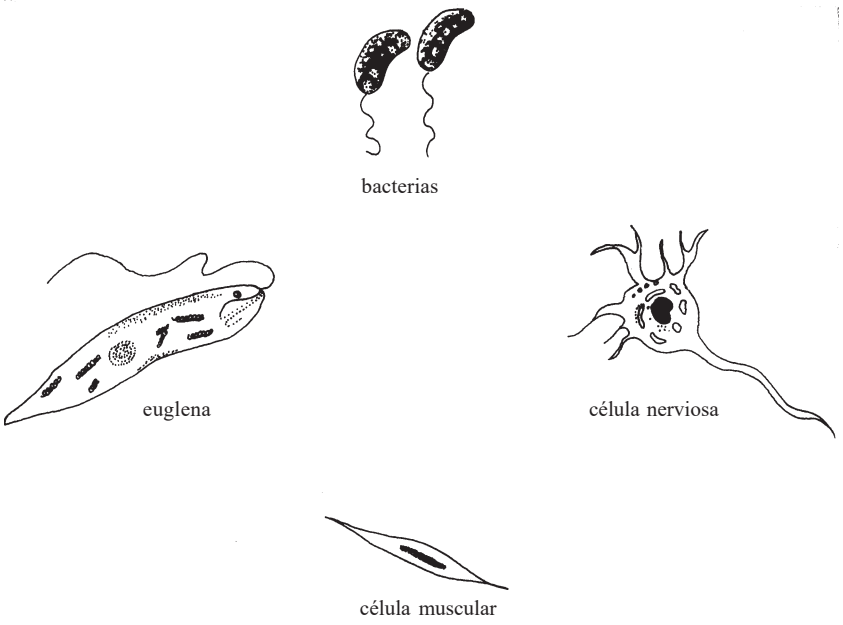


Fig. 22 Representantes del nivel celular.

Esto es resultado del proceso evolutivo, en el que se formaron *organismos unicelulares* con estructuras correspondientes a las células procariotas, por ejemplo, las bacterias, y a las células eucariotas, por ejemplo, el paramecio y la ameba, entre otros.

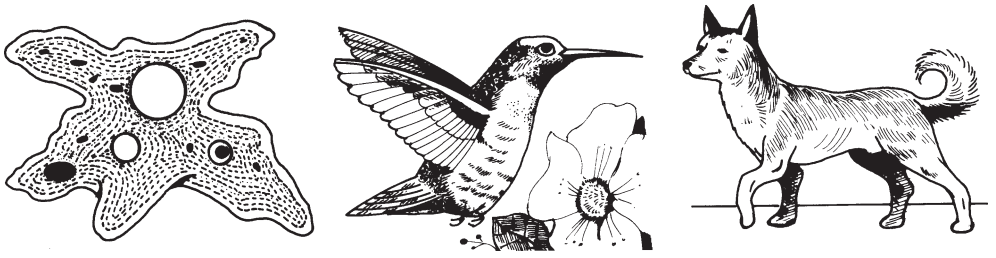


Fig. 23 Representantes del nivel de organismo.

Los *organismos pluricelulares,* también son representantes de este nivel, pero con un mayor nivel de complejidad. En estos, cada una de las células que los constituye realiza las funciones vitales que mantienen su vida, como la respiración y la nutrición; al mismo tiempo que tienen funciones específicas que otras células no pueden realizar, como resultado de la especialización funcional que caracteriza a estos organismos. En ellos, las *células* se pueden asociar y organizarse de manera gradual y compleja formando *tejidos, órganos* y *sistemas de órganos,* que constituyen subniveles dentro del nivel *organismo* (fig. 23).

CÉLULAS → TEJIDOS → ÓRGANOS → SISTEMAS DE ÓRGANOS → ORGANISMO

SABÍAS QUE…
La diversidad de la complejidad de los organismos pluricelulares se aprecia al observar una esponja, una medusa, una ceiba, el hongo de sombrerillo, un pino, una caguama, un manatí y el hombre. No obstante, todos tienen características de unidad que permiten considerarlos organismos.

Como resultado de la evolución, no se originaron organismos aislados, sino grupos de estos con semejanzas y diferencias en sus estructuras y sus funciones. *Los organismos con características semejantes que se cruzan entre sí y tienen descendencia, constituyen una* **especie.** Las especies existen en la naturaleza en forma de *poblaciones.*

El **nivel de población** es aquel donde la organización de la materia viva sobrepasa el nivel de organismo e integra poblaciones de organismos. Una **población** *es un conjunto de organismos de la misma especie que se relacionan entre sí, que viven en un lugar determinado y en un momento dado* (fig. 24). Este nivel, al igual que el resto de los niveles estudiados, tiene sus propias características. El número de organismos en las poblaciones y, por tanto, su crecimiento está regulado, entre otros factores por el alimento y el espacio disponible. En Cuba, hay una gran diversidad de poblaciones; entre estas se pueden citar la población de flamencos de cayo Sabinal, el conjunto de palmas reales del Valle de Viñales, las gaviotas de la costa de cayo Coco, entre muchas otras.

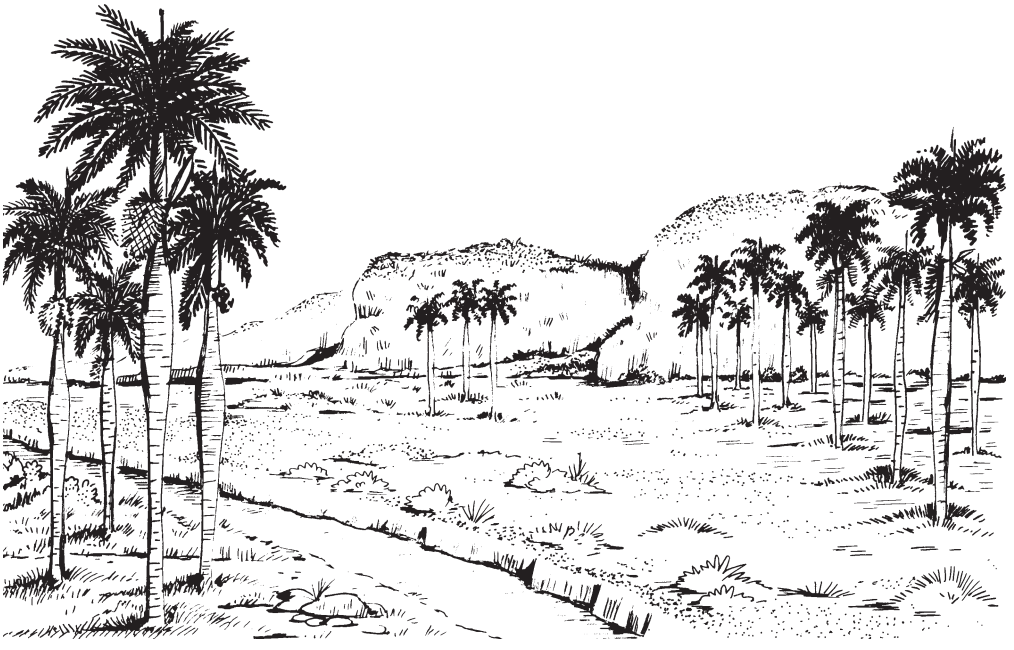


Fig. 24 Representación del nivel de población.

El **nivel de comunidad** es más complejo, en tanto está constituido por las **comunidades,** *que son asociaciones de poblaciones diferentes que interactúan entre sí y ocupan una zona determinada* (fig. 25). Las poblaciones no se encuentran aisladas; por lo general, varias de estas ocupan e interactúan en una misma zona geográfica. Por ejemplo, en el manglar de la costa norte de la península de Guanahacabibes, existen diferentes poblaciones de mangles, en las que conviven numerosos tipos de

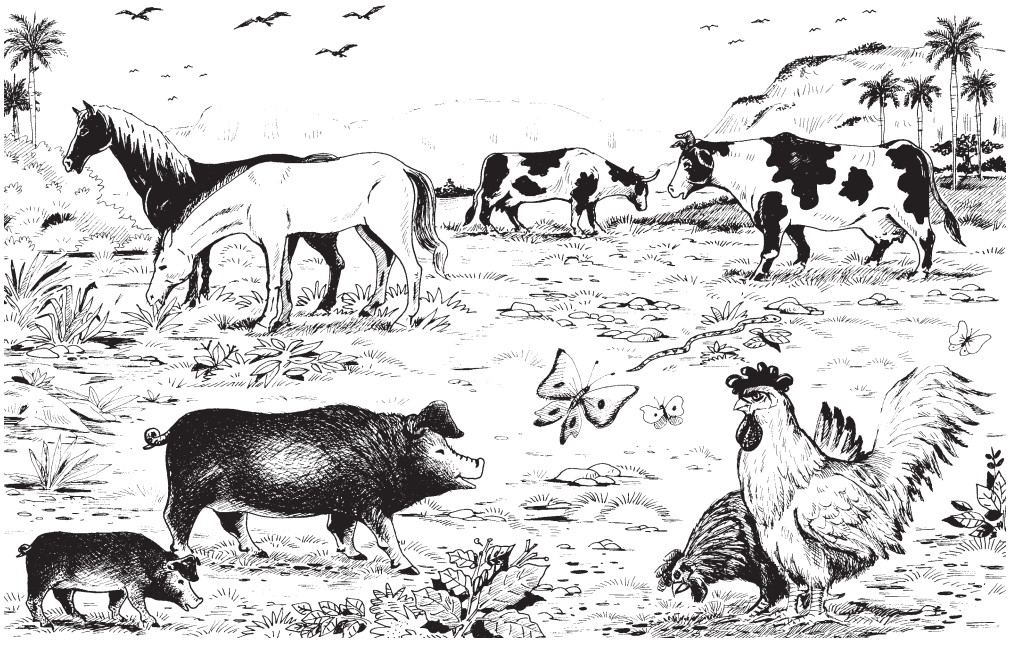


Fig. 25 Representación del nivel de comunidad.

aves, crustáceos, peces e insectos que pueden establecer interrelaciones alimentarias y de convivencia. La extinción de algunas de estas especies repercute en mayor o menor grado en las otras.

Lo antes expuesto reafirma que la **población** y la **comunidad** no son simples agregados de organismos de ciertas especies, sino sistemas vivientes en los que cada elemento es parte del todo, y contribuye al mantenimiento de todo el conjunto. En las comunidades, los organismos de diferentes poblaciones no sólo mantienen relaciones mutuas entre sí, sino con los factores abióticos del medio ambiente, constituyendo unidades ecológicas llamadas: ecosistemas* que serán objeto de estudio en otro grado.

El **nivel de biosfera** constituye el último nivel de organización de la materia viva y comprende a todas las comunidades de la Tierra en intercambio unas con otras como manifestación máxima del equilibrio de la naturaleza. La biosfera es el resultado del proceso evolutivo y contiene a todos los niveles anteriores organizados en sistemas de complejidad creciente y gradual, de cuya interacción depende, en definitiva, la existencia y conservación de la vida.

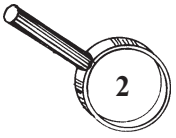
Tarea

1. Un área determinada se encuentra ocupada por insectos de la misma especie, diferentes bacterias del suelo, una ceiba, así como abundante cantidad de agua:

   a) Identifica los niveles de organización de la materia a los que pertenecen los ejemplos mencionados y elabora un esquema que los represente.

b) ¿ Cuál es el nivel de organización más complejo? Argumenta tu respuesta con dos razones.
c) ¿ Crees tú que existe alguna diferencia entre el nivel de organización de la materia a los que pertenecen las bacterias y los insectos? Argumenta tu respuesta con dos razones.

2. Cada uno de los niveles de organización de la materia contiene como componente a los niveles inferiores, y a su vez, forman parte de los superiores. Argumenta el planteamiento anterior.
3. Ejemplifica el nivel celular y expresa en qué se diferencia del nivel de organismo.
4. En qué nivel de organización de la materia ubicaríamos a un paramecio. ¿Por qué?



Comprobación de la presencia de carbohidratos en las plantas

Recuerda que siempre la muestra a observar al microscopio, debe ser lo más delgada posible; en esta actividad realizarás otras operaciones que te permitirán garantizar esto.

En la figura 26, se indica como obtener un raspado del material biológico, en este caso se corta una papa a la mitad y se raspa con la cuchilla o bisturí en la superficie de corte, obteniéndose el raspado (material jugoso de color amarillento) que colocarás en el portaobjetos. Una vez obtenido el raspado se utiliza un colorante para teñir los granos de almidón y lograr así el contraste con el resto del material. Recuerda que en esta operación se extrae del frasco una pequeña porción del colorante, no devolviendo el sobrante de este al recipiente, ya que se puede afectar su constitución. También ten en cuenta que el colorante cubra toda la muestra, lo que garantiza la tinción uniforme de todo el material objeto de estudio.

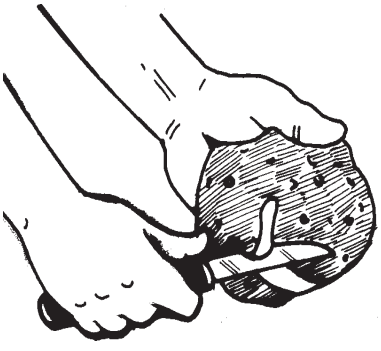


Fig. 26 Forma de obtener un raspado de material biológico.

Antes de realizar la actividad, revisa la lista de los posibles errores que pudiste haber cometido al manipular el microscopio óptico y al dibujar lo observado en la actividad práctica de la Introducción y consulta nuevamente las orientaciones de la actividad práctica “Manipulación del microscopio óptico”.

Al concluir las actividades de la práctica, retira las muestras, limpia el microscopio y ordena el puesto de trabajo.

Materiales:

Papa, ramas de ítamo real, cardón o corona de cristo, portaobjetos, cuchilla o bisturí, cubreobjetos, gotero, papel de filtro, lápices de colores, yodo al 1%, microscopio óptico.

Técnica operatoria:

1. Coloca una o dos gotas de lugol o yodo en un portaobjetos.
2. Obtén un raspado de papa, en la forma que se indica en la figura 26 y extiéndela sobre el colorante.
3. Coloca el cubreobjetos, evitando las burbujas de aire y, además, elimina el exceso de colorante con el papel de filtro. Recuerda estas tres operaciones que se muestran en la figura 27. De no disponer de cubreobjetos, puede realizar la observación directa
4. Observa al microscopio. Localiza los granos de almidón. Dibuja lo observado.

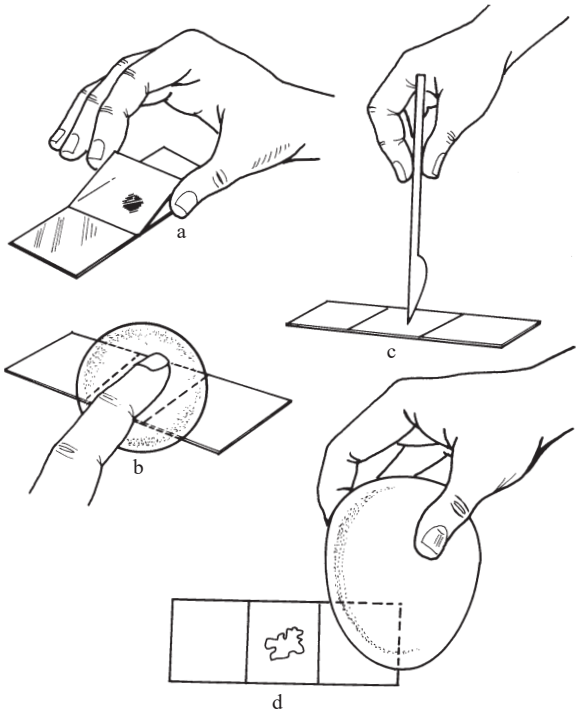


Fig. 27 Operaciones para obtener una preparación microscópica: a) colocación del cubreobjetos; b) y c) formas de eliminar las burbujas de aire; d) forma de eliminar el exceso de colorante.

5. Deposita en otro portaobjetos una o dos gotas de lugol.
6. Rompe una rama de cualesquiera de las plantas indicadas en los materiales y coloca sobre el colorante una pequeña cantidad de látex. Únelos auxiliándote de una aguja enmangada.
7. Coloca el cubreobjetos y procede en la misma forma que indica el paso no. 3.
8. Observa los granos de almidón, dibújalos y compara con lo observado en el paso no. 4.

Conclusiones:

1. ¿A qué conclusiones puedes llegar con la comparación realizada en el paso no. 8.
2. Desde el punto de vista práctico, ¿qué importancia tiene el uso de colorantes para el trabajo con material biológico?
3. ¿Qué relación puede establecerse entre lo observado en esta actividad y la importancia de los carbohidratos en los organismos?

2

LOS VIRUS

Ya conocemos que la materia está organizada por niveles y que es en el nivel celular en el que por primera vez se desarrolla la vida. Sin embargo, existen estructuras no celulares que en condiciones determinadas pueden multiplicarse y producir daños considerables a los seres vivos. Estas estructuras son los virus que, por su importancia, requieren ser estudiados de manera diferenciada.

En este capítulo estudiaremos los virus y, en particular, analizaremos sus características generales, su ciclo de multiplicación y sus relaciones con las móneras, los hongos, las plantas, los animales y el hombre.

Características generales de los virus

La primera enfermedad infecciosa para la cual se descubrió un método práctico y eficaz de prevención fue de origen viral. En 1796, el científico inglés Edward Jenner (1749-1823) inoculó a un niño el exudado de una lesión de viruela bovina obtenida de la mano de una ordeñadora y el niño no desarrolló la enfermedad. Tras otras pruebas, el científico observó que las personas inoculadas con las secreciones provenientes de las lesiones de esta enfermedad quedaban protegidas. Se descubrió así, el principio de la vacunación, término que surgió porque el material utilizado provenía del ganado vacuno. Al mismo tiempo, estos trabajos constituyen los primeros antecedentes en el descubrimiento de los virus.

SABÍAS QUE…
Medio siglo después de los trabajos de Jenner, el eminente científico francés Luis Pasteur (1822-1895) aplicó, por primera vez, un método para obtener una vacuna contra la rabia. Este método sirvió de base para la producción de vacunas destinadas a prevenir enfermedades causadas por virus.

En 1892, el científico ruso Dimitri Ivanovki (1864-1920) descubrió que el agente causal de la enfermedad conocida con el nombre de mosaico del tabaco podía pasar a través de los filtros de porcelana que impedían el paso de las bacterias. Al poner filtrado libre de bacterias, proveniente de un triturado de plantas de tabaco enfermas, en hojas de plantas sanas, produjo en estas la enfermedad. La sorpresa de que el líquido extraído de las plantas afectadas por la enfermedad contagiaban a otras plantas, motivó a diferentes científicos a investigar su agente causal, pero este no se observaba ni con los mejores microscopios ópticos de la época. A partir de aquí, comenzó a considerarse que el propio líquido tenía las propiedades infectivas y se le dio el nombre de *virus,* que proviene del latín y significa “fluido venenoso o dañino”.

En el siglo XX, otras investigaciones se sumaron a las realizadas por el científico ruso y corroboraron la existencia de los virus por su efecto, ya que continuaban siendo invisibles, aun utilizando los microscopios de mayores aumentos. Como resultado se descubrió que un gran

número de enfermedades en las plantas, los animales y el hombre eran causadas por virus. A esto se sumó que en 1915 el microbiólogo Frederick W. Twort descubrió a los bacteriófagos, virus conocidos generalmente como fagos que sólo infectan a las bacterias.

El microscopio electrónico abrió nuevas perspectivas en el estudio de las partículas virales, ya que posibilitó su observación y el análisis de su estructura y composición. Esto, unido a los avances que significó el descubrimiento de las técnicas de cultivos de tejidos, hizo posible su aislamiento y multiplicación en condiciones de laboratorio, lo que sin dudas, favoreció el desarrollo de métodos para el control de las enfermedades producidas por virus y para las investigaciones biológicas.

Los virus carecen de estructuras celulares como la membrana citoplasmática, el citoplasma y el núcleo, de ahí que son considerados *formas acelulares,* y se reconocen como partículas que contienen uno de los dos ácidos nucleicos, ADN o ARN, recubiertas por uno o varios tipos de proteínas. El tamaño de los virus es extremadamente pequeño (fig. 28), por lo que son ultramicroscópicos.

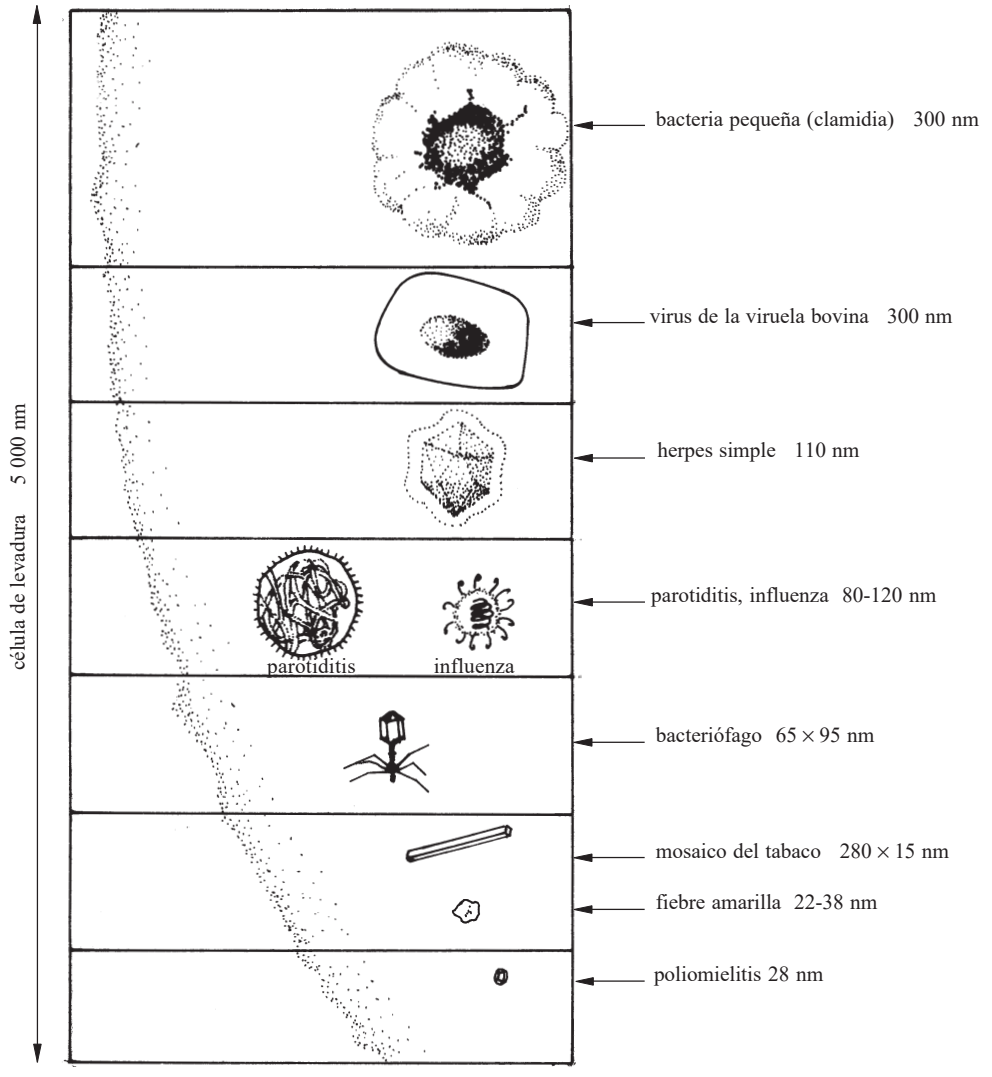
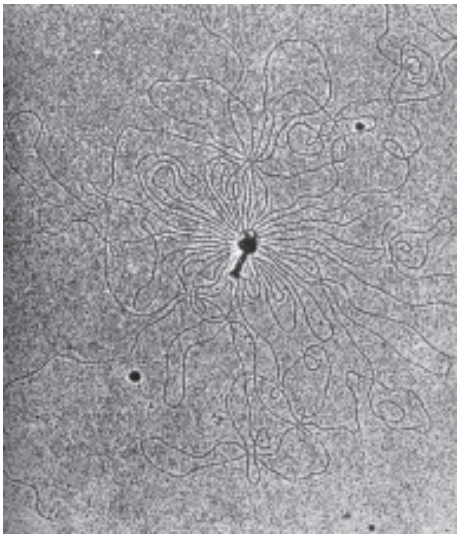


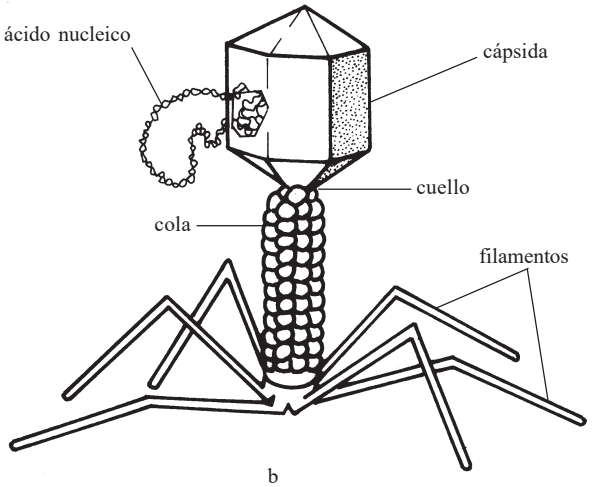
Fig. 28 Los virus presentan una gran diversidad de tamaños, no obstante todos son ultramicroscópicos.

Hoy se sabe que uno de los virus más grandes, el de la viruela bovina (250 nm) es más pequeño que la cuarta parte de la bacteria causante de la fiebre tifoidea y que miles de virus de los más pequeños, como el de la poliomielitis (28 nm), caben dentro de un estafilococo (un nanómetro – nm = $1 \cdot 10^{-6}$ mm).

No obstante su pequeño tamaño, el microscopio electrónico revela una determinada organización estructural. El ácido nucleico que lo constituye, ya sea el ADN o el ARN, generalmente se encuentra en la región central y rodeado por una capa de proteínas llamada *cápsida,* constituida por uno o varios tipos de estas moléculas, dispuestas de modo ordenado y constante para cada tipo de virus. La cápsida viral tiene un alto grado de simetría y puede estar desnuda o rodeada por una envoltura de naturaleza lipoproteica (fig. 29).



a



b

Fig. 29 Estructura del virus bacteriófago tipo T_4: a) fotografía con el microscopio electrónico de un fago que ha sufrido cambios osmóticos bruscos, los cuales han determinado que el ADN se dispare a su alrededor; b) esquema del bacteriófago.

El número y ordenamiento estructural de las proteínas de la cápsida le confiere a los virus una gran diversidad de formas. Algunos pueden ser icosaédricos, cuando se semejan a un poliedro regular con 20 caras triangulares y 12 vértices, como en el caso de los virus de la poliomielitis, la influenza o gripe y la parotiditis o papera; otros pueden ser helicoidales, cuando la cápsida es de forma cilíndrica y hueca, como en el caso del virus del mosaico del tabaco.

Los virus, al carecer de estructura celular, ***no tienen metabolismo propio,*** es decir, extracelularmente son partículas inertes que no responden a los estímulos externos, no respiran, ni se reproducen, pero una vez que infectan a las células, en estado intracelular, tienen la propiedad de inducir la producción de nuevas partículas virales con sus mismas características y así multiplicarse rápidamente.

Lo antes explicado, determina que los virus sean ***parásitos intracelulares obligados,*** porque dependen absolutamente del metabolismo de las células hospederas para su multiplicación.

Los virus en estado extracelular mantienen su estructura durante un tiempo limitado que puede variar en dependencia del tipo de virus. Transcurrido ese tiempo se altera su estructura y pierde sus propiedades. Estas formas acelulares ***tienen una gran especificidad,*** la que está determinada por las proteínas que conforman sus cápsidas. De esta forma, cada tipo viral, generalmente, parasita un tipo de célula específica.

Teniendo en cuenta las características que hemos analizado, los **virus** *pueden definirse como formas acelulares constituidos por un ácido nucleico rodeado por una cápsida de proteínas, que no poseen metabolismo propio, por lo que son parásitos intracelulares obligados.*

El hecho de carecer de estructura celular y no tener metabolismo propio hace que no se consideren formas vivas, aunque algunos científicos, teniendo en cuenta las posibilidades que tienen de multiplicarse intracelularmente, sí los consideran así. Esto constituye una controversia en el campo de la biología, que los científicos se esfuerzan por dilucidar. Todo parece indicar que términos como microorganismos y formas vivas no son aplicables a los virus; es preferible referirse a partículas funcionalmente activas en el interior de las células o inactivas fuera de estas.

Tarea

1. Define el concepto virus. Representa gráficamente un virus y señala las estructuras que lo forman.
2. Observa la figura 2 (capítulo 1) y, sobre la base de la estructura de los virus, explica por qué se consideran formas acelulares.
3. ¿Por qué los virus son considerados parásitos intracelulares obligados? Explica.

Ciclo de multiplicación de los virus

Como ya hemos explicado, los virus, al no tener estructura celular ni metabolismo propio, son parásitos intracelulares obligados; de ahí que su ciclo de multiplicación transcurra necesariamente en el interior de las células pertenecientes a los organismos que parasitan. Al infectar a las

células bacterianas o a las que constituyen a los hongos, las plantas, los animales o el hombre, los virus se multiplican, utilizando los sistemas enzimáticos y otros componentes que participan en el funcionamiento de la célula infectada.

El ciclo de multiplicación de los virus ha sido más estudiado en los bacteriófagos. Este se inicia cuando la superficie vírica establece contacto y se adhiere a la membrana celular de la célula huésped (**adhesión**) de modo que por la zona de contacto penetra el material genético del virus a su interior (**penetración**).

Una vez dentro de la célula se inicia un proceso en el que el material genético viral, utilizando el metabolismo celular, sirve de base para la síntesis de los componentes de los nuevos virus (el ácido nucleico y las proteínas), los que se ensamblan y constituyen los cientos de nuevas partículas virales. Este proceso que ocurre intracelularmente, recibe el nombre de **multiplicación.**

Finalmente, la membrana celular se disuelve y rompe (**lisis**) y ocurre la liberación de los nuevos virus que están en condiciones de infectar a otras células susceptibles e iniciar así nuevamente el ciclo. Por sus características, este ciclo de multiplicación de los virus recibe el nombre de **ciclo lítico** (fig. 30).

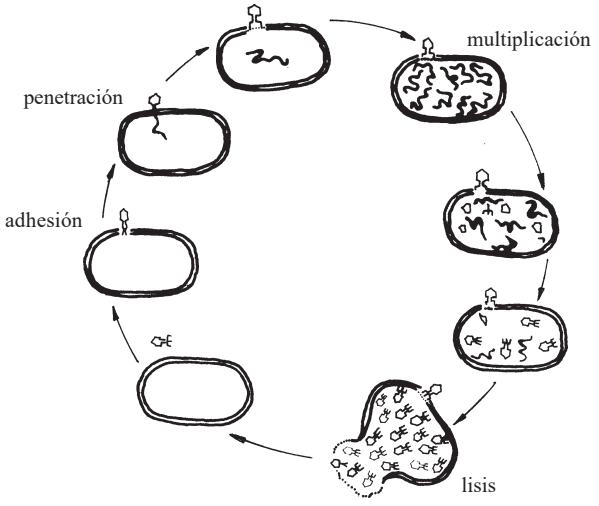


Fig. 30 Representación esquemática del ciclo lítico de multiplicación de un bacteriófago.

SABÍAS QUE…
El ciclo lítico de multiplicación del fago T_4 concluye aproximadamente unos 30 minutos después de ocurrir la penetración del material genético. Al ocurrir la lisis bacteriana emergen unos 200 o 300 nuevos fagos.

No siempre las células infectadas terminan con la lisis. Se conoce la existencia de un proceso llamado **lisogenia,** característico de algunos virus en el que después de la penetración del ácido nucleico viral, este se inserta al ADN de la célula sin causar daños aparentes ni interferir sus funciones hasta que en determinadas condiciones, se separa y recupera la virulencia, es decir, inicia los mecanismos de síntesis propios del ciclo lítico, que como ya conoces conducen a la lisis y muerte celular (fig. 31).

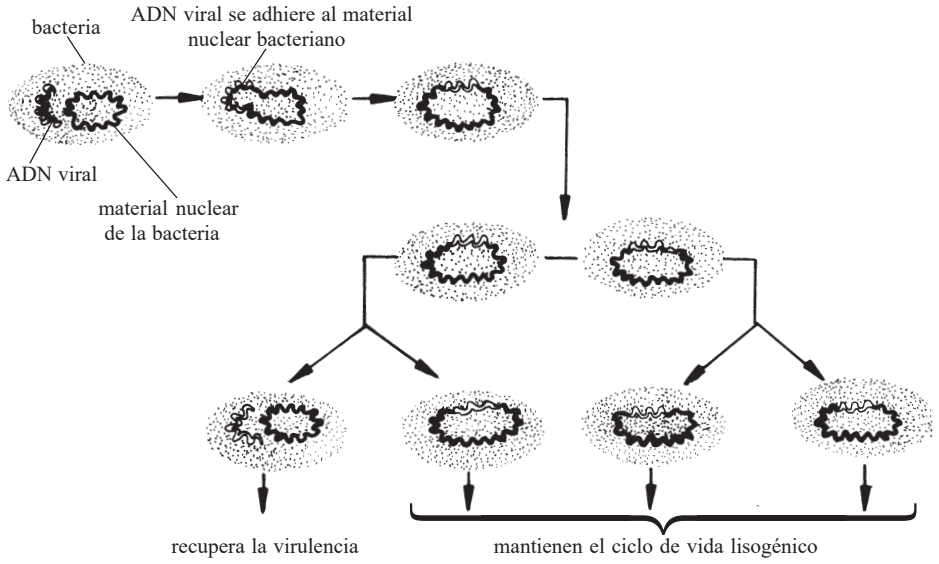


Fig. 31 Proceso lisogénico de multiplicación.

Tarea

1. Analiza la figura 30, que representa el ciclo lítico de multiplicación de un virus y describe sus fases.
2. Una bacteria es infectada por un virus y al pasar 24 horas se producen nuevas partículas virales. Al ocurrir la ruptura de la membrana, los virus salen y pueden infectar nuevas células:

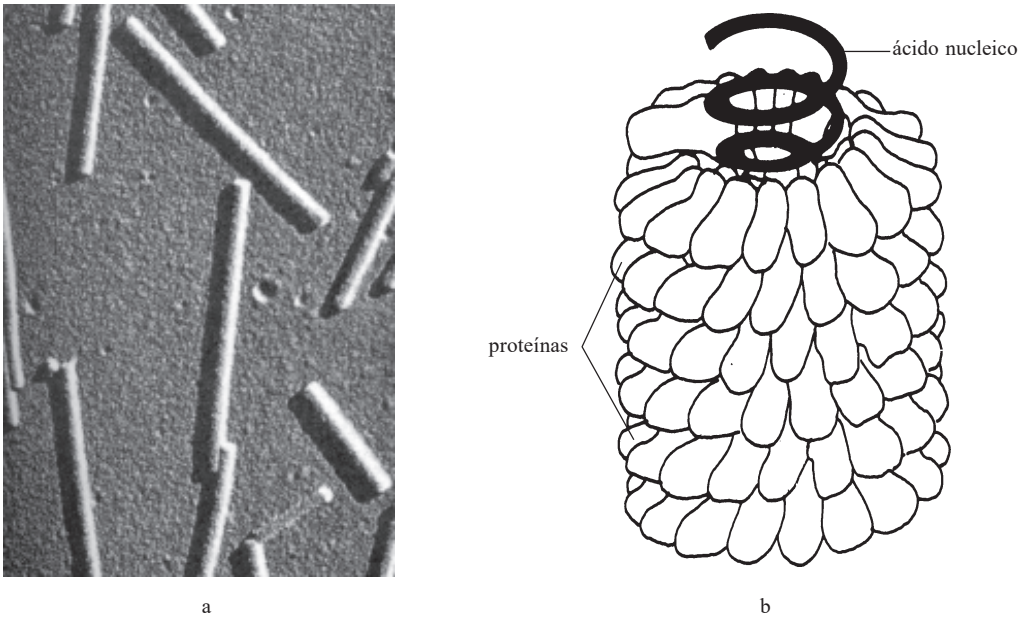
   a) ¿Se pone de manifiesto el ciclo lítico o la lisogenia? ¿Por qué?
   b) ¿A qué conclusión puedes llegar acerca de la función del ácido nucleico?
3. Compara los ciclos de multiplicación de los virus lítico y virogénico.
4. ¿Qué procesos se manifiestan en la infección del virus del SIDA cuando el individuo es cero positivo y aún no se ha manifestado la enfermedad? Explica sus características.

Relaciones de los virus con los organismos

El hecho de que los virus sean parásitos intracelulares obligados determina su carácter patógeno, es decir, que produzcan enfermedades, ya que al multiplicarse en el interior de las células que constituyen a las móneras, los hongos, las plantas, los animales y el hombre, las destruyen y los nuevos virus infectan sucesivamente a las células vecinas.

Las enfermedades virales en los vegetales ocasionan cuantiosas pérdidas porque disminuyen la calidad y el rendimiento de las plantas de interés económico. Entre las más estudiadas están las que afectan a la planta de tabaco. El virus del mosaico del tabaco (fig. 32) es uno de los

agentes más infecciosos de los que atacan a esta planta. Las hojas y otros órganos del vegetal infectados se caracterizan por la presencia de manchas claras y oscuras que semejan un mosaico, de ahí el nombre de la enfermedad y de su agente causal.



a b

Fig. 32 Virus del mosaico del tabaco: a) microfotografía; b) esquema.

A principios de este siglo se conoció la existencia de tipos virales con características infecciosas semejantes a las del mosaico del tabaco que afectaban a otros cultivos. Hoy se han podido aislar y estudiar los virus que producen el mosaico en el pepino, la col, el tomate, la papa y en la caña de azúcar. En este último, el más importante de nuestra economía agrícola, la enfermedad se caracteriza por un rallado de color amarillento, además de producir un considerable retardo en el crecimiento de la planta y, por consiguiente, una significativa disminución de su rendimiento.

SABÍAS QUE…

Las características de los virus facilitan su utilización por el imperialismo en el desarrollo de su guerra biológica contra Cuba. Nuestro país ha sido objeto de una larga historia de agresiones de carácter biológico durante los años de Revolución, entre las que se incluyen la introducción comprobada de la tristeza de los cítricos, la fiebre porcina africana, la hemorragia viral del conejo, la bronquitis infecciosa de las aves, la mamilitis ulcerativa del ganado vacuno, así como el dengue hemorrágico en el hombre, entre otras enfermedades.

Nuestra agricultura cañera cuenta con variedades genéticamente resistentes a esta enfermedad y, no obstante, se toman medidas para evitar la infección viral.

Otro importante cultivo de nuestra agricultura que es afectado por virus es el de los cítricos. El virus de la tristeza de los cítricos produce en estos la enfermedad del mismo nombre, la que se caracteriza por un enroscamiento y amarillez de las hojas, así como por una disminución del tamaño de las plantas. Otras enfermedades virales que ocasionan daños significativos

a la agricultura son las que afectan al arroz, la papa, diferentes frutales y gran número de hortalizas. En estas últimas, como en el caso del tomate y el pimiento, además de producir alteraciones en las hojas, provoca un considerable retardo del crecimiento y desarrollo de las plantas.

Las enfermedades virales en los animales originan considerables pérdidas económicas, al producir afectaciones en casi todos los que por su importancia forman parte de nuestra ganadería. Un ejemplo de estas es la denominada *Newcastle,* producida por el virus del mismo nombre y que afecta al ganado vacuno, porcino y también a las aves, produciéndoles trastornos respiratorios y encefálicos agudos que pueden provocarles la muerte.

El ganado bovino es infectado por el virus de la parainfluencia bovina que ocasiona trastornos respiratorios y retardo severo del crecimiento y desarrollo de los animales. Otro virus que también afecta a este ganado es el de la rinotraqueítis infecciosa que produce trastornos respiratorios que pueden conducir a la muerte del animal.

SABÍAS QUE…
Cuba es miembro de la Convención Internacional sobre Prohibición del Desarrollo, la Producción y el Almacenamiento de Armas Biológicas que está en vigor desde 1975. En consecuencia, nuestro país cumple todos sus estatutos y regulaciones.

La fiebre porcina africana es otro ejemplo de enfermedad viral que resulta mortal para el ganado porcino. Se ha comprobado que fue introducida en Cuba en dos ocasiones como parte de la guerra biológica que el gobierno de Estados Unidos libra contra Cuba; pero gracias al rápido diagnóstico y la puesta en marcha de diferentes medidas de control, se logró disminuir su propagación y evitar que las pérdidas económicas fuesen mayores.

La glosopeda o fiebre aftosa es una enfermedad viral que produce daños significativos en el ganado vacuno, ovino y caprino. El moquillo, la peste aviar y la rabia son otros ejemplos de enfermedades virales que afectan a los animales.

SABÍAS QUE…
La rabia es trasmitida al hombre fundamentalmente por los murciélagos, ya que son animales que se recuperan muy fácilmente de la infección viral y generalmente la portan. La infección se produce por mordeduras, al manipular animales infectados, aunque también puede ser trasmitida por vía respiratoria al inspirar el aire de las cuevas donde se acumule gran cantidad de heces (guano) de estos animales.

Hoy día se conoce el origen viral de un gran número de enfermedades en el hombre. Entre las que se incluyen desde la gripe o catarro, pasando por las paperas, el sarampión, la rubéola y la varicela, hasta otras más graves como la poliomielitis y la fiebre amarilla.

El agente causal de la poliomielitis es un virus pequeño que contiene ARN como ácido nucleico. Esta enfermedad constituyó durante mucho tiempo un azote para la humanidad y, aunque desde hace algunos años se logró obtener una vacuna que inmuniza con gran efectividad, en muchos países subdesarrollados aún constituye una afectación significativa.

En Cuba, desde los primeros años del triunfo de la Revolución, se desarrollan campañas masivas de vacunación antipolio en las que se inmuniza a toda la población infantil, lo que han permitido erradicar totalmente esta enfermedad. La creciente labor de inmunización que desarrolla la Revolución ha salvado a más de 20 000 vidas. El programa de inmunización actualmente protege a nuestro pueblo contra 13 enfermedades prevenibles, entre las que se encuentran algunas de origen viral, como el sarampión, la rubéola, las paperas, la meningoencefalitis viral y la hepatitis B.

En la mitad de la década del 60, los investigadores demostraron que algunos virus podían estar involucrados en el cáncer. Hoy se sabe que la interacción de dos o más clases de estos oncovirus*, en combinación con otros factores, fundamentalmente inmunológicos, es causa de algunos cánceres como la leucemia. Las actuales investigaciones dirigidas a la comprensión de la acción viral en el cáncer humano son consideradas por algunos científicos como las más adelantadas y las que podrán contribuir más significativamente en la solución del tratamiento y cura del cáncer en el hombre.

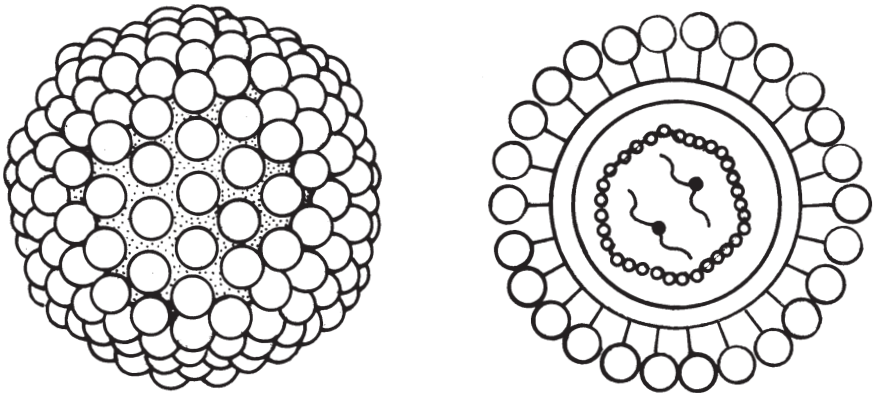
SABÍAS QUE…

Los virus, no obstante su acción nociva por las enfermedades que ocasionan, son utilizados por el hombre en la producción de vacunas y numerosas investigaciones. La simplicidad de los virus los hace ideales para los estudios genéticos dirigidos a responder muchas de las interrogantes actuales acerca de la estructura y organización de los genes.

Otros virus producen en el hombre serias afectaciones al infectar los órganos del encéfalo. Las encefalitis (inflamación del encéfalo) virales tienen diferentes manifestaciones y ocasionan daños muy diversos en dependencia del virus causal. Las formas más agudas de estas enfermedades provocan convulsiones y comas severos que pueden conducir a la muerte.

Otro ejemplo de enfermedad viral en el hombre, que desde que apareció a principios de la década del 80 ha causado la muerte a más de 11 millones de personas en el mundo, es el SIDA (Síndrome de Inmunodeficiencia Adquirida). La vía de trasmisión está determinada por dos tipos de virus de inmunodeficiencia humana (VIH): el VIH-1 y el VIH-2, aunque cada uno tiene diferentes subtipos (fig. 33). Ambos se trasmiten por vía sexual o por su introducción directa en sangre mediante transfusiones de sangre o sus derivados, así como por el empleo de jeringuillas u otros instrumentos infectados.

La incorporación del virus en el torrente sanguíneo, por cualquiera de estas vías, implica la infestación de las células que intervienen en los mecanismos inmunológicos de defensa del organismo, como los linfocitos, lo que determina un debilitamiento del sistema inmunológico y que el organismo quede expuesto a contraer otros tipos de enfermedades infecciosas (enfermedades oportunistas) que lo conducen a la muerte. La aparición y evolución de la enfermedad varía



a b

Fig. 33 Virus del SIDA (VIH): a) estructura externa; b) estructura interna.

según la causa de la infección. Cuando la infección se produce mediante relaciones sexuales no protegidas, el período de incubación dura 10 años o más, período en que la persona es *seropositiva,* es decir, que no muestra síntomas pero ante un análisis de detección del virus tiene indicios de infección del VIH, al poseer anticuerpos contra estos, y puede trasmitir la enfermedad. Por vía sanguínea este período es de apenas 2 o 3 años.

Hasta el momento no hay un tratamiento exitoso en la cura de la enfermedad. Las actuales terapias combinadas para el tratamiento, además de su impedimento por el costo, sólo retardan el proceso pero no lo curan y aún no existe ninguna vacuna efectiva. Consecuentemente, la solución ante el llamado "mal del siglo XX" está en la prevención, tanto en mantener una conducta sexual responsable, como en las medidas a tomar en la manipulación de las transfusiones de sangre y del equipamiento paramédico.

SABÍAS QUE…
Otra vía de infección se produce de madre a hijo por vía perinatal. En Cuba a todas las embarazadas se les aplica la prueba del VIH, lo que ha permitido eliminar prácticamente esta vía de trasmisión. Ello, junto a la certificación de la sangre que se emplea en las transfusiones y en la elaboración de los hemoderivados, coloca a nuestro país en un lugar ventajoso en el control del SIDA.

Hoy, la única vía eficaz radica en la protección mediante el uso del preservativo, unido al mantenimiento de una pareja estable que también lo sea. Ello además asegura la prevención contra otras enfermedades virales, como la hepatitis B y el condiloma venéreo, así como las producidas por otros agentes sexotrasmisibles.

SABÍAS QUE…
Cada 20 minutos una persona en el mundo resulta infectada por el SIDA. Esto equivale a que se infecten 4 500 diariamente. Estas cifras deben servirte para reflexionar profundamente y que impliquen una actitud positiva en tu actitud ante la vida. Sólo tú puedes protegerte de este terrible mal.

En Cuba se aplican terapias de última generación a más de medio centenar de pacientes y se realizan esfuerzos para garantizar estos tratamientos a todos los que lo requieran. Se emplean también fármacos como los interferones y factores de transferencia desarrollados en centros científicos cubanos y se investiga para la obtención de un candidato vacunal. No obstante, el éxito mayor de nuestro país contra el SIDA está en que cuenta con un programa nacional de promoción, control y prevención que incluye el diagnóstico temprano de los individuos infectados para su tratamiento y tomar las medidas necesarias para evitar la propagación de la enfermedad. Como parte de este programa, todos los médicos de la familia se han capacitado y están en condiciones de ofrecer las orientaciones oportunas ante cualquier preocupación personal. Los interesados también pueden acudir a los Centros Provinciales de Higiene y Epidemiología, donde pueden obtener información actualizada y, además, se realizan los pesquisajes de esta enfermedad.

Además de protegernos podemos contribuir a la protección de los compañeros al convertirnos en un protagonista del trabajo de educación y promoción para la salud que desarrolla la escuela y la comunidad. Son muchas las actividades que podemos realizar en función de promover las características de la trasmisión del VIH y contribuir a que nuestros compañeros y vecinos manifiesten una conducta sexual más responsable.

SABÍAS QUE…

En la actualidad Estados Unidos constituye uno de los países con más alto índice de infección del VIH y de enfermos de SIDA, producto de la gran promiscuidad sexual, la drogadicción y la falta de una política estatal dirigida a la prevención de esta enfermedad.

Tarea

1. Los virus causan graves daños a los cultivos y a la ganadería. Argumenta y ejemplifica la afirmación anterior.
2. Valora el planteamiento siguiente: “Las medidas básicas para evitar el SIDA están en la prevención”.
3. “Los virus, por sus características, son utilizados por el imperialismo en la guerra biológica desatada contra Cuba”. Valora y ejemplifica el planteamiento anterior.
4. Investiga en tu comunidad qué enfermedades virales son más frecuentes en el hombre y qué medidas pueden tomarse para evitarlas.
5. Elabora un plan de divulgación de las características de la trasmisión del VIH y desarróllalo en tu escuela y comunidad.

3

FUNDAMENTOS BÁSICOS DEL NIVEL CELULAR

En el capítulo 1 estudiamos que la materia, atendiendo a su complejidad, se organiza por niveles. Cada nivel contiene al inferior y está regido por sus propias leyes. El nivel atómico está incluido en el molecular y este, a su vez, en el nivel celular. Es precisamente en este nivel de organización de la materia en el que vamos a centrar nuestra atención en este capítulo. Estudiaremos la célula con un mayor nivel de profundidad que en grados anteriores y ampliaremos nuestros conocimientos acerca de las estructuras que presenta y cómo estas se relacionan con las funciones que realizan.

Teoría celular

El nombre célula (del griego *Kyto,* célula y del latín *cella,* que significa espacio vacío) fue empleado por primera vez por el físico inglés Robert Hooke (1635-1703) en 1665, al describir sus observaciones realizadas a capas delgadas de corcho mediante un sistema de lentes construido por él. Unos años después, en 1674, el científico holandés Leewenhoek observó células libres en muestras de sangre y en una gota de agua.

Estas y otras observaciones y descripciones se dieron de forma aislada, sin que existieran en esa época posibilidades para que se pudieran establecer relaciones entre ellas; así, este conocimiento permaneció estacionario por más de un siglo. No fue hasta principios del siglo XIX en que las investigaciones y sus resultados superaron las observaciones iniciales y condujeron finalmente, en 1839, al establecimiento de una de las generalizaciones biológicas más amplias e importantes de todos los tiempos: la **teoría celular.**

En mayor medida contribuyeron a la formulación de esta teoría los trabajos de dos científicos alemanes que, por separado, llegaron a conclusiones semejantes. En 1838, el botánico Mathias J. Schleiden (1804-1881) llegó a la conclusión de que todas las plantas están constituidas por células y, al año siguiente, en 1839, el zoólogo Theodor Schwann (1810-1882), postuló que todos los seres vivos están formados por células y sus productos celulares.

Desde su formulación, la teoría celular influyó en diferentes campos de la investigación biológica. Veinte años después, en 1859, el médico alemán Rudolf Virchow (1821-1902), concluyó que todas las células vivas se originan únicamente de células preexistentes. Más tarde, por el progreso de la bioquímica, se demostró que existen semejanzas fundamentales en la composición química y las funciones de todas las células y se reconoció al *metabolismo celular* como la propiedad de la materia viva que constituye la esencia del movimiento biológico. De igual forma se reconoció que el funcionamiento del organismo, como unidad, es el resultado de las interacciones de las unidades celulares.

La teoría celular, en esencia, contiene los postulados siguientes:

• Todos los seres vivos están constituidos por una o varias células y sus productos.

• La célula es la unidad fundamental de estructura y función de los seres vivos.
• Toda célula se origina de una célula preexistente.

Hoy esta afirmación puede parecer obvia, sin embargo, en la época en que se generalizó, la ciencia no contaba con los recursos técnicos y el desarrollo de los instrumentos ópticos de la actualidad, por lo que este hecho reveló una gran intuición por parte de los investigadores e hizo posible una mejor comprensión de la estructura y de los procesos que constituyen la base de la vida. El progresivo desarrollo de la ciencia y, en particular, los avances en la microscopia óptica, la aplicación de la microscopia electrónica y el empleo de las técnicas de fraccionamiento celular*, citoquímicas* y otras técnicas de estudio de la célula, permitieron ratificar y ampliar estos postulados al posibilitar un mayor nivel de profundidad en el conocimiento de la estructura de las células pertenecientes a plantas, animales, hongos, protistas y móneras, así como de la función que realizan estas estructuras.

Los estudios realizados hasta el momento confirman cada uno de los postulados de la teoría celular y han ratificado que la célula *es la unidad básica de estructura y función de los organismos vivos, en continuo movimiento en el espacio y el tiempo, y que toda célula procede de otra antecesora, semejante a ella en cuanto a la estructura y funciones que realiza.*

Actualmente se estudian con mayor precisión los mecanismos moleculares que constituyen la base del funcionamiento celular, se profundiza en la genética molecular y se avanza en el desarrollo de la biotecnología y sus aplicaciones en los campos de la medicina, la agricultura y la industria.

Tarea

1. Plantea los postulados de la teoría celular y valora la importancia de estos postulados en el desarrollo de las ciencias biológicas.
2. Investiga acerca de la importancia del empleo de las técnicas de estudio de la célula en las investigaciones biológicas.

La célula: célula procariota y célula eucariota

Como hemos estudiado en grados anteriores, las células están constituidas por una membrana que les permite el intercambio con el entorno celular y en el medio interno se encuentra el citoplasma que presenta, en dependencia de su grado de complejidad, diferentes estructuras formadas por biomoléculas, además, contienen el material genético incluido en el núcleo o formando la región nuclear. En general, esta organización estructural posibilita el desarrollo de funciones y procesos inherentes a la vida, como el metabolismo y la división celular.

La **célula** *es una pequeña porción de materia viva, que constituye la unidad básica de estructura y función de los organismos, formada por el material nuclear (constituido por el material genético), el citoplasma y delimitada por la membrana citoplasmática. En la célula se realiza el metabolismo y se encuentra en constante movimiento e interacción dinámica con el medio ambiente* (fig. 34).

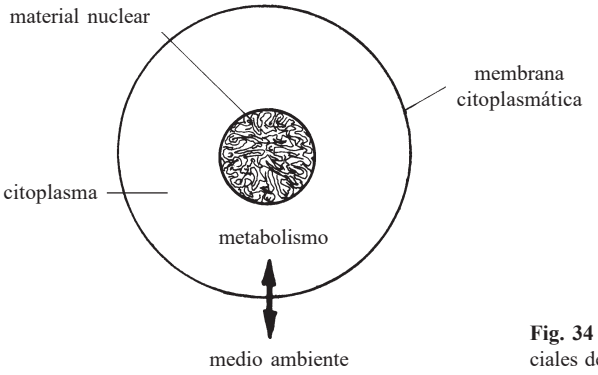


Fig. 34 Representación esquemática de los rasgos esenciales de toda célula.

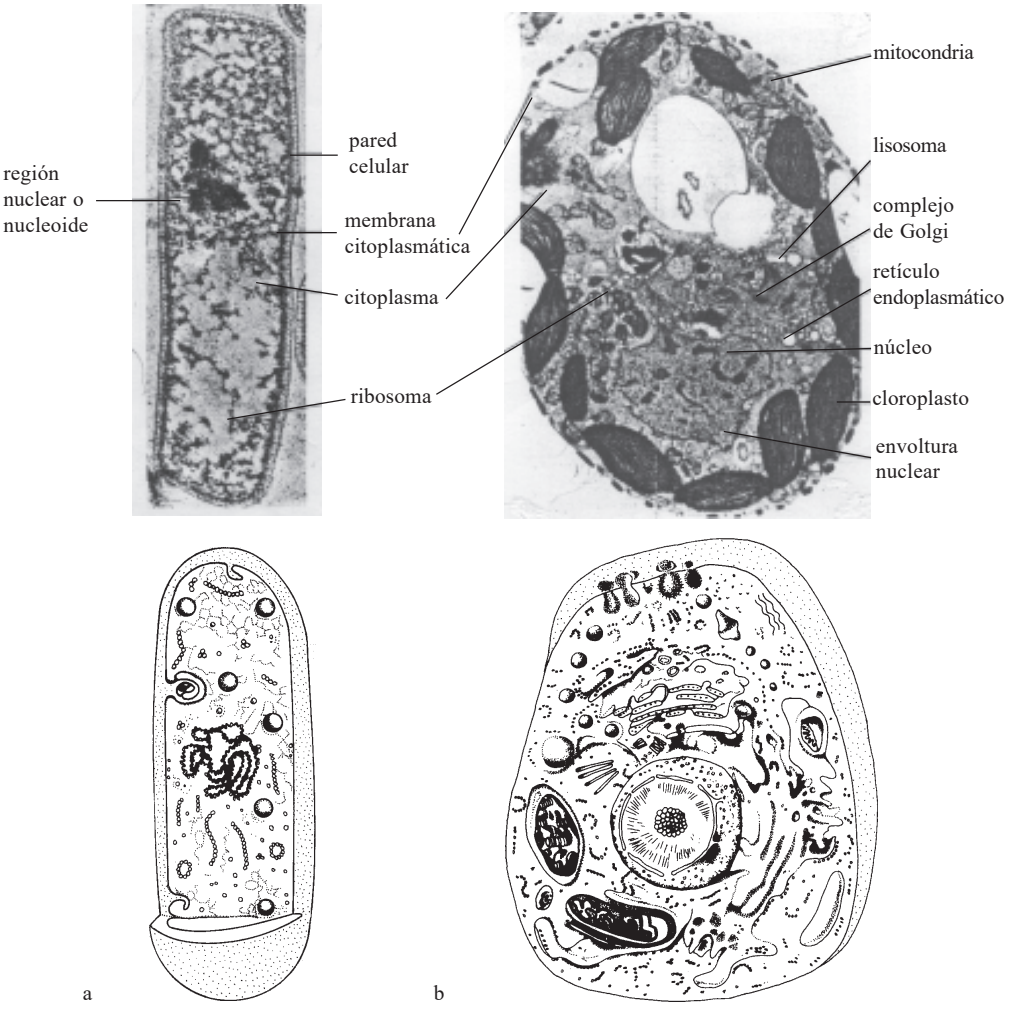


Fig. 35 Microfotografía y esquema de los tipos de células vistos al microscopio electrónico a) célula procariota; b) célula eucariota.

Según el grado de complejidad y organización, las células pueden clasificarse en: **células procariotas** y **células eucariotas** (fig. 35). Estas se originaron durante el proceso evolutivo a partir de la transformación de las células primitivas que constituyeron las primeras formas de vida (fig. 36).

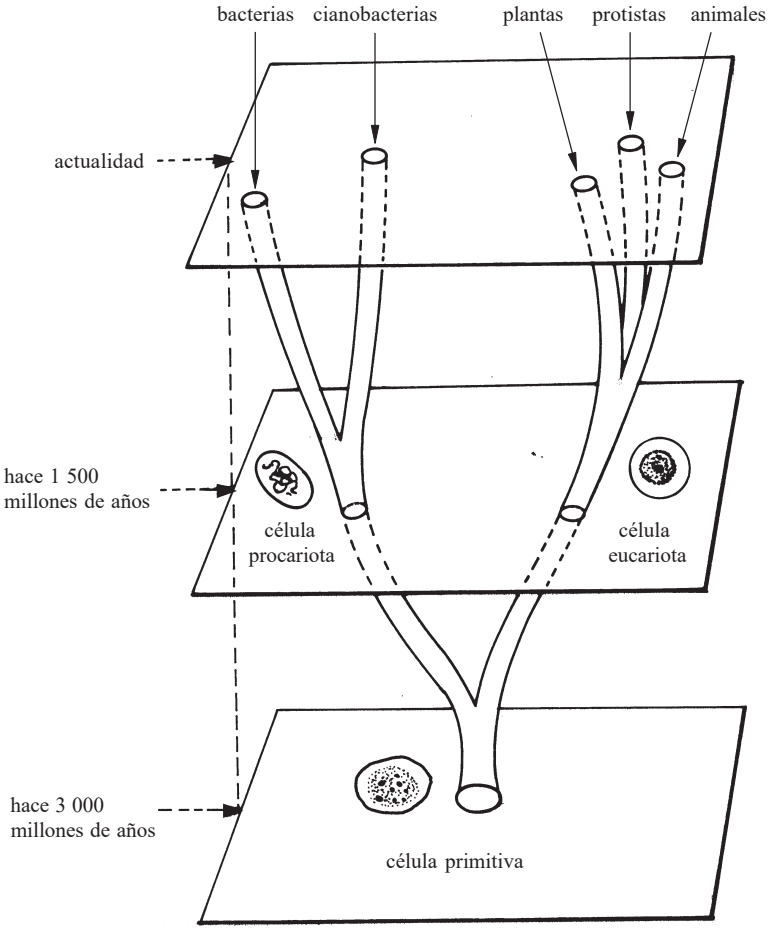
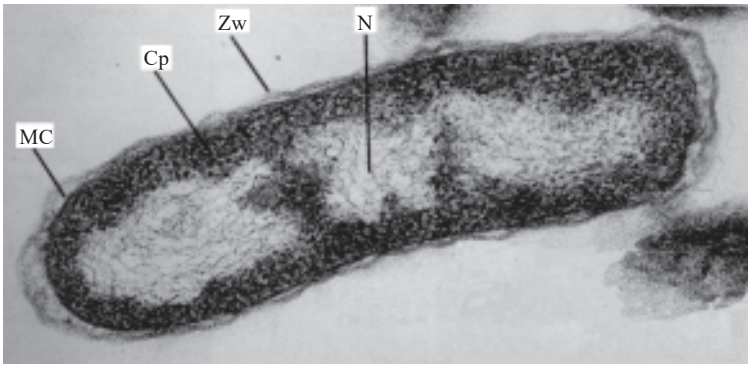


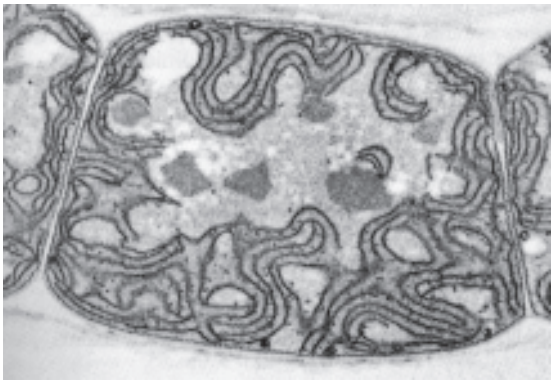
Fig. 36 A partir de las células primitivas se originaron las células procariotas y eucariotas.

SABÍAS QUE…
Existen evidencias de organismos que presentan células procariotas en fósiles de tres mil millones de años, mientras que las evidencias de la presencia de organismos con células eucariotas se han encontrado en fósiles de solo mil millones de años.

En una dirección evolutiva, se formaron las células procariotas que dieron origen a sus representantes actuales: las bacterias y las cianobacterias (fig. 37). En otra dirección, se desarrollaron las primeras células eucariotas que constituyeron los organismos unicelulares como por ejemplo: la ameba, la euglena y otros protistas. Las transformaciones evolutivas que se produjeron en las poblaciones de organismos unicelulares eucariotas, a lo largo de millones de años, propiciaron un aumento gradual de la complejidad de la materia viva y el surgimiento de la pluricelularidad.



a



b

Fig. 37 Células procariotas: a) bacteria, MC- membrana citoplasmática, Cp-citoplasma, Zw- pared celular, N- región nuclear; b) cianobacteria.

SABÍAS QUE…

Existen dos teorías que tratan de explicar el origen de las células eucariotas. Una plantea que estas se originaron a partir de células primitivas en las que la membrana citoplasmática se invaginó progresivamente hasta formar compartimientos celulares (fig. 38a). La otra plantea que algunas bacterias fueron incorporadas al interior de otras células, donde permanecieron sin ser digeridas. Según esta teoría, estas bacterias se especializaron en distintas funciones, lo que explica el posible origen de las mitocondrias y los cloroplastos (fig. 38b). La existencia de protistas actuales que poseen bacterias en su interior parece reforzar esta teoría.

La comparación entre estos tipos de células, las procariotas y las eucariotas, revela que existe un conjunto de estructuras y funciones celulares que son comunes y otras que difieren, debido a que presentan diferentes grados de complejidad estructural y funcional (ver figura 35).

Tal y como se infiere del análisis de la definición del concepto célula y de su representación en la figura 34, tanto las células procariotas como las eucariotas presentan una **membrana citoplasmática,** constituida fundamentalmente por lípidos y proteínas, que las delimitan del entorno circundante y que constituye una barrera selectiva en el intercambio de sustancias, que se

produce a través de esta, entre el interior de la célula y el medio extracelular. En las células procariotas, las enzimas que participan en las reacciones químicas propias del metabolismo celular se encuentran asociadas a esta estructura.

Por fuera de la membrana citoplasmática y rodeándola en toda su extensión, la mayoría de las células procariotas y algunos tipos de células eucariotas, como las vegetales y las que constituyen a los hongos, presentan una **pared celular** rígida; la cual está constituida por polisacáridos, péptidos y otras biomoléculas, y permite el intercambio con el medio y el mantenimiento de la forma de la célula.

En ambos tipos de células, el **citoplasma** es un compartimiento de aspecto gelatinoso constituido por agua, ADN, diferentes tipos de ARN, iones, proteínas y otras biomoléculas; sin embargo, este difiere en cuanto a su organización estructural, en cada uno de estos tipos de células. Las células procariotas presentan un citoplasma más sencillo, ya que sólo presentan inmersos los ribosomas: agregados moleculares de ARN y diferentes proteínas, también presentes en las células eucariotas, que participan en la síntesis de proteínas (ver figura 35a).

Los procesos metabólicos de síntesis y degradación ocurren en ambos tipos de células. En las eucariotas existe un conjunto de estructuras, formadas por sistemas de membranas que dividen al citoplasma en diferentes compartimientos, en los que se realizan estos procesos. Estos sistemas de membranas determinan una mayor complejidad en la organización estructural del citoplasma y está constituido por el *retículo endoplasmático rugoso,* el *retículo endoplasmático liso,* el *complejo de Golgi,* y numerosos orgánulos como las *mitocondrias,* los *lisosomas,* los *peroxisomas,* las *vacuolas* y, en el caso de las células vegetales y la que constituyen a algunos protistas, los *cloroplastos* (ver figura 35b).

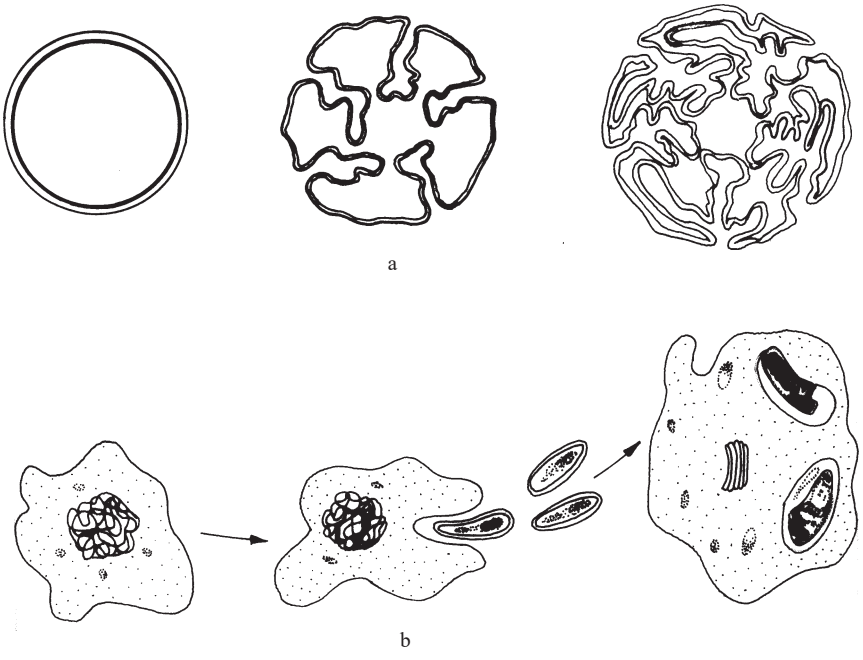


Fig. 38 Representación del posible origen de las células eucariotas: a) las invaginaciones de la membrana externa produjeron la compartimentación celular; b) ciertas bacterias fueron incorporadas al interior de otras células y se especializaron en distintas funciones.

Estas células se diferencian también en relación con las características del material nuclear. En las procariotas este no está delimitado por una envoltura nuclear, sino conformando una zona denominada **región nuclear** o **nucleoide,** y está constituido por una molécula circular de ADN. En las células eucariotas, el material nuclear está delimitado por una envoltura, lo que determina que presenten un **núcleo** delimitado del citoplasma.

SABÍAS QUE…
El término procariota significa "antes del núcleo" y el de eucariota "núcleo verdadero". De hecho la característica más evidente de las células del primer tipo es que el material genético no está delimitado por una envoltura nuclear, mientras que las del segundo, contienen el material genético en el núcleo delimitado por esta.

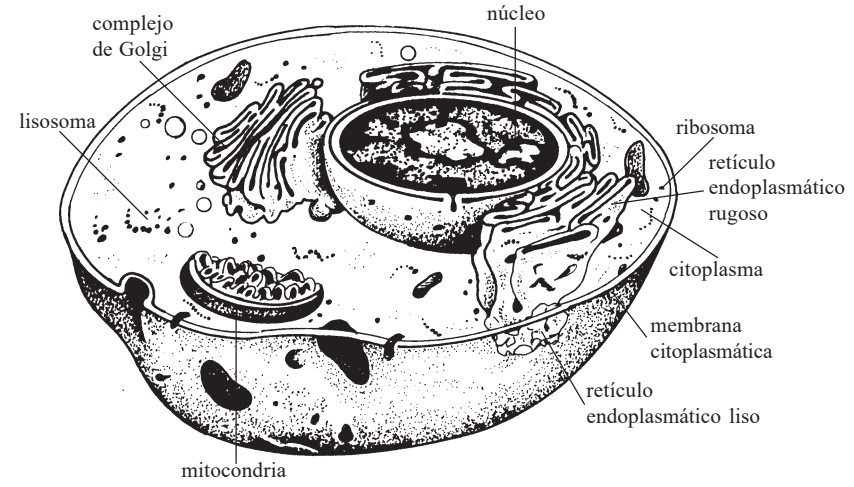
El tamaño de la célula también constituye una diferencia entre estos tipos celulares. La célula procariota es de menor tamaño que la eucariota; mientras que el tamaño de la primera oscila entre 0,1µm (micrómetro) y 60 µm, el de la segunda oscila aproximadamente entre 5µm y 2 000 µm (1 µm = 001 mm), aunque existen algunos casos, como en los huevos de algunos animales, que pueden alcanzar un tamaño mayor.

Entre los organismos que presentan célula procariota se encuentran las bacterias como por ejemplo: *Escherichia coli* (microbiota intestinal), *Salmonella typhy* (causante de la fiebre tifoidea), *Vibrio cholerae* (causante del cólera), *Mycobacterium tuberculosis* o Bacilo de Koch (causante de la tuberculosis), *Lactobacillus bulgaricus* y *Streptococus thermofilus* (bacterias del yogur), *Azotobacter sp* y *Rhizobium meliloti* (bacterias fijadoras de nitrógeno), *Treponema pallidum* (causante de la sífilis), entre otras; y las cianobacterias (denominadas también algas verde-azules), como por ejemplo: *Spirulina platensi, Anabaena, Oscillatoria, Nostoc,* entre otras. En la actualidad, se considera que existen aproximadamente 3 000 especies de estos organismos unicelulares.

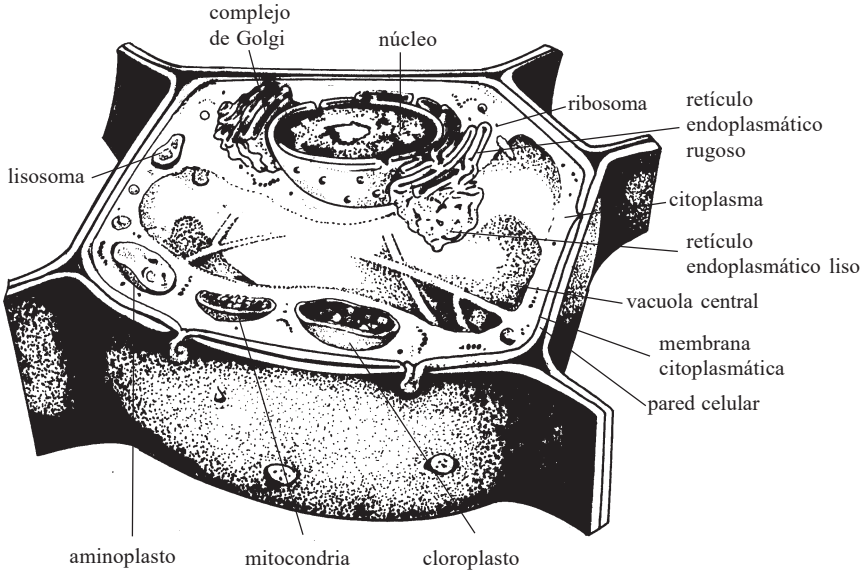
Como podemos apreciar, existen bacterias que pueden producir enfermedades, por ejemplo: la fiebre tifoidea, la tuberculosis, la lepra y el cólera, muy difundidas en los países subdesarrollados; sin embargo, en Cuba se han logrado eliminar o disminuir considerablemente, como resultado de las campañas de vacunación, y del trabajo de educación y prevención higiénico-sanitario desarrollado fundamentalmente por los médicos de familia.

SABÍAS QUE…
En el municipio San José de las Lajas existe un centro que produce y comercializa la Spirulina (*Spirulina platensi*). Esta cianobacteria es muy demandada por su alto valor en proteínas y minerales, por lo que es utilizada como suplemento dietético en los atletas de alto rendimiento y en enfermos convalecientes.

Entre los organismos que presentan células eucariotas, podemos distinguir variaciones estructurales y funcionales. En la figura 39 se muestra un esquema general de una célula animal y otra vegetal, en la que se ponen de manifiesto las estructuras comunes a ambos tipos de células y a todas las eucariotas: *membrana citoplasmática, núcleo* y *citoplasma* compartimentado por un sistema de membranas y con *mitocondrias, ribosomas, retículo endoplasmático* y *complejo de Golgi,* entre otras. Sin embargo, en la célula vegetal se observan otras estructuras como la *pared celular;* la *vacuola central,* que ocupa la mayor parte del volumen celular y constituye un depósito de material que regula el transporte de agua, y los *plastidios,* orgánulos que están relacionados con el proceso de la fotosíntesis y el almacenamiento de sustancias (fig. 39b).



a



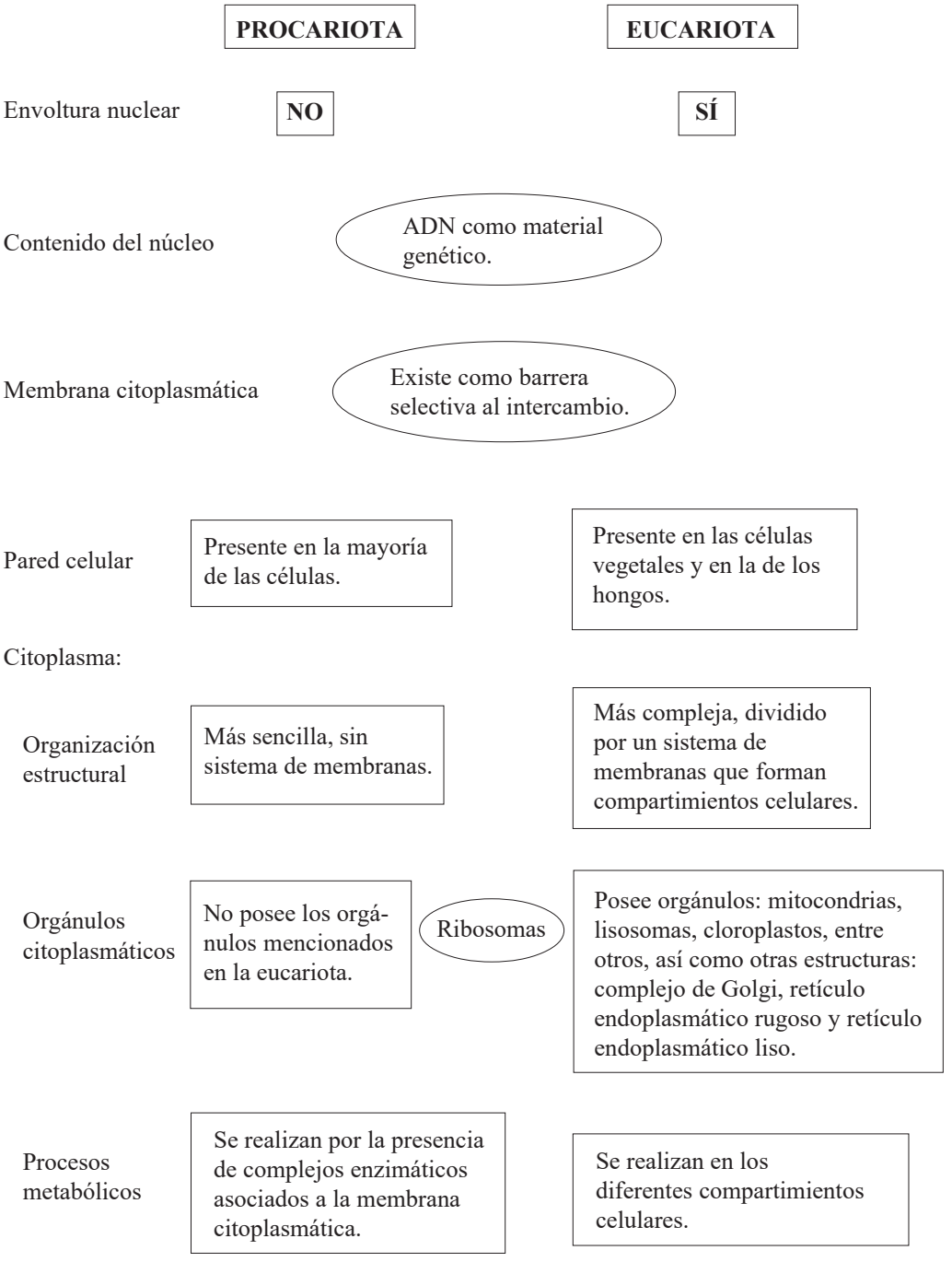
b

Fig. 39 Células eucariotas: a) célula animal; b) célula vegetal.

El análisis de la ultraestructura de las células animal y vegetal nos ratifica que la complejidad de la célula eucariota es mayor que la de la célula procariota. Como se puede apreciar en el cuadro 3, entre las células procariotas y las eucariotas existen características estructurales y funcionales semejantes, y otras que determinan diferencias entre ellas. El análisis comparativo de estas características, en estos tipos celulares, nos demuestra la unidad y diversidad que caracteriza al nivel celular, como nivel de organización de la materia viva.

Cuadro 3

Comparación entre la célula procariota y la eucariota
(Los óvalos representan las semejanzas y los rectángulos las diferencias)



SABÍAS QUE...

Algunos organismos con estructura celular procariota, como las bacterias *Neisseira gonorrhoeae* y *Treponema pallidum* infectan el cuerpo humano a través de las mucosas, en el contacto sexual con personas infectadas, provocando las enfermedades de trasmisión sexual gonorrea y sífilis, respectivamente. Otros, con estructura celular eucariota, como las trichomonas y cándidas, pertenecientes a los protistas y hongos, son los agentes causales de las enfermedades sexotrasmisibles trichomoniasis y candidiasis, respectivamente. Estas enfermedades pueden provocar graves consecuencias para la salud humana y deben evitarse a partir de tomar decisiones reflexivas y responsables en cuanto a las relaciones de pareja.

Tarea

1. Analiza el cuadro 3 y llega a conclusiones acerca de las semejanzas y diferencias entre las células procariotas y eucariotas.
2. Resume en un cuadro las semejanzas y diferencias entre las células eucariotas animal y vegetal. Para ello, ten en cuenta los criterios de clasificación que aparecen en el cuadro 3.
3. En las células procariotas y células eucariotas se encuentra el citoplasma; sin embargo, al observarlo a través del microscopio electrónico se detectan diferencias. Argumenta esta afirmación.

Membrana citoplasmática. Características fundamentales

Las membranas celulares tienen numerosas funciones, pero la principal es actuar como barreras selectivas y sensibles entre el citoplasma de la célula y su exterior. El hecho de que la membrana citoplasmática sea una barrera de permeabilidad selectiva entre el exterior y el interior de la célula, determina que el citoplasma se mantenga en condiciones de equilibrio, lo que favorece las reacciones del metabolismo celular. De esta forma, se mantienen las concentraciones apropiadas de agua, iones y sustancias específicas dentro de la célula, mientras que las sustancias que no son requeridas o tóxicas son excluidas. También en la membrana citoplasmática existen receptores que permiten a la célula detectar señales de su medio ambiente o generadas por otras células. Existen biomoléculas que actúan como receptores de membrana y pueden reconocer hormonas, sustancias ajenas al organismo, así como la presencia de partículas virales y de esta forma contribuyen a la regulación del metabolismo celular e intervienen en los mecanismos de defensa, entre otras funciones.

Estas funciones de la membrana citoplasmática están muy relacionadas con la composición química que presenta y la disposición de estos componentes en su estructura.

Todas las membranas celulares contienen dos componentes principales: lípidos y proteínas, que varían en dependencia del origen y función de la membrana. Otro componente de algunas membranas son los carbohidratos, los que pueden estar unidos a los lípidos y a las proteínas formando glicolípidos y glicoproteínas, respectivamente, que son abundantes en la cara externa de la membrana citoplasmática de las células eucariotas.

Los lípidos de la membrana forman una doble capa. Las proteínas de membrana pueden ser integrales, cuando están embebidas parcial o totalmente en la bicapa lipídica, de modo que parte de su estructura interactúa directamente con esta, o periféricas, cuando están unidas a la superficie de esta bicapa (fig. 40).

En esta estructura, tanto las moléculas de lípidos como las de proteínas están dispuestas en forma de un mosaico fluido que excluye el agua y son libres de moverse lateralmente en el plano de la membrana. La estructura de algunas de estas proteínas permite la formación de poros polares a través de los cuales se transportan iones, agua y otras moléculas hidrosolubles. Las moléculas de lípidos y proteínas pueden moverse lateralmente en el plano de la membrana y a lo largo de su eje perpendicular debido a la fluidez de la membrana; propiedad de gran importancia en su funcionamiento.

Las membranas celulares son asimétricas a causa de la distribución desigual y la composición de los componentes lipídicos y de las proteínas que las constituyen. Esta característica contribuye al transporte de sustancias a través de la membrana y a mantener la distribución de cargas eléctricas a ambos lados de esta. Los aniones no atraviesan la membrana y se acumulan en el interior de la célula. Este fenómeno, unido a la distribución desigual de iones Na^+, K^+ y Cl^-, provoca que el interior de la membrana esté cargado en forma negativa con respecto al exterior que se carga positivamente (fig. 41).

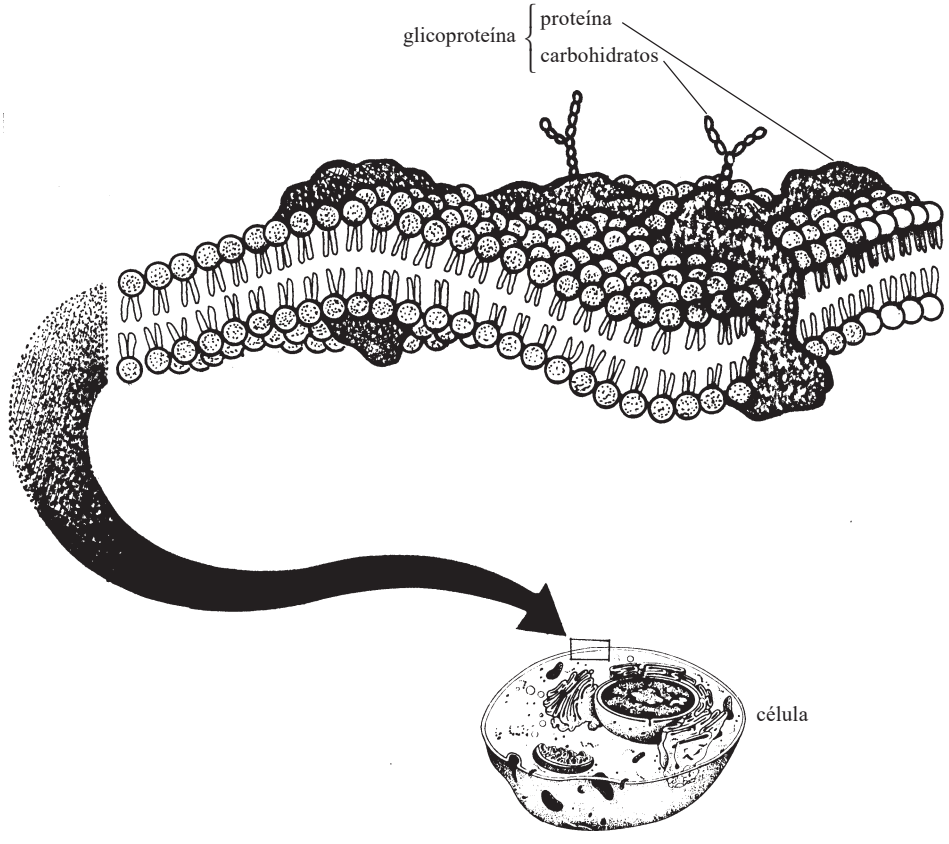


Fig. 40 Modelo actual de la estructura de la membrana citoplasmática.

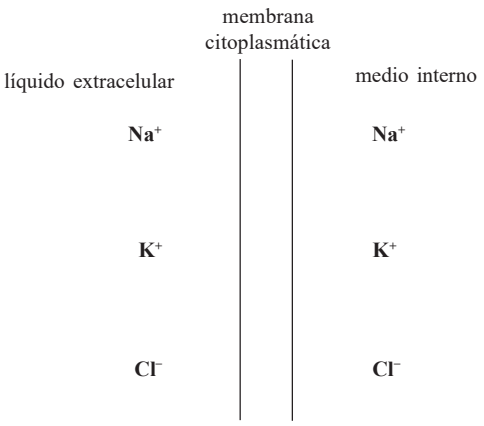


Fig. 41 Esquema que representa la distribución de algunos iones en el interior y exterior de las células.

Como resultado de la distribución desigual de cargas eléctricas se establece una diferencia de potencial entre el exterior y el interior de la membrana que se denomina *potencial de membrana.* Este potencial es fundamental en la generación y conducción de los impulsos nerviosos.

SABÍAS QUE...
El potencial de membrana en los glóbulos rojos humanos es de 10 mV (milivolt), en las neuronas de la médula espinal de –60 mV y en las células musculares estriadas de casi –100 mV.

Las membranas biológicas no son estáticas; por el contrario, son estructuras muy dinámicas. Los iones y moléculas pueden transportarse hacia el exterior o interior de la célula, atravesando la membrana de diversas formas: por la matriz lipídica, por sus poros polares o mediante moléculas transportadoras.

Los mecanismos de transporte a través de la membrana citoplasmática se clasifican en *transporte pasivo* o *transporte activo.* Como formas de transporte pasivo se encuentran diferentes mecanismos que, por sus características, se clasifican en *difusión pasiva, ósmosis* y *difusión pasiva facilitada* o *transporte mediado.*

El **transporte pasivo** se define como el *movimiento libre de moléculas a través de la membrana, a favor de un gradiente de concentración.* Si las moléculas que se transportan están cargadas eléctricamente, además del gradiente de concentración es necesario tener en cuenta, su carga eléctrica y la diferencia de cargas que existe entre ambos lados de la membrana citoplasmática, es decir, el potencial de membrana (fig. 42).

Este transporte se produce por **difusión pasiva** de las sustancias a través de la membrana; la cual puede ocurrir de dos maneras: por disolución en la bicapa lipídica, en el caso de las sustancias liposolubles, o por los poros polares de la membrana, en el caso de las sustancias hidrosolubles.

La **ósmosis** *es un caso particular de la difusión en la que la sustancia que se transporta es el agua.* Al analizar el movimiento del agua debemos tener en cuenta que, este se realiza de la zona donde existe menor concentración de soluto (mayor cantidad de agua libre) a la zona donde existe mayor concentración de soluto (menor cantidad de agua libre).

Cuando, como resultado de la ósmosis, el movimiento del agua en las células vegetales se produce del interior de la célula al medio extracelular, la membrana se separa de la pared celular y se contrae el citoplasma, ocurriendo así el fenómeno conocido con el nombre de *plasmólisis*. Si esta

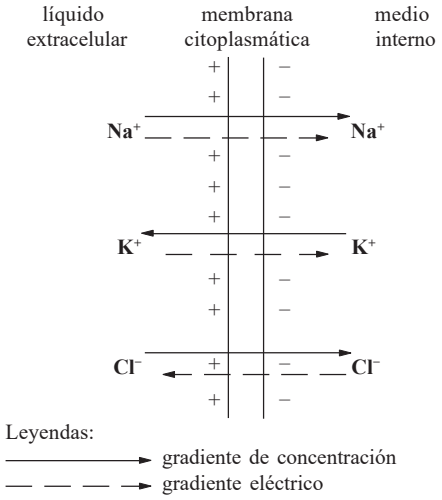


Fig. 42 Representación del mecanismo de transporte por difusión.

célula plasmolizada se coloca en un medio con abundante agua libre, esta se mueve hacia el interior de la célula, se restablece el volumen del citoplasma, y se produce la *desplasmólisis* (fig. 43). En la regulación de estos mecanismos de transporte a través de la membrana citoplasmática, en el caso de la célula vegetal, desempeñan un papel fundamental la vacuola central y la pared celular.

La célula animal, que no presenta pared celular ni vacuola central, al encontrarse durante un largo período de tiempo en un medio muy diluido, la entrada de agua a la célula puede provocar la ruptura de la membrana.

El **transporte pasivo facilitado** o **transporte mediado** *es aquel que requiere de proteínas transportadoras específicas que se encuentran embebidas en la bicapa lipídica y se produce cuando las moléculas o iones pequeños se mueven a favor de su gradiente de concentración, sin gasto de energía metabólica.* Las moléculas e iones pasan a través de la membrana mediante este tipo de transporte. La glucosa y los aminoácidos son ejemplos de sustancias que pueden penetrar a la célula por difusión facilitada en dependencia de las condiciones fisiológicas.

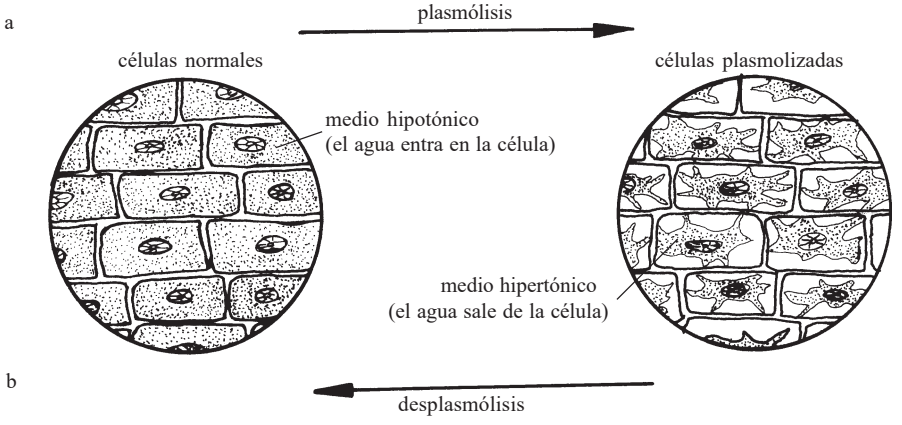


Fig. 43 Representación de los fenómenos: a) plasmólisis; b) desplasmólisis.

El **transporte activo** también requiere de proteínas transportadoras específicas y a diferencia del transporte facilitado, *las sustancias se transportan en contra de su gradiente de concentración y electroquímico, por lo que requiere gasto de energía metabólica en forma de* ATP *(trifosfato de adenosina).* Como ejemplo de transporte activo, en la célula existe un mecanismo conocido como bomba de Na^+-K^+ que mantiene las concentraciones adecuadas de sodio y potasio en la célula, en contra del gradiente de concentración y/o eléctrico. Este mecanismo de transporte es muy importante para el correcto funcionamiento celular, ya que permite regular las concentraciones de iones en la célula, la carga eléctrica y el mantenimiento del potencial de membrana, entre otros aspectos (fig. 44).

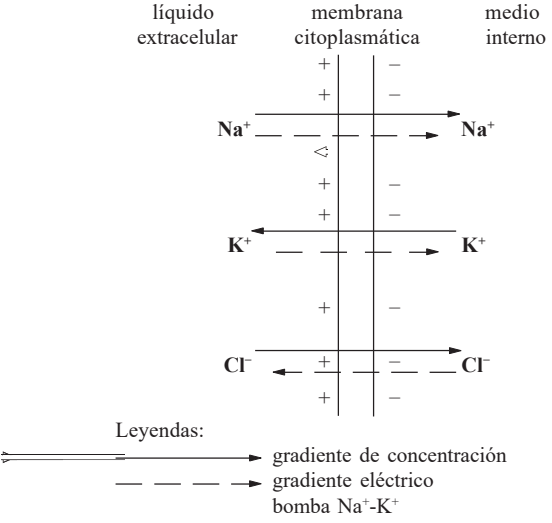


Fig. 44 Representación de la dirección del movimiento de iones en la bomba Na^+-K^+ por transporte activo.

SABÍAS QUE...
La ovabaína y la digoxina tienen considerables aplicaciones clínicas en el tratamiento de la insuficiencia cardiaca. El principal efecto farmacológico de estas sustancias es aumentar la concentración de los iones sodio (Na^+) en las células cardiacas por la inhibición de la bomba Na^+-K^+. Esto provoca que el nivel intracelular de los iones Ca^{2+} se eleve en estas células y, como consecuencia, se produzca una contracción mayor y más frecuente del músculo cardiaco.

Existen otras formas de transporte que provocan modificaciones en la membrana, al originar en esta, vesículas o vacuolas. Este proceso recibe el nombre de **endocitosis,** que a su vez se clasifica en fagocitosis y pinocitosis.

La **fagocitosis** (del griego *phagein,* comer) *es el mecanismo de endocitosis que se produce cuando se engloban sustancias de tamaño relativamente grande, como el polvo atmosférico, bacterias, partículas virales y partículas extrañas.* Este puede constituir un mecanismo de defensa, como en el caso de los leucocitos de la sangre de diferentes organismos, o una forma de nutrición, como en el caso de algunos protistas (fig. 45).

La **pinocitosis** (del griego *pinein,* beber) es un proceso similar que *consiste en la incorporación de proteínas y otras sustancias solubles en vesículas con un alto contenido de agua.*

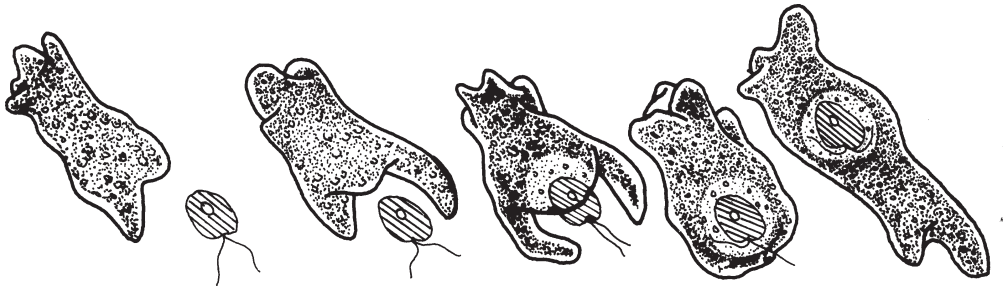


Fig. 45 Ejemplo de fagocitosis en el que se observa la emisión de seudópodos que envuelven a una partícula hasta encerrarla y formar una vacuola.

SABÍAS QUE…
Defectos en la endocitosis de lipoproteínas traen como resultado un aumento del colesterol en sangre y enfermedades de la arteria coronaria.

Tarea

1. Entre la estructura y la función de la membrana citoplasmática existe una gran relación. Argumenta la afirmación anterior.
2. Realiza una comparación entre el transporte pasivo y activo, atendiendo a:
   - movimiento de las sustancias;
   - requerimiento de transportadores proteicos;
   - requerimiento de energía metabólica en forma de ATP.
3. Supongamos que en una práctica de laboratorio se coloca un cultivo que contiene numerosas células en un medio con alta concentración de glucosa:

   a) ¿Hacia dónde se moverá la glucosa?
   b) ¿Qué tipo de transporte ocurrirá en las células? Argumenta tu respuesta.
4. Si en el metabolismo celular se interrumpen los procesos degradativos que conducen a la formación de ATP, ¿en la célula se podría afectar algún proceso de transporte estudiado? Argumenta tu respuesta.
5. Investiga que importancia tiene la endocitosis en los mecanismos de defensa de nuestro organismo.

Pared celular. Características generales

La **pared celular** es una estructura más o menos gruesa situada por fuera de la membrana citoplasmática. Su presencia como cubierta externa en las células de móneras, hongos, plantas y algunos protistas le confieren protección, forma, rigidez y mantiene la presión osmótica interna del citoplasma.

SABÍAS QUE…
Cuando Robert Hooke describió la estructura del corcho o tejido suberoso, en 1665, realmente lo que observaba eran las paredes celulares.

La composición química de esta estructura varía en dependencia del tipo de organismo. Por ejemplo, en las plantas superiores se encuentran tres componentes básicos: la celulosa (polímero de aproximadamente 3 000 moléculas de glucosa), la hemicelulosa y sustancias pépticas. Además, se pueden encontrar otras sustancias como la lignina, presente en la madera, la suberina, ceras y sales minerales, entre otras.

Las paredes celulares de la mayor parte de los hongos se componen principalmente de polisacáridos, como la quitina y la celulosa.

SABÍAS QUE…
En los hongos, además de la forma, la composición química de la pared celular es una característica importante en su clasificación.

Algunos organismos, como las algas rojas, presentan en su pared celular una sustancia llamada *agar* que es utilizada para elaborar medios de cultivo de microorganismos, así como en la fabricación de helados, compotas y gelatinas.

En la mayoría de las bacterias y cianobacterias, el compuesto químico que se encuentra en mayor proporción en la pared celular es el peptidoglicano, constituido por polisacáridos y péptidos. En diferentes especies bacterianas, existe una gran diversidad en la composición química de la pared celular. Una función importante de la pared celular de estas células es que permite el paso de sustancias y grandes cantidades de agua, lo que propicia la turgencia de las células y contribuye a su sostén.

Se ha demostrado que existen sustancias que atraviesan con mayor facilidad la pared celular que la membrana citoplasmática. Este movimiento no requiere energía y ocurre por sitios específicos de la pared celular.

Tarea

1. ¿Qué consecuencias traería para una planta, si hipotéticamente, perdiera las paredes celulares de todas sus células?
2. Investiga que importancia económica poseen algunos de los componentes de la pared celular de los organismos.

Citoplasma. Características fundamentales

El **citoplasma,** tanto en las células eucariotas como en las procariotas, ocupa todo el espacio celular comprendido desde la membrana citoplasmática hasta el núcleo o el nucleoide. Del 70 al 85 % de la porción fluida del citoplasma está constituida por agua; presenta cerca de 10 000 moléculas de proteínas de diferentes tipos, lípidos, carbohidratos, ARN, nucleótidos, sales minerales, ribosomas y otros productos del metabolismo.

En el citoplasma se encuentra la *matriz citoplasmática,* que constituye el medio interno de la célula donde se desarrollan numerosas reacciones de síntesis y degradación, características del metabolismo celular.

Al observar el citoplasma de las células eucariotas al microscopio óptico este parece granuloso y gelatinoso; sin embargo, al microscopio electrónico se observa un complejo sistema de membranas que forma numerosos orgánulos, como los *cloroplastos,* las *mitocondrias,* los *lisosomas,* los *perixosomas* y las *vacuolas;* así como, cisternas, túbulos y vesículas interrelacionados entre sí estructural y funcionalmente, que forman la *envoltura nuclear,* el *retículo endoplasmático* y el *complejo de Golgi* (fig. 46).

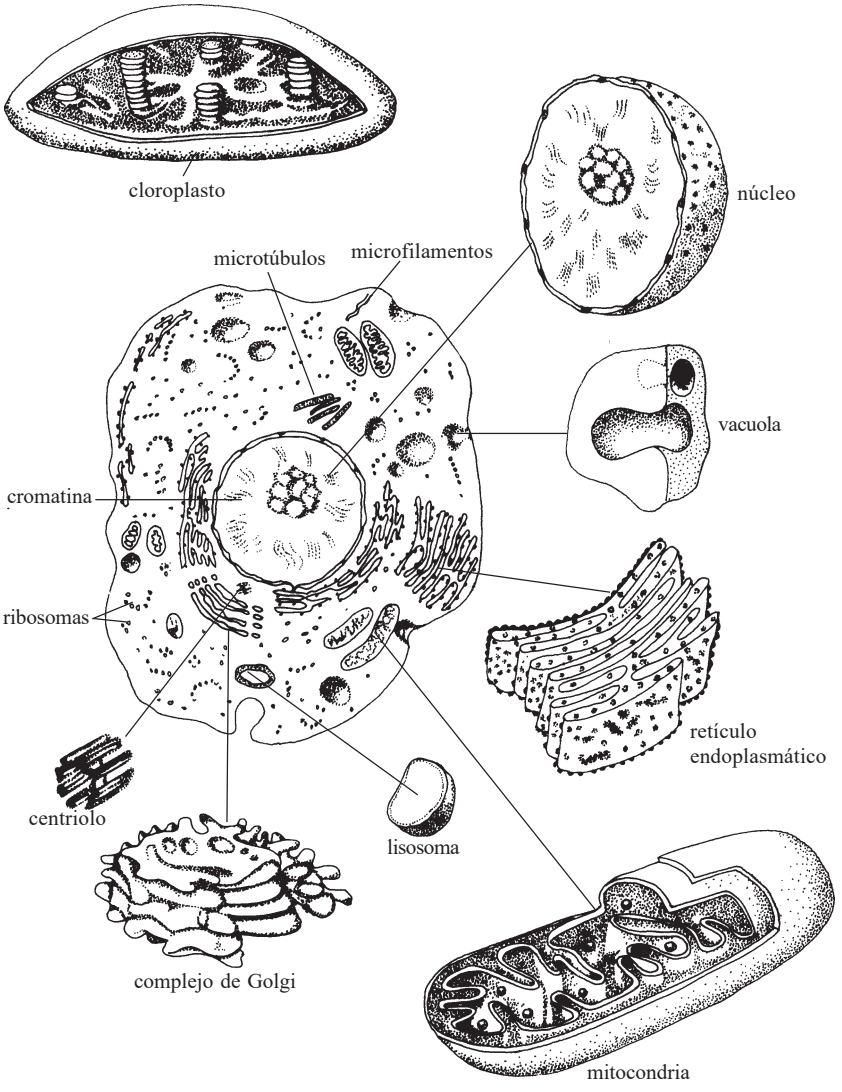


Fig. 46 Representación esquemática de la ultraestructura de la célula eucariota vista al microscopio electrónico.

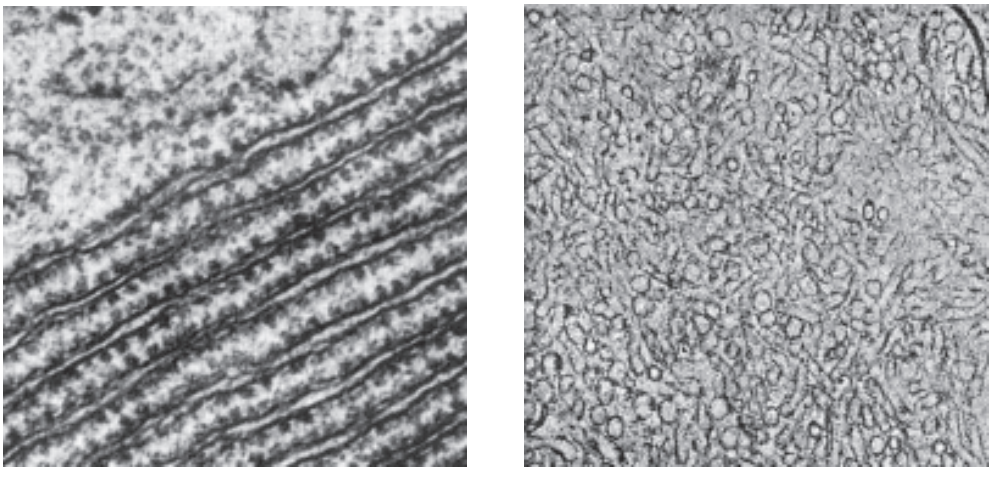
Todas estas estructuras celulares dividen al citoplasma eucariótico en distintos compartimientos, lo que determina un alto grado de complejidad estructural y funcional. Los orgánulos están constituidos por membranas y se encuentran relacionados funcionalmente. Todos ellos y la matriz citoplasmática están en constante movimiento intracelular, en recambio continuo de sus componentes biomoleculares e integrados en un todo funcional.

SABÍAS QUE…
Al microscopio electrónico, en las células eucariotas se observa la existencia de un citoesqueleto, constituido por filamentos proteicos que le sirven de soporte a las células y que posibilitan el movimiento celular.

El **retículo endoplasmático** es un sistema membranoso de estructura similar a la membrana citoplasmática, compuesto por túbulos y sáculos aplanados, que contribuyen al transporte intracelular de diferentes sustancias. Se diferencia en retículo endoplasmático liso y **retículo endoplasmático rugoso.** En este último su superficie externa está asociada a ribosomas. La función del retículo endoplasmático rugoso está relacionada fundamentalmente con la síntesis y transporte de proteínas. La función del **retículo endoplasmático liso** se relaciona con la síntesis de lípidos, la eliminación de sustancias tóxicas y la glucogenólisis, es decir, la transformación de glucógeno en glucosa (fig. 47).

El **complejo de Golgi** está formado por agrupaciones paralelas de sacos aplanados y vesículas que intervienen en los procesos de síntesis, almacenamiento y condensación de diferentes sustancias, y la formación de lisosomas y peroxisomas. Muchas de las sustancias que se sintetizan en el retículo endoplasmático rugoso y en el retículo endoplasmático liso se transportan mediante vesículas y el propio sistema de membranas hasta el complejo de Golgi donde son transformadas, y se transportan mediante vesículas a otras estructuras del citoplasma o al exterior de la célula.

SABÍAS QUE…
Una célula de 20 µm de diámetro produce vesículas suficientes como para que sus membranas pudiesen reemplazar completamente la membrana citoplasmática.



a b

Fig. 47 Microfotografía electrónica: a) retículo endoplasmático rugoso; b) retículo endoplasmático liso.

Los **lisosomas** son orgánulos que se han estudiado fundamentalmente en las células animales. Son vesículas que se originan a partir del complejo de Golgi y que están constituidas por una membrana única que contiene en su interior enzimas que intervienen en el proceso de digestión celular (fig. 48). Su función está muy relacionada con la formación de **vacuolas digestivas,** las cuales se forman cuando las células incorporan pequeñas partículas sólidas o líquidas durante el proceso de endocitosis (ver figura 45). Los lisosomas se fusionan a las vacuolas digestivas y las enzimas actúan sobre las sustancias ingeridas, transformándolas en compuestos más simples que pasan a través de la membrana de la vacuola al citoplasma, donde se distribuyen y son utilizados como sustancias nutritivas.

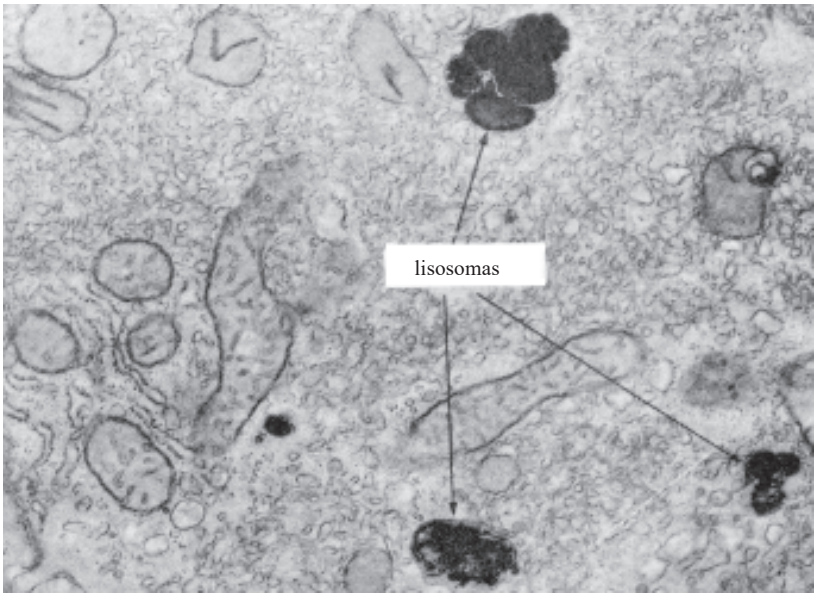


Fig. 48 Microfotografía electrónica donde se observan lisosomas.

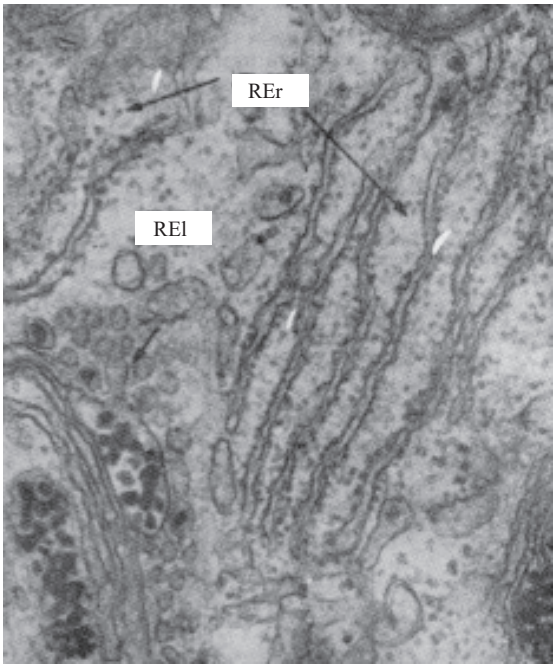
SABÍAS QUE…
Las sustancias no digeribles producto de la digestión celular, por lo general, permanecen en el citoplasma y existen evidencias de que su acumulación contribuye al envejecimiento de los organismos.

En las células de los hongos y vegetales se encuentran otros tipos de **vacuolas** que tienen un alto contenido de agua. Su principal función está relacionada con la regulación de la presión osmótica; en estas se acumulan también numerosos productos metabólicos necesarios en las funciones vitales.

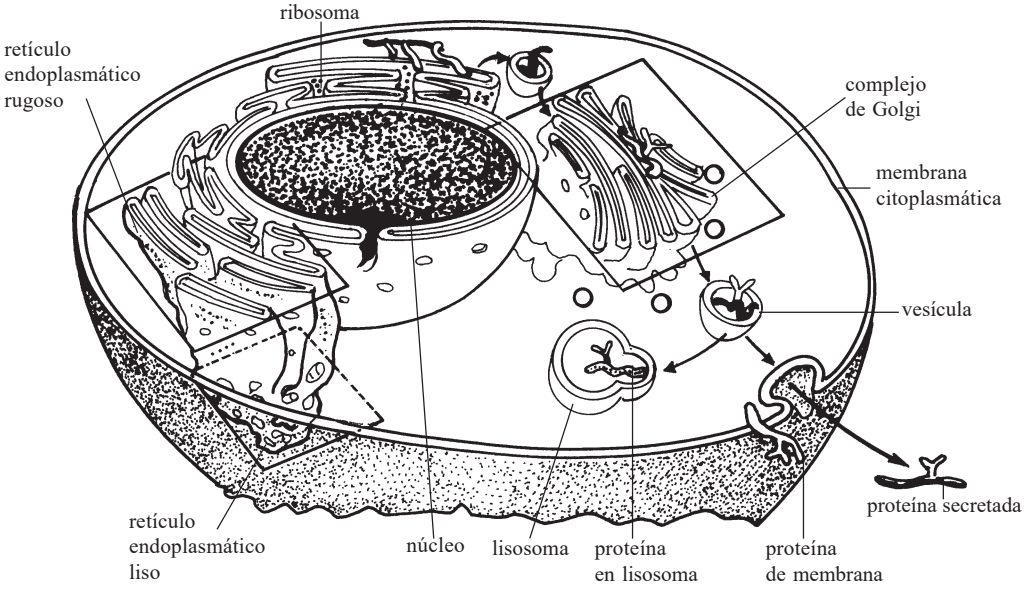
Los **peroxisomas** son vesículas esféricas que se originan a partir del retículo endoplasmático liso; su contenido principal son enzimas relacionadas con la eliminación del peróxido de hidrógeno, producto tóxico resultante de algunas reacciones del metabolismo celular.

Como podemos apreciar, estos sistemas membranosos están muy relacionados entre sí: las vesículas y los sáculos aplanados de Golgi provienen del retículo endoplasmático y, a su vez, los lisosomas y peroxisomas se derivan del complejo de Golgi. En el retículo endoplasmático se sintetizan proteínas que son transportadas, mediante vesículas al complejo de Golgi donde se transforman y pasan a formar parte de los lisosomas, existiendo así una continuidad de membranas

entre estos compartimientos (fig. 49). Este ejemplo nos demuestra la estrecha relación estructural y funcional que existe entre las estructuras celulares y el dinamismo celular.



a



b

Fig. 49 Continuidad de membrana entre el retículo endoplasmático, el complejo de Golgi y los lisosomas: a) microfotografía electrónica, REl- retículo endoplasmático liso, REr- retículo endoplasmático rugoso; b) esquema.

Las **mitocondrias** (del griego, *mito,* hilo y *chondrion,* gránulo) son orgánulos relacionados con el proceso de respiración celular. Pueden ser de forma y dimensiones variadas y, aunque se encuentran en el citoplasma de todas las células, están presentes en mayores cantidades en el de las células que por su actividad poseen una elevada demanda de energía metabólica en forma de ATP, como las neuronas y las células musculares. Su organización estructural y la composición lipoproteica de sus membranas es característica. Contienen una gran cantidad de enzimas y coenzimas que participan en las transformaciones energéticas.

La observación de la ultraestructura de la mitocondria con el microscopio electrónico revela que está constituida por dos membranas lipoproteicas: una membrana externa, que rodea al orgánulo, y una membrana interna, que presenta complejas invaginaciones denominadas *crestas mitocondriales.* Esta membrana interna, divide a la mitocondria en dos compartimientos o cámaras. La cámara externa, contenida entre las dos membranas y el interior de las crestas, y la cámara interna, rodeada por la membrana interna. Esta última se halla ocupada por un material proteínico, que recibe el nombre de *matriz mitocondrial.* Las crestas que se proyectan en la matriz, por lo general, no llegan a dividir a la cámara interna; de esa forma la matriz es continua en el interior de la mitocondria. Dentro de la matriz se encuentran pequeños ribosomas y una o varias moléculas de ADN circular (fig. 50).

Como conocemos, los plastidios están presentes en las células vegetales. Algunos, como los **amiloplastos,** participan en el almacenamiento de sustancias como almidón y otros, y los **cloroplastos,** contienen pigmentos como la clorofila, que tiene un papel fundamental en el proceso de fotosíntesis. Los cloroplastos son los plastidios de mayor importancia biológica; el proceso de la fotosíntesis que en ellos ocurre produce la mayor parte de la energía química y el oxígeno, que son utilizados por los organismos del planeta.

La forma y el tamaño de los cloroplastos varían en las diferentes células y especies, y su número se mantiene relativamente constante en los vegetales. En general, presentan en las plantas superiores forma discoide, con una longitud promedio de 4 a 6 μm.

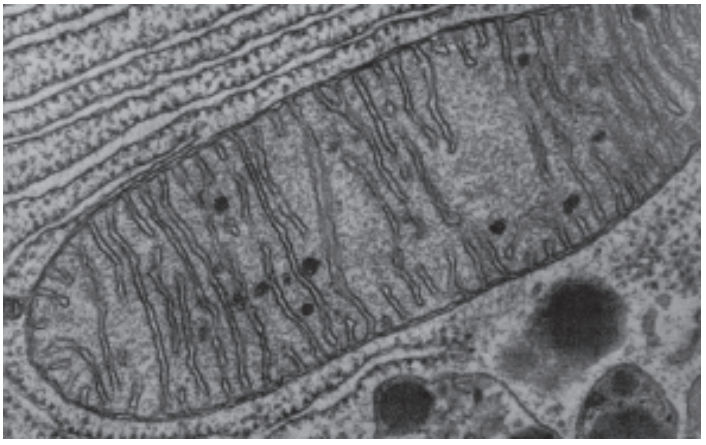
Al ser observados al microscopio óptico se pueden diferenciar muchas de las características de los cloroplastos, pero el microscopio electrónico revela al detalle su estructura. La *envoltura* es una doble membrana limitante que no contiene clorofila ni citocromos; es una estructura muy permeable a través de la cual se realiza el transporte de sustancias entre el citoplasma y el interior del cloroplasto.

El *estroma* o *matriz* es una fase gelatinosa que contiene aproximadamente el 50 % de las proteínas del cloroplasto, además de ribosomas, ADN circular, ARN, pigmentos fotosintéticos, sales y otros elementos. En este compartimiento es donde se produce la fijación del CO_2 , así como la síntesis de azúcares, almidón, ácidos grasos y otros compuestos, a partir del producto de la fotosíntesis.

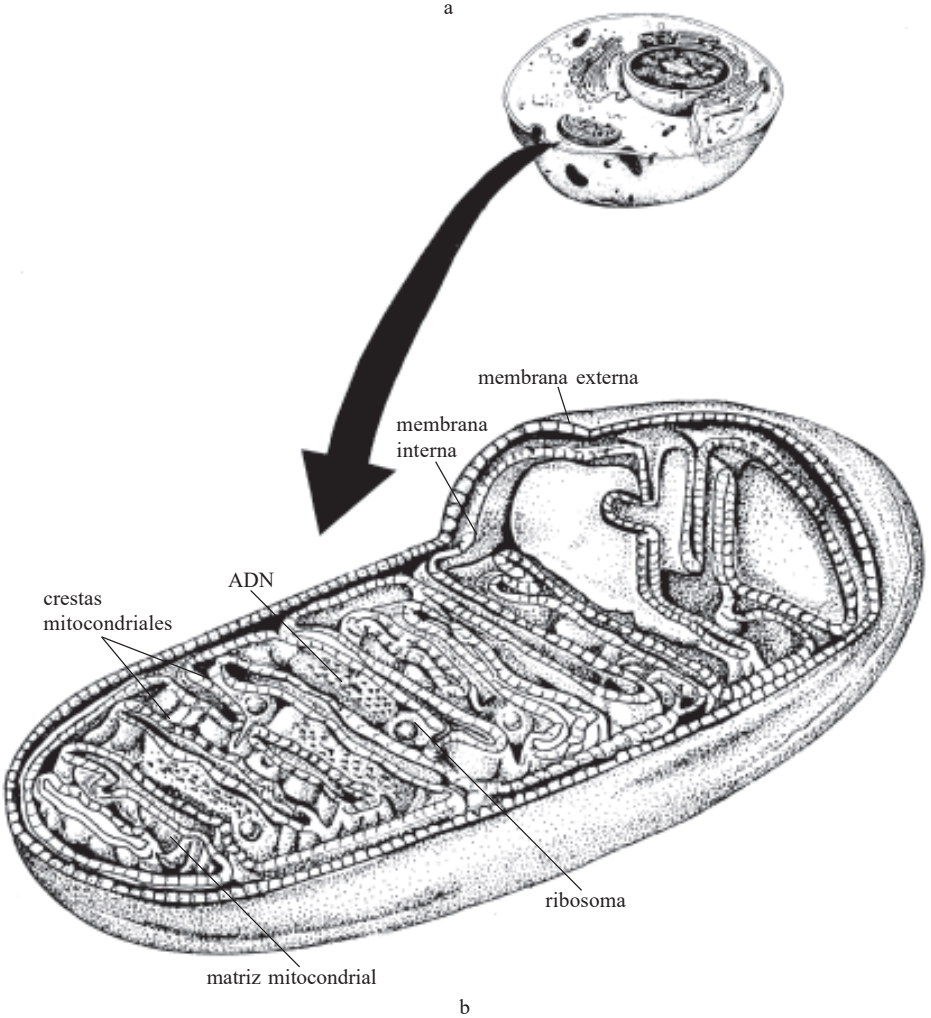
Inmersos en el estroma se observan los *tilacoides* que son sáculos aplanados e interconectados, como un retículo membranoso, en cuyas membranas se encuentran los pigmentos fotosintéticos. Los tilacoides pueden estar dispuestos como pilas de monedas, y formar las *granas,* o no estar apilados y constituir un sistema de túbulos que se unen a los tilacoides de las granas (fig. 51).

En las membranas de los tilacoides y, en especial, en las granas, se ubican los sistemas enzimáticos que participan en el transporte de electrones y en la síntesis de moléculas de ATP.

Las células de los animales, protistas y algunos hongos presentan cerca del núcleo dos pequeños cuerpos cilíndricos huecos: los **centriolos** que están constituidos por microtúbulos* paralelos y desempeñan un papel importante durante el proceso de la división celular.

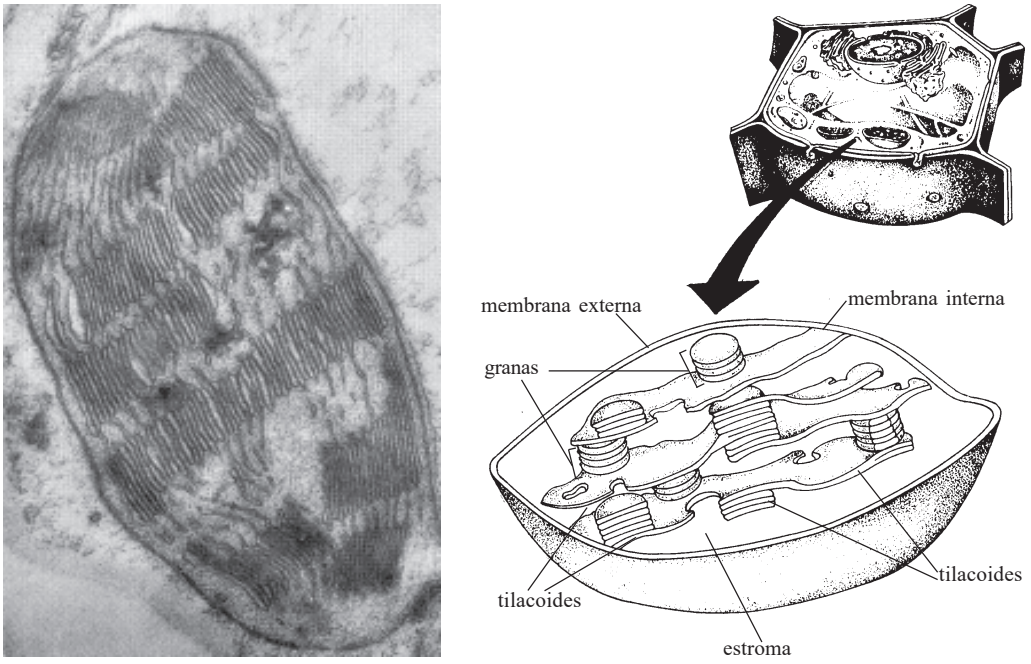


a



b

Fig. 50 Mitocondria: a) microfotografía electrónica; b) estructura.



a b

Fig. 51 Cloroplasto: a) microfotografía electrónica; b) estructura.

Tarea

1. Elabora un cuadro resumen de las características y funciones de los orgánulos y otras estructuras celulares estudiadas.
2. Relaciona la columna A con la B:

A		B
Cloroplasto	____	Proceso de digestión celular.
Citoesqueleto	____	Agregados de nucleoproteínas que participan en la síntesis de proteínas.
Retículo endoplasmático	____	Participa en el proceso de fotosíntesis.
Ribosomas	____	Red de proteínas fibrilares que proporciona sostén a la célula.
Lisosomas	____	Sistema de endomembranas.

3. Existe una estrecha relación entre la estructura y la función de los orgánulos citoplasmáticos. Argumenta la afirmación anterior.
4. ¿Qué estructuras participan en el proceso de recambio de proteínas de la membrana citoplasmática? Explica.

5. Una ameba fagocita a una partícula de gran tamaño:

   a) ¿qué proceso celular se produce en el interior de la célula?;
   b) ¿qué estructuras celulares están relacionadas con este proceso?;
   c) ¿qué relación se establece entre ellas?

6. Explica, mediante un ejemplo, la relación dinámica que existe entre los orgánulos citoplasmáticos.

7. Establezca la relación existente entre:

   a) proteína-retículo endoplasmático rugoso-ribosoma;
   b) membrana citoplasmática-proteína-retículo endoplasmático rugoso-ribosoma;
   c) mitocondria-retículo endoplasmático lisoproteína-retículo endoplasmático rugoso.

El núcleo. Estructura. División celular

El **núcleo** de las células eucariotas se observa con facilidad, tanto al microscopio óptico como al microscopio electrónico, porque su tamaño es relativamente grande y, sobre todo, por su afinidad por los colorantes básicos, lo cual lo diferencia del citoplasma que se tiñe con colorantes ácidos. Ocupa una posición variable, es generalmente esférico u ovoide, aunque se pueden encontrar elípticos, aplanados, lobulados, etc. Su tamaño, aunque variable, guarda cierta relación con el volumen celular.

Recordemos que el núcleo eucariótico presenta una envoltura nuclear que delimita el ADN y el medio interno nuclear del citoplasma. El medio interno nuclear recibe el nombre de *nucleoplasma,* en el cual se encuentran inmerso el nucléolo y la cromatina.

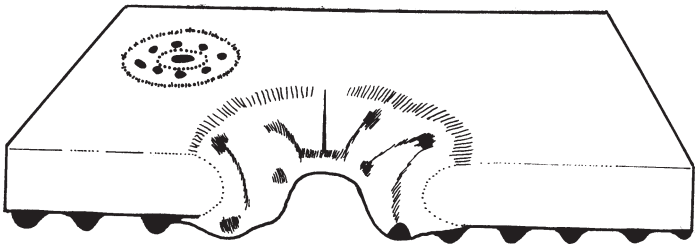
A diferencia de las células eucariotas, las células procariotas presentan un *nucleoide,* región en la cual se encuentra la molécula de ADN circular; que no está delimitada del citoplasma por la presencia de la envoltura nuclear (ver figura 37).

El núcleo en la célula eucariota contiene el ADN, portador de la información genética que regula el funcionamiento celular. La *envoltura nuclear* que caracteriza la presencia del núcleo, se origina a partir del retículo endoplasmático rugoso; consta de una doble membrana de naturaleza lipoproteíca y la misma estructura de las otras membranas celulares, en la cual se observa la presencia de ribosomas. En determinados puntos, las dos membranas de la envoltura nuclear se fusionan y forman numerosos poros que permiten el intercambio de material entre el núcleo y el citoplasma (fig. 52).

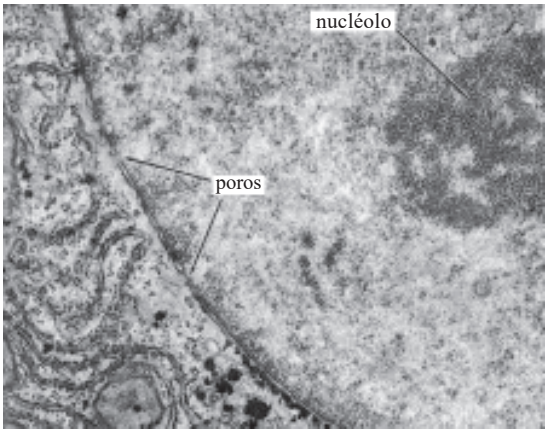
En el núcleo de las células que no se están dividiendo, se observa la cromatina y uno o más nucléolos. Los *nucléolos,* son estructuras densas y generalmente esféricas; su número y tamaño dependen del tipo de célula y de su actividad metabólica. Están constituidos por proteínas y ARN que se sintetiza en el propio nucléolo y que interviene en la formación de los ribosomas.

La *cromatina* está constituida por filamentos de ADN y proteínas, y presenta un aspecto ligeramente granuloso al ser observado al microscopio óptico.

Durante la división celular, la cromatina se transforma en un conjunto de filamentos independientes que se condensan y se pliegan sobre sí, alrededor de un eje proteico, y se forman estructuras alargadas que reciben el nombre de *cromosomas* (fig. 53). Cada cromosoma esta formado por dos filamentos gruesos y cortos, constituidos por nucleoproteínas, denominados *cromátidas* que permanecen unidas por una región que recibe el nombre de *centrómero*. El número de cromosomas varía según la especie (cuadro 4), y el conjunto de ellos característico de una especie constituye su cariotipo (fig. 54).

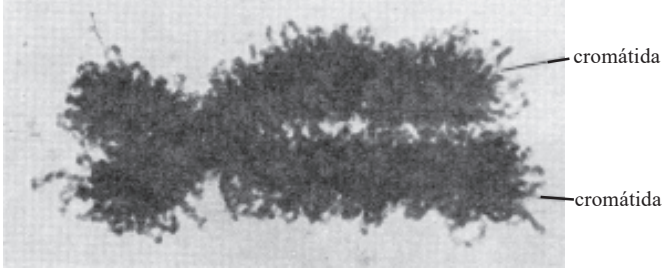


a

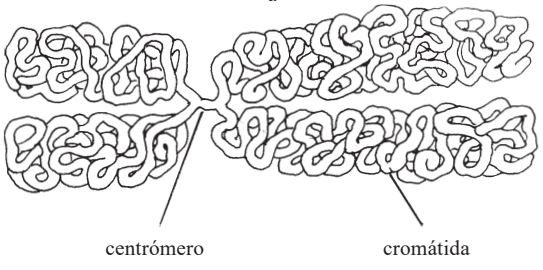


b

Fig. 52 Poro nuclear a) estructura ; b) microfotografía electrónica.



a



b

Fig. 53 Cromosoma: a) microfotografía electrónica; b) estructura.

SABÍAS QUE…
Los cromosomas fueron descubiertos alrededor del año 1880, como consecuencia de los estudios sobre división celular, pues pueden ser observados al microscopio óptico con relativa facilidad al ser teñidos con colorantes básicos.

SABÍAS QUE…
En 1985 se sugirió el inicio de un ambicioso proyecto para secuenciar el genoma humano. La idea era producir un "libro del hombre". Este libro contaría de 23 volúmenes, uno para cada cromosoma y cada uno con cerca de 2 000 páginas, una para cada gen.

La dotación cromosómica de todos los individuos está constituida por un conjunto determinado de cromosomas (n cromosomas), todos ellos diferentes, o juego ***haploide*** del cariotipo. En los organismos ***diploides,*** que representan la mayor parte de las especies animales, la dotación cromosómica completa contiene dos juegos haploides, es decir, 2n cromosomas (cuadro 4). Uno de los juegos es heredado del padre y el otro de la madre. Los cromosomas que forman pareja son los llamados ***cromosomas homólogos,*** los que son iguales morfológicamente y determinan los mismos tipos de características hereditarias. En la figura 54, del cariotipo humano, podemos observar los 23 pares de cromosomas homólogos de nuestra especie. Cada miembro de un par pertenece a una serie de cromosomas.

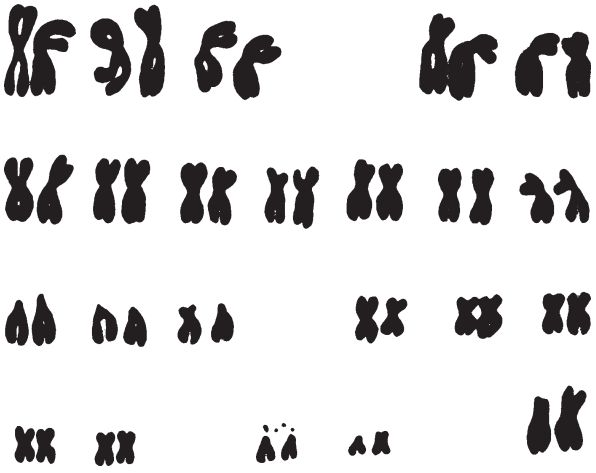


Fig. 54 Cariotipo humano.

Cuadro 4
Número de cromosomas (2n) de varias especies de animales y plantas

Organismo	*Número de cromosomas*	*Organismo*	*Número de cromosomas*
Hombre (*Homo sapiens*).	46	Tomate (*Solanum lycopersicum*).	24
Caballo (*Equus asinus*).	62	Tabaco (*Nicotiana tabacum*).	48
Rana (*Rana pipiens*).	26	Arroz (*Oryza sativa*).	24
Mosquito (*Culex pipiens*).	6	Algodón (*Gossypium hirsutum*).	52

Los cromosomas son los que trasmiten los caracteres hereditarios, ya que son los portadores de la información genética contenida en la secuencia de bases de las moléculas de ADN que los constituyen. La trasmisión de esta información se produce cuando las células se dividen y a partir de una célula se obtienen dos, con el mismo número de cromosomas que la célula que le dio origen. Previo a la división celular, se produce, entre otros procesos, la duplicación de la molécula de ADN. Esta secuencia de eventos cíclicos por los que pasan las células durante su crecimiento y desarrollo recibe el nombre de **ciclo celular,** y para su estudio se divide en interfase y división celular (fig. 55).

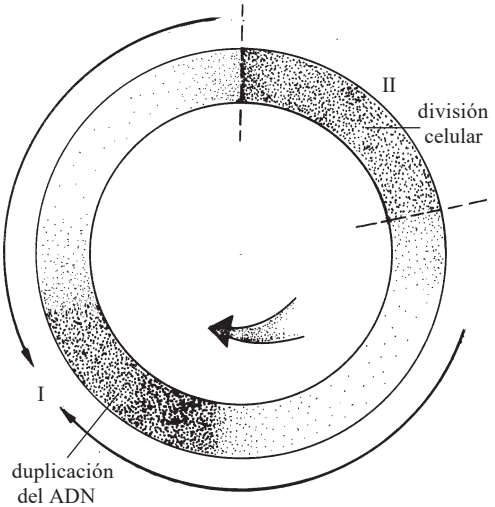


Fig. 55 Representación esquemática del ciclo celular: I-interfase; II-división celular.

Durante muchos años se pensó que la **interfase** era un período de reposo celular, si se le comparaba con el de la división celular, etapa en la que se podían observar con el microscopio grandes cambios morfológicos, fundamentalmente en el núcleo. Sin embargo, se ha podido demostrar que es una fase de gran actividad metabólica, en la cual ocurren importantes procesos de síntesis, como la duplicación del ADN y la síntesis de proteínas y ARN. Esta etapa tiene una duración variable en dependencia del tipo celular; es donde aumenta el número de ribosomas, mitocondrias y otros componentes celulares, además, se considera una etapa de preparación previa a la división celular.

La **división celular** puede ser por *mitosis* o por *meiosis*. La división celular por **mitosis** comprende dos procesos: la mitosis propiamente dicha, que se caracteriza por la formación de las fibras del huso mitótico y el movimiento de los cromosomas; y la citocinesis, proceso que tiene como consecuencia la separación del citoplasma y la formación de las dos nuevas células. Este tipo de división se produce en las células somáticas, es decir, las células que constituyen el cuerpo de los organismos pluricelulares y en los organismos unicelulares, eucariotas.

Durante la mitosis se forman las fibras del huso, se rompe la envoltura nuclear, se condensan los cromosomas, que migran a la región central o ecuatorial de la célula uniéndose a las fibras del huso por los centrómeros (1; 2 y 3). A continuación cada cromátida que forma parte del cromosoma se mueve a polos diferentes y forman los cromosomas de las nuevas células y se reorganiza de nuevo la envoltura nuclear (4 y 5). Mientras ocurren estos eventos, la membrana citoplasmática se invagina en el plano ecuatorial de la célula, lo que provoca la separación del citoplasma y la formación de las nuevas células (6 y 7). Como resultado de este proce-

so, se obtienen dos células con el mismo número de cromosomas y características morfológicas iguales a la célula que le dio origen (fig. 56).

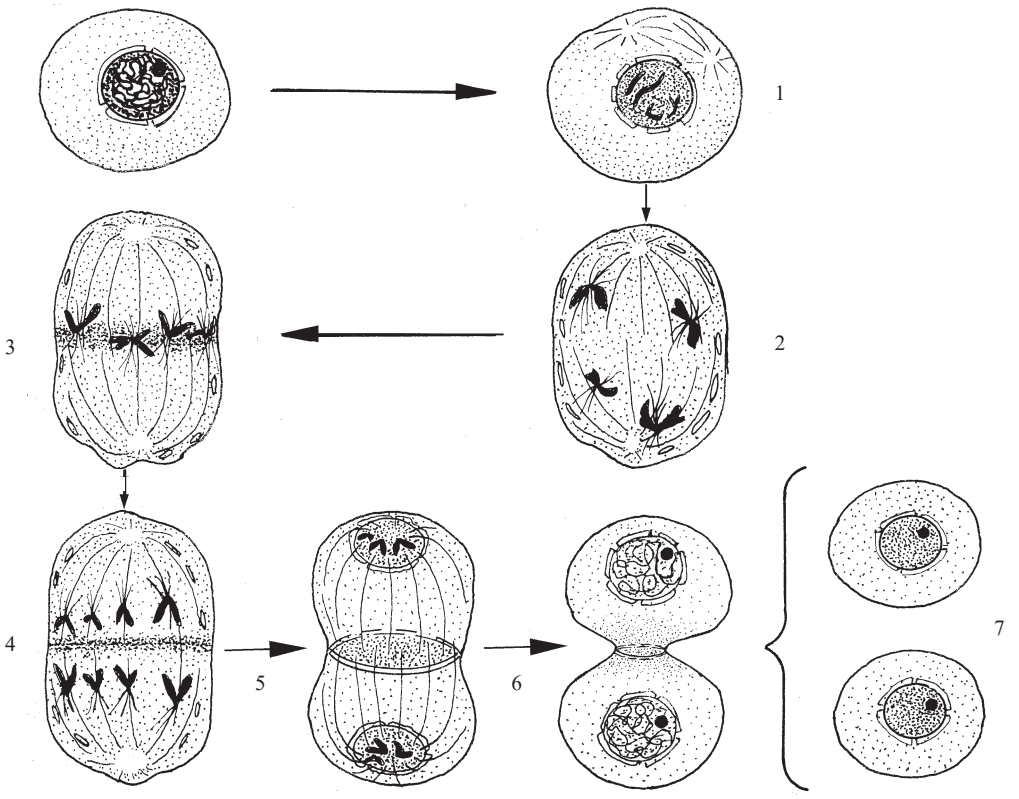


Fig. 56 Representación de las fases de la división celular por mitosis.

Este proceso constituye un tipo de reproducción en algunos organismos y tiene un papel muy importante en los procesos de crecimiento, cicatrización y reproducción vegetativa* en organismos pluricelulares. En células procariotas no ocurre este tipo de división celular; estas células se dividen por bipartición*.

SABÍAS QUE…
Las células animales se dividen cada 24 o 48 horas, mientras que las bacterias lo hacen cada 25 o 50 minutos.

SABÍAS QUE…
Existen fármacos como el nocodazol y la vimblastina que inhiben la formación de los microtúbulos durante la formación del huso mitótico y, por tanto, la mitosis. En los tumores, que por lo general tienen una proporción más alta de células en mitosis que los tejidos normales que los rodean, sus células son eliminadas con preferencia. Sin embargo, ocurren algunos efectos colaterales del tratamiento, pues en algunos tejidos normales su división también puede ser inhibida. Un ejemplo es la pérdida del cabello, debido a que las células del bulbo capilar se encuentran entre las de división más activa del cuerpo.

La división celular por **meiosis** se produce en las células diploides que dan origen a los gametos en los organismos que presentan reproducción sexual. A diferencia de la mitosis, consta de dos divisiones sucesivas que tienen como resultado la reducción del número de cromosomas en las células resultantes (fig. 57).

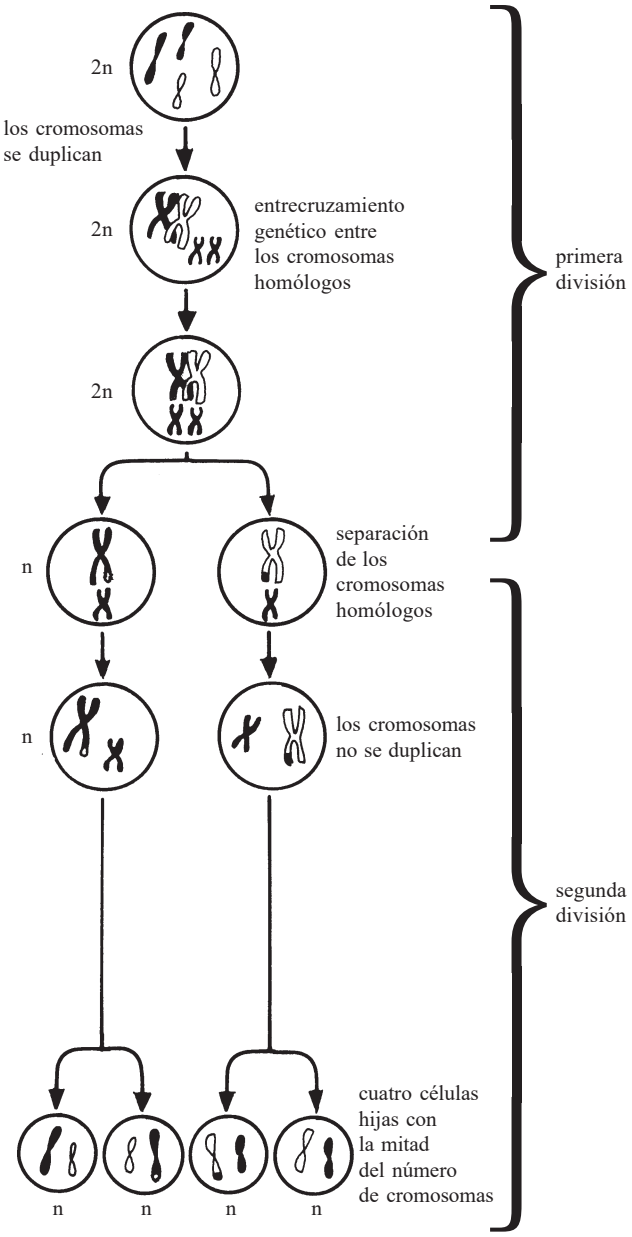


Fig. 57 Representación de la división celular por meiosis.

Por ejemplo, en la especie humana, las células diploides (2n) del tejido germinativo de las gónadas (testículos y ovarios), se dividen por meiosis y, como resultado, se originan los espermatozoides y óvulos, respectivamente, que son células sexuales haploides (n cromosomas) con 23 cromosomas. Al ocurrir la fecundación se forma un huevo o cigote diploide, con 46 cromosomas, en el cual ocurren sucesivas divisiones mitóticas hasta originar un nuevo individuo.

La meiosis es un proceso de gran significación, ya que permite la reducción cromosómica a la mitad, lo que es imprescindible en el mantenimiento del número de cromosomas de las especies que se reproducen sexualmente. De igual forma, la meiosis es fuente de variabilidad; como se observa en la figura 57, en la primera división los pares de cromosomas homólogos se separan durante la formación de las dos células hijas, pero antes de separarse, cada pareja de cromosomas homólogos se aparea e intercambia material genético entre ellos. Este proceso recibe el nombre de *entrecruzamiento genético* y es de gran importancia como fuente de variación hereditaria, pues permite que los cromosomas homólogos de origen materno y paterno recombinen la información genética y, por tanto, que las células hijas varíen en cuanto a esta información.

Tarea

1. Relacione la columna A con la B:

A		B
Nucleoide	____	Estructura que contiene el material genético en eucariotas.
Núcleo	____	Estructura que contiene el material genético en procariota.
Cromatina	____	Doble membrana que rodea al núcleo en eucariota.
Cromosoma	____	Fibras de nucleoproteínas que tienen aspecto granular.
Envoltura nuclear	____	Cromatina condensada que forma filamentos gruesos y cortos en división celular.

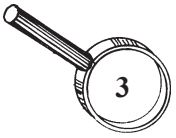
2. Elabora un esquema en el que representes la división celular por mitosis de una célula que posee siete pares de cromosomas.

3. Compare la mitosis y la meiosis en cuanto a :

   - células en que se produce;
   - resultados del proceso;
   - importancia biológica.

4. Redacta un párrafo donde se relacionen de forma coherente los siguientes términos: ADN, cromosomas, división celular.

5. ¿Por qué se afirma que la meiosis contribuye a la variabilidad de las especies y al mantenimiento de sus números de cromosomas?



Observación de fenómenos osmóticos

Materiales:

Hojas de cordobán o cucaracha, portaobjetos, cubreobjetos, gotero, beaker, frasco lavador, bisturí o cuchilla, pinzas, aguja enmangada, papel de filtro, lápices de colores, disolución de cloruro de sodio (NaCl) al 2 %, microscopio óptico.

Técnica operatoria:

En esta actividad se aplica nuevamente lo realizado en grados anteriores para obtener con un corte epidérmico una muestra de tejido vegetal de la epidermis de una hoja. Si tienes dudas de cómo efectuar esta operación, observa la figura 58. Para que la muestra sea delgada, es necesario:

- Al iniciar el corte inclinar el bisturí o la cuchilla, hasta penetrar ligeramente la hoja.
- Realizar el corte longitudinal, deslizando la cuchilla en posición horizontal a la superficie de la hoja.
- Separar la muestra obtenida con la ayuda de la cuchilla o las pinzas.

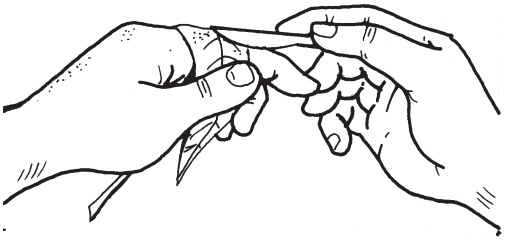


Fig. 58 Forma correcta de realizar un corte epidérmico.

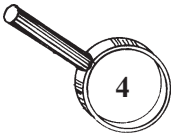
Lee atentamente los pasos que a continuación aparecen, antes de iniciar el trabajo:

1. Prepara el microscopio óptico.
2. Selecciona dos portaobjetos, añade en el centro del primero una o dos gotas de agua, y en el segundo una o dos gotas de la disolución de NaCl. Identifícalos.
3. Selecciona una de las hojas de cualesquiera de las plantas indicadas en los materiales. Realiza dos cortes longitudinales, en el envés de estas, en la forma indicada anteriormente. Traslada cada muestra a los portaobjetos preparados.
4. Cubre la muestra colocada con agua. Elimina las burbujas de aire y el exceso de líquido. Recuerda lo planteado en la figura 27.
5. Coloca esta preparación en la platina del microscopio. Localiza las células que poseen el citoplasma coloreado. ¿Ocupa todo el interior de estos? Dibuja lo observado, teniendo en cuenta los requisitos para su realización.
6. Clasifica las células observadas en el paso anterior y compáralas con la célula de una bacteria y con las de un animal. ¿A que conclusiones puedes llegar?
7. Procede de forma similar a lo indicado en los pasos cuatro y cinco, con la muestra ubicada en la disolución de NaCl, después de transcurridos cuatro o cinco minutos. ¿En cual de las preparaciones microscópicas observadas se aleja el citoplasma de la pared celular?

8. Con ayuda de la aguja enmangada separa el cubreobjetos de la preparación con la disolución de cloruro de sodio. Auxíliate del papel de filtro y elimina el líquido que rodea a la muestra.
9. Añade sobre la muestra dos o tres gotas de agua. Espera un minuto. Transcurrido este tiempo, cubre, elimina las burbujas de aire y seca la preparación
10. Observa nuevamente al microscopio. ¿Qué le ocurre al citoplasma? Compáralo con lo observado en los pasos 5 y 6. Realiza el dibujo correspondiente.
11. Recuerda antes de concluir la actividad práctica, retirar de la platina la preparación microscópica y ordenar el puesto de trabajo.

Conclusiones:

1. A que atribuyes lo ocurrido en los pasos 5; 7 y 10. Elabora una conclusión al respecto.
2. ¿Qué tipo de transporte debe haber ocurrido en las células de las muestras observadas? Elabora un modelo que te permita explicar este proceso.



Observación del movimiento del citoplasma

Materiales:

Ramas de elodea, portaobjetos, cubreobjetos, gotero, beaker, pinzas, papel de filtro, lápices de colores y microscopio óptico.

Técnica operatoria:

En esta actividad se observa una muestra de material biológico (hoja de planta), sin efectuar cortes. Aunque la hoja de elodea es delgada, es necesario tener en cuenta que el éxito de la observación se garantiza con el adecuado contraste entre las diferentes estructuras. En este caso, es fundamental para lograr este propósito, regular la luz mediante el diafragma, pues no se utilizan colorantes, siendo necesaria esta operación en todos los casos similares a este.

Lee atentamente los pasos que a continuación aparecen, antes de iniciar la actividad:

1. Deposita una o dos gotas de agua en tu portaobjetos.
2. Selecciona una rama de elodea y con las pinzas desprende una hoja, de las de color verde más intenso.
3. Coloca la hoja en el portaobjetos. Cúbrela, elimina las burbujas de aire y seca la preparación. Para estas operaciones observa la figura 27.
4. Observa al microscopio; regula la luz mediante el diafragma.
5. Dirige tu atención a las células. Identifica los cloroplastos que se encuentran cerca de la pared celular, auxíliate del tornillo micrométrico, para diferenciar las capas de células.
6. ¿Observas movimiento de los cloroplastos? Descríbelo.
7. De no observarse movimiento de los cloroplastos, desplaza la preparación microscópica en diferentes direcciones hasta localizar algunas células en que esto ocurra.
8. Recuerda antes de concluir la actividad práctica, retirar la preparación microscópica de la platina y ordenar tu puesto de trabajo.

Conclusiones:

1. ¿A qué conclusión se puede llegar después de lo observado en el paso 6? Argumenta tu respuesta.
2. ¿Qué nombre recibe este movimiento? ¿Qué importancia tiene en el funcionamiento de las células?
3. Si se coloca una rama de elodea en agua muy fría, ¿qué podría ocurrir con el movimiento del citoplasma? Argumenta tu respuesta.

4

PROCESOS METABÓLICOS CELULARES

En capítulos anteriores hemos estudiado la composición y organización de la materia viva por niveles e iniciado el estudio de la célula como unidad estructural y funcional de los sistemas vivientes. Nos corresponde en este capítulo analizar cómo se desarrolla el conjunto de procesos que hacen posible el mantenimiento de las estructuras celulares, su funcionamiento y desarrollo, asegurando su continuidad en el tiempo: el *metabolismo*.

Consideraciones generales del metabolismo

El mantenimiento de la vida depende de la posibilidad que tienen los organismos de utilizar sustancias y energía provenientes del medio ambiente, en la realización de los procesos vitales. Así, el crecimiento y desarrollo de los organismos exige el aporte de los componentes necesarios en el mantenimiento de las estructuras y de las funciones de las células.

Los organismos incorporan estos componentes mediante la función de **nutrición,** que *es el conjunto de procesos biológicos mediante los cuales el organismo obtiene sustancias y energía del medio externo y las incorpora a su interior.* Una nutrición adecuada permite el aporte de todos los nutrientes que la célula y el organismo como un todo necesitan, lo que les posibilita, por ejemplo, sustituir partes, reparar daños, mantener las estructuras y funciones, así como su crecimiento y desarrollo.

Teniendo en cuenta, la fuente de obtención de carbono necesaria en la nutrición, los organismos se clasifican en autótrofos y heterótrofos. Como ya conocemos de grados anteriores, los **organismos autótrofos** elaboran los compuestos orgánicos requeridos a partir de compuestos inorgánicos y los **organismos heterótrofos** los obtienen ya elaborados.

Según la fuente de energía durante la nutrición, los organismos se clasifican en **quimiótrofos** y **fotótrofos.** Si tenemos en consideración tanto la fuente de carbono como la de energía en la nutrición de los organismos, estos se pueden clasificar en diferentes *patrones nutricionales:* fotoautótrofos, quimioautótrofos, fotoheterótrofos, quimioheterótrofos, tal como se muestra y ejemplifica en el cuadro 5.

SABÍAS QUE…
Los organismos quimioautótrofos desempeñan un papel muy importante en el mantenimiento de los ciclos del nitrógeno, del carbono y del azufre en la naturaleza, ya que oxidan diferentes sustratos como: NH_4^+, NO_2^-, S^{2-}, entre otros.

Estos patrones nutricionales son el resultado de un largo proceso de transformaciones evolutivas, durante el surgimiento de la vida en la Tierra y el desarrollo de las diferentes especies. En correspondencia con la fuente de carbono y de energía, la nutrición en los organismos posibilita la incorporación de diferentes sustancias nutritivas al interior de la célula, que es el nivel donde se

Cuadro 5
Patrones nutricionales

Fuente de: *energía* / *carbono*	*Luz*	*Compuestos químicos*
CO_2 (compuesto inorgánico)	**Fotoautótrofos** Plantas superiores. Cianobacterias. Bacterias purpúreas del azufre. Bacterias verdes del azufre	**Quimioautótrofos** Bacterias incoloras del azufre. Bacterias nitrificantes. Bacterias del hidrógeno. Bacterias del hierro.
$C_6H_{12}O_6$ (u otro compuesto orgánico)	**Fotoheterótrofos** Bacterias purpúreas no sulfurosas.	**Quimioheterótrofos** Animales. Protistas. Hongos. Mayoría de las bacterias.

realizan los procesos metabólicos celulares que son objeto de estudio de este capítulo. Es mediante la nutrición que los organismos incorporan las "materias primas" necesarias en el metabolismo celular.

El funcionamiento celular se manifiesta en el trabajo mecánico que ocurre, por ejemplo, durante la ciclosis y la contracción muscular, en las reacciones que permiten la síntesis de nuevas moléculas y en el trabajo eléctrico que, por ejemplo, ocurre en la conducción de los impulsos nerviosos. Todas estas actividades implican un gasto de energía y la síntesis de diferentes biomoléculas.

El conjunto de reacciones bioquímicas acopladas que ocurre en el interior de la célula, en la que se degradan o sintetizan sustancias, se denomina **metabolismo**. *Este constituye un proceso regulado enzimáticamente y es una expresión del movimiento biológico, como tipo de movimiento de la materia.* Este proceso, inherente a la materia viva, se produce de forma simultánea en todas las células del organismo, lo que permite el mantenimiento de un continuo recambio a nivel celular y de organismo, y el mantenimiento de la vida.

Las reacciones que constituyen el metabolismo son del tipo óxido-reducción (redox), que como ya conocemos, son aquellas en las que unas sustancias ceden electrones y se oxidan, mientras que otras aceptan los electrones y se reducen.

Según predominan las reacciones de degradación o de síntesis de sustancias, se distinguen el *metabolismo de degradación* o *catabolismo* y el *metabolismo de síntesis* o *anabolismo.* Entre las reacciones anabólicas y catabólicas existe una estrecha relación; los resultados o productos de unas, pueden ser las sustancias precursoras de las otras.

El **metabolismo degradativo** o **catabolismo** *comprende las reacciones en que las sustancias orgánicas se transforman en moléculas más sencillas, y por la formación de moléculas que contienen en sus enlaces la energía química liberada en dichas reacciones* (ATP *y otros compuestos)*. Por otro lado, el **metabolismo de síntesis** o **anabolismo** *está constituido por las reacciones en que se sintetizan moléculas orgánicas complejas (carbohidratos, lípidos, proteínas, ácidos nucleicos), a partir de moléculas más sencillas y por la utilización de la energía contenida en los enlaces de compuestos como el* ATP.

En el estudio del metabolismo se utiliza el término **vía metabólica** para designar las distintas reacciones químicas que se relacionan entre sí, y se le denomina **metabolitos** a las moléculas que intervienen en dichas reacciones.

A partir de las diferentes moléculas, como carbohidratos, lípidos y proteínas, ocurren las reacciones de degradación que permiten suplir las demandas energéticas de las células. Tanto en los organismos autótrofos como en los heterótrofos, el metabolismo degradativo o catabolismo transcurre de forma semejante. Constituyen ejemplos de vías metabólicas de degradación la *glucólisis,* la *fermentación* y la *respiración*.

Por otra parte, los organismos llevan a cabo las síntesis de las diferentes biomoléculas que requieren. Entre las vías metabólicas de síntesis o anabólicas se encuentran procesos como la *fotosíntesis,* la *quimiosíntesis,* la *síntesis de proteínas* y la *síntesis de ácidos nucleicos,* entre otros.

Las vías metabólicas que estudiaremos en este capítulo son:

- de degradación: fermentación y respiración;
- de síntesis: fotosíntesis y quimiosíntesis.

Tarea

1. ¿Por qué es necesaria la nutrición en los organismos?
2. ¿Qué tipo de patrón nutricional tiene un organismo que dispone de compuestos orgánicos como fuente de carbono y energía? Ejemplifica.
3. ¿Los conceptos metabolismo y nutrición tienen el mismo significado? Argumenta tu respuesta.
4. ¿Qué tipos de reacciones intervienen en el metabolismo celular? Define cada una de las reacciones.

Metabolismo degradativo

Los organismos requieren energía en su funcionamiento. Todas las funciones que realizan: la nutrición, el transporte de sustancias y la reproducción, entre otras, inclusive cuando se encuentran en estado de reposo aparente, requieren energía en su realización.

La liberación de la energía necesaria, a partir de las sustancias orgánicas, es un proceso inherente a todos los sistemas vivientes; sin embargo, no en todos ocurre de la misma forma, no son iguales los productos finales que se obtienen, ni se acumula la misma cantidad de energía biológicamente utilizable.

Entre los compuestos orgánicos utilizados con más frecuencia por las células de los organismos en la obtención de energía se encuentra la glucosa, recordemos que es uno de los monosacáridos más abundantes en los organismos. Por ello es que en lo sucesivo, en el estudio de los procesos degradativos, nos referiremos a esta molécula orgánica, aunque existen otros compuestos orgánicos, como son: otros azúcares, lípidos y proteínas, que también se utilizan por los organismos en la obtención de energía.

En la degradación de la molécula de glucosa se transfiere la energía contenida en sus enlaces mediante los procesos de *respiración* y *fermentación*. Ambos procesos se inician con la glucólisis.

La **glucólisis** *es la vida metabólica constituida por una serie de reacciones reguladas enzimáticamente que se realizan en el citoplasma de la célula y en las que, a partir de una molécula de glucosa u otros monosacáridos, se obtienen dos moléculas de ácido pirúvico* (fig. 59).

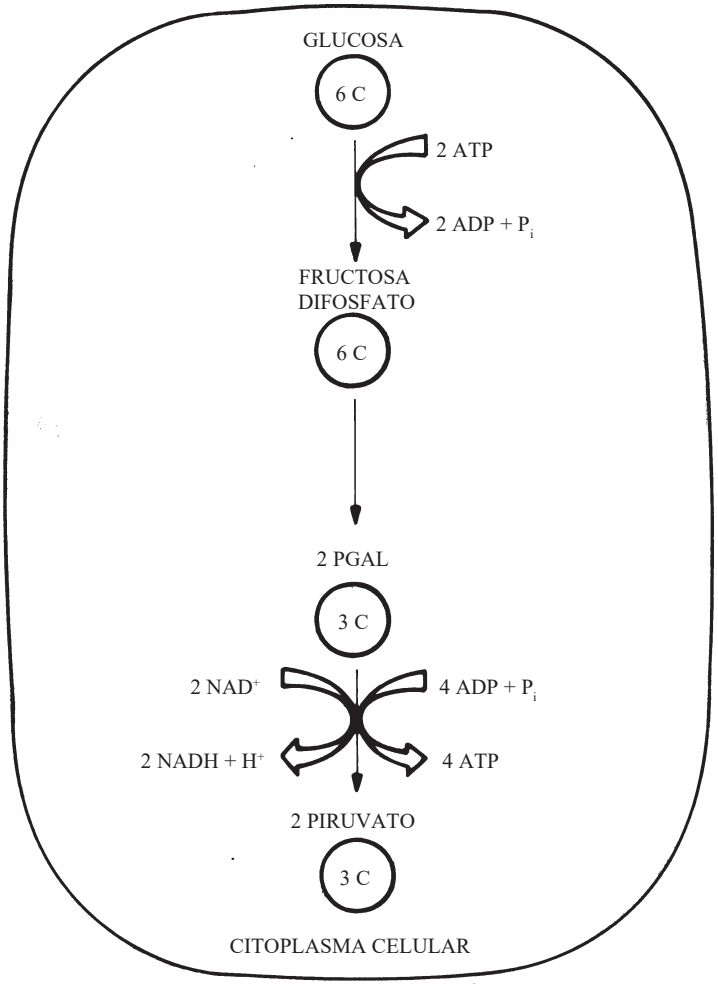


Fig. 59 Representación esquemática de la glucólisis.

Como podemos observar en la figura 59, el conjunto de reacciones que ocurren durante la glucólisis se caracteriza por :

- La fosforilación* de la glucosa (molécula de seis átomos de carbono). En esta reacción son utilizadas moléculas de ATP en la activación de las moléculas de glucosa.

- Ruptura de la fructosa difosfato y su transformación en dos moléculas de gliceraldehído-3-fosfato (PGAL).
- Formación de dos moléculas de piruvato (molécula de tres átomos de carbono) a partir del PGAL, con la consecuente formación de cuatro moléculas de ATP y de la coenzima NADH + H^+ (reducida).

Como se aprecia, la glucólisis se inicia a partir de una molécula de seis átomos de carbono, la glucosa, y se obtiene una más sencilla, el piruvato, de tres carbonos cada una, a partir del cual puede continuar la degradación, como analizaremos posteriormente en el estudio de las reacciones del ciclo de Krebs, o ser sustrato de otras vías metabólicas, como por ejemplo la fermentación.

Fermentación

La **fermentación** *es un proceso catabólico de obtención de energía a partir de la degradación incompleta de compuestos orgánicos y que tiene como producto final compuestos más sencillos. Este proceso degradativo es anaerobio, es decir, se realiza en ausencia de oxígeno* y está *regulado enzimáticamente*.

Según la teoría evolutiva acerca del origen de la vida en la Tierra, se considera que la fermentación es el proceso de obtención de energía más antiguo. Sobre esta base se considera que, dadas las condiciones de la Tierra primitiva, en la que no existía oxígeno libre y donde los rayos del Sol no llegaban a la superficie terrestre, los primeros organismos solo podían obtener la energía de los compuestos orgánicos mediante la fermentación.

La fermentación ocurre en el citoplasma de la célula de los organismos que viven en las profundidades de los suelos, en los sedimentos de los océanos y en medios donde el oxígeno es muy poco o está ausente. Esta vía metabólica de obtención de energía la presentan los microorganismos, como numerosas bacterias y los hongos, y también se realizan en el tejido muscular de los animales y del hombre en condiciones de déficit de oxígeno, por ejemplo, durante un trabajo muscular intenso.

En el proceso de fermentación, dada la acción de diferentes enzimas presentes en el citoplasma, ocurre inicialmente la vía metabólica denominada glucólisis, en la que, como analizamos anteriormente, se forman dos moléculas de piruvato por cada molécula de glucosa. A partir del piruvato ocurre una serie de reacciones que, en dependencia de las enzimas que intervienen, tienen como resultado diferentes compuestos, según los organismos donde se realizan. Los tipos de fermentación pueden ser alcohólica, láctica y acética, denominándose de esta forma de acuerdo con el compuesto final que se obtiene a partir del piruvato (cuadro 6).

Las fermentaciones alcohólica y la láctica constituyen los tipos más estudiados y las de mayor importancia para el hombre.

> **SABÍAS QUE…**
> **Desde tiempos de la antigüedad el hombre obtenía bebidas alcohólicas a partir del jugo de frutas y miel, pero ignoraba que eran productos de la fermentación que realizaban algunos microorganismos.**

La fermentación alcohólica se lleva a cabo fundamentalmente por levaduras del género *Saccharomyces,* que son hongos unicelulares que, en dependencia de la especie, se utilizan en la producción del pan, cervezas o vinos.

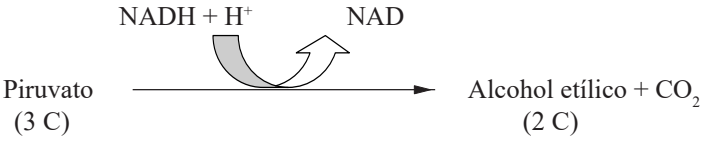
Cuadro 6

Tipos de fermentación. Organismos que la presentan e importancia económica

Tipo de fermentación	*Resultado de la 1ra. etapa*	*Resultado de la 2da. etapa*	*Ejemplo de organismos en que se realizan*	*Importancia económica*
Alcohólica.	Ácido pirúvico.	Alcohol etílico.	Levaduras.	Fabricación de bebidas alcohólicas.
Láctica.	Ácido pirúvico.	Ácido láctico.	Lactobacterias.	Producción de quesos y yogur.
Acética.	Ácido pirúvico.	Ácido acético.	Algunas bacterias del género *Clostridium.*	Producción de vinagre.

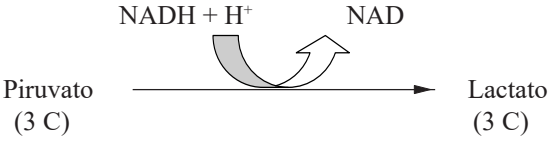
SABÍAS QUE…
El término fermentación, a menudo, es erróneamente empleado para designar algunos procesos aerobios de oxidación en que participan las acetobacterias, que transforman el alcohol en ácido acético. No obstante, estas bacterias, aunque no son fermentativas, se utilizan en la producción industrial de vinagre.

Las reacciones de la fermentación alcohólica pueden representarse mediante la ecuación general siguiente:



SABÍAS QUE…
El CO_2 desprendido en el proceso de fermentación de las levaduras, permite el esponjamiento e incremento de la masa del pan, y el alcohol producido, al evaporarse, le confiere su olor característico.

En la fermentación láctica, a partir del piruvato se forma lactato (ácido láctico), como puede apreciarse en la ecuación siguiente:



Este proceso fermentativo se lleva a cabo en bacterias como las lactobacterias y lactobacilos, y tiene como productos derivados de la leche, como el yogur y diferentes tipos de quesos de importancia en la alimentación del hombre.

SABÍAS QUE…
Cuando realizamos un esfuerzo físico, las demandas energéticas y el déficit de oxígeno se incrementan y se lleva a cabo en el músculo el proceso de fermentación. Si el esfuerzo es mantenido, se produce mucho lactato, el cual es tóxico y provoca la fatiga muscular.

Si analizamos comparativamente las características de las fermentaciones alcohólica y láctica, podemos resumir que mientras que en la láctica el proceso se inicia a partir del piruvato, de tres átomos de carbono, y se obtiene un compuesto también de tres carbonos, la alcohólica, se inicia a partir del piruvato, pero se obtiene una molécula de dos átomos de carbono y se produce CO_2 como resultado de una descarboxilación*.

Si analizamos la producción energética del proceso de fermentación, podemos concluir que se consumen dos moléculas de ATP durante la glucólisis, y se producen dos ATP por cada molécula de piruvato que participa en las reacciones fermentativas; por ello es que al obtenerse dos piruvatos, por cada molécula de glucosa degradada, se producen cuatro ATP. Si se producen en total cuatro moléculas de ATP, y restamos las dos consumidas en la etapa inicial, el balance energético neto de este proceso es de dos ATP (fig. 60).

Tarea

1. ¿En qué consiste la glucólisis? ¿Dónde ocurre? ¿Cuál es su producto?
2. Es conocido que el hombre produce vinos a partir del jugo de frutas y del arroz. Investiga por qué se debe colocar en un lugar que no permita el movimiento del recipiente y se le debe colocar una tapa de gasa.
3. Investiga sobre algunos ejemplos que demuestren que la fermentación de los microorganismos es aprovechada por el hombre en su beneficio.

Respiración

El desarrollo de organismos de mayor complejidad, tales como: las plantas y los animales, durante el proceso evolutivo, no hubiese sido posible, sí solo hubieran dispuesto de la energía proveniente de los procesos fermentativos. Al desarrollarse las condiciones aerobias de la atmósfera primitiva, se originaron procesos metabólicos más complejos en los que se logró un mayor rendimiento energético. Surgió así, la **respiración,** *que es el proceso metabólico celular, regulado enzimáticamente, en el que los compuestos orgánicos se degradan completamente mediante reacciones de óxido-reducción y donde se obtienen moléculas de alto contenido energético, como el* ATP. En dependencia de las condiciones en que transcurre este proceso, la respiración se clasifica en *respiración aerobia* y *respiración anaerobia.*

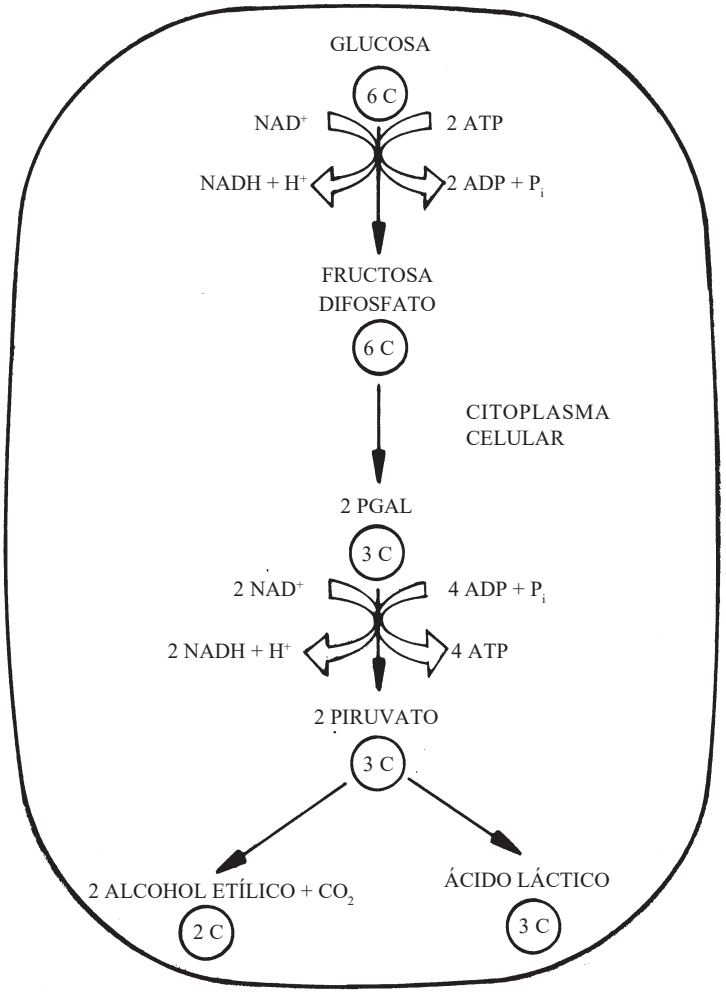


Fig. 60 Esquema que representa la fermentación láctica y alcohólica a partir de la glucólisis.

La **respiración aerobia** *es el proceso de oxidación completa de compuestos orgánicos (fundamentalmente la glucosa) en presencia de oxígeno como aceptor final de electrones.* Las reacciones metabólicas de este proceso están conformadas por tres vías metabólicas consecutivas: *la glucólisis,* el *ciclo de Krebs* y *la formación de* ATP *acoplado a la cadena respiratoria.* Estas reacciones, en las células eucariotas, se efectúan en diferentes compartimientos celulares en los que se encuentran enzimas específicas que catalizan las reacciones correspondientes:

- Glucólisis _____ citoplasma.
- Ciclo de Krebs _____ matriz mitocondrial.
- Cadena respiratoria _____ crestas mitocondriales.

Recordemos que en las células procariotas el proceso de respiración se efectúa asociado a la membrana citoplasmática donde se encuentran las enzimas que hacen posible estas reacciones.

La **glucólisis,** como ya hemos estudiado, es una vía metabólica común a la fermentación y a la respiración aerobia.

El **ciclo de Krebs** *se lleva a cabo en la matriz mitocondrial y consiste en una serie de reacciones mediante las cuales se produce la oxidación total de las moléculas de glucosa y tiene como resultado la formación de* CO_2, H_2O, ATP y $NADH + H^+$. Previamente, el piruvato formado en la glucólisis pasa al interior de la matriz mitocondrial, donde se transforma en acetil-CoA, mediante un proceso de oxidación y descarboxilación (fig. 61).

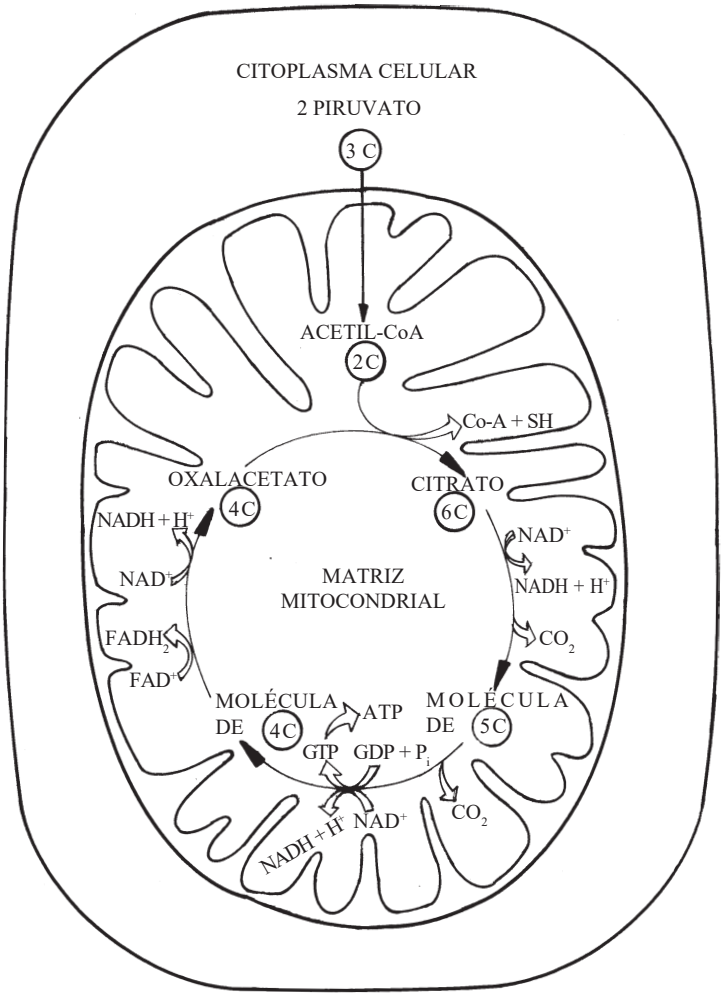


Fig. 61 Representación esquemática del ciclo de Krebs.

Como podemos apreciar en la figura 61, el ciclo de Krebs se caracteriza por:

- La condensación del acetil-CoA (molécula de dos átomos de carbono), con una molécula de cuatro átomos de carbono, dando como resultado una molécula de citrato (ácido cítrico), que contiene seis átomos de carbono.
- A partir de esta molécula de seis átomos de carbono, se producen dos descarboxilaciones que originan una molécula de cuatro átomos de carbono, la que por una serie de reacciones de óxido-reducción, restablece las moléculas que inician el ciclo y garantiza así su continuidad.

Como podemos observar, el compuesto inicial que se une a las moléculas de acetil-CoA, el oxalacetato, es regenerado en la secuencia de reacciones, lo que también le confiere características de ciclo.

En estas reacciones redox se forman tres moléculas de NADH + H^+, una molécula de $FADH_2$ y una molécula de ADP se transforma en ATP. El ATP es transportado fuera de la mitocondria, hacia el citoplasma, donde es utilizado en las diferentes reacciones celulares. En este proceso, a partir del acetil-CoA (molécula de dos átomos de carbono), se producen dos descarboxilaciones con la correspondiente formación de dos moléculas de CO_2.

SABÍAS QUE…
El ciclo de Krebs recibe esta denominación en honor a su descubridor Hans Krebs y es también conocido como ciclo del ácido cítrico (citrato) por ser esta la primera molécula que se produce en la secuencia de reacciones.

La **cadena respiratoria** está constituida por una serie de moléculas transportadoras de protones (H^+) y electrones localizada en las membranas interiores de las mitocondrias, es decir, en las crestas mitocondriales. *En esta vía metabólica, las moléculas transportadoras se reducen y oxidan, transfiriendo los* H^+ *y electrones procedentes del sustrato hasta el oxígeno molecular, que es el último aceptor, el cual se reduce y forma* H_2O. *En esta fase se produce la mayor cantidad de* ATP, *a partir del* ADP, *proceso que recibe el nombre de* **fosforilación oxidativa** (fig. 62).

El análisis de la figura 62 permite caracterizar a las reacciones de la etapa correspondiente a la cadena respiratoria por:

- El NADH + H^+ y el $FADH_2$, obtenidos en el ciclo de Krebs, aportan los iones H^+ y los electrones que son transferidos a la cadena respiratoria.

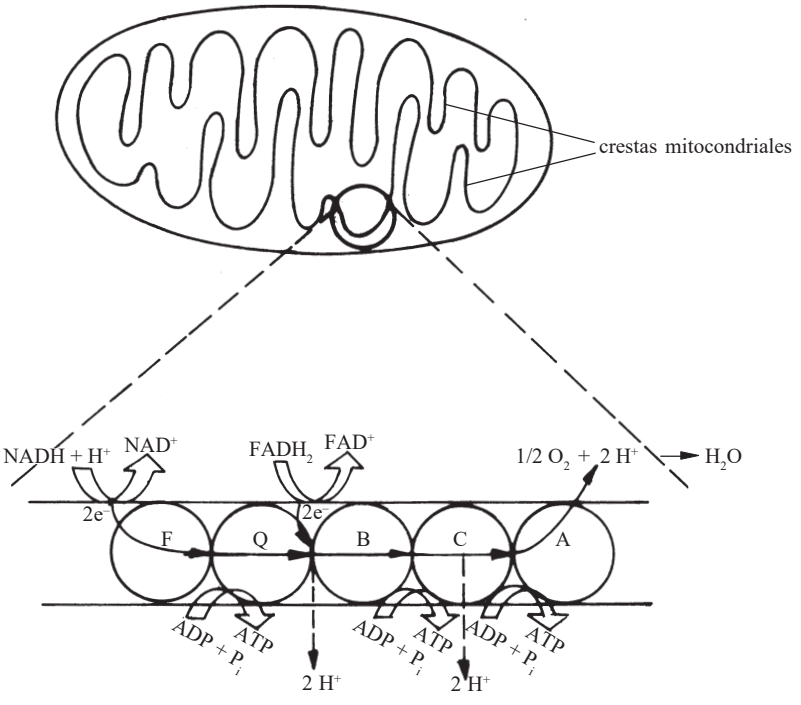


Fig. 62 Esquema que representa la cadena respiratoria.

- Las moléculas de citocromos* que constituyen la cadena transportadora de electrones (representadas por las letras F, Q, B, C, A), se reducen u oxidan consecutivamente al aceptar o ceder electrones, y los electrones cambian escalonadamente de un estado energético mayor a otro menor. En el paso de los electrones de un nivel energético mayor a otro menor, se transfiere energía que es utilizada en la síntesis de moléculas de ATP a partir de la fosforilación de las de ADP.
- Por cada $NADH + H^+$ que entra en la cadena respiratoria se forman tres ATP y por cada $FADH_2$, dos ATP, de acuerdo con el sitio en que se incorporen a la cadena.
- En la fase final, las moléculas de O_2 aceptan los electrones y los iones H^+ y se forman moléculas de H_2O.

Cuadro 7

Comparación entre las diferentes vías metabólicas degradativas

Vía metabólica	*Localización*	*Características*	*Formación del* $NADH + H^+$	*Formación de* ATP	*Total de* ATP
Glucólisis.	Citoplasma.	Se forman dos moléculas de piruvato a partir de la glucosa.	NAD^+ → $NADH + H^+$	$ADP + P_i$ → ATP	2 ATP
Fermentación.	Citoplasma.	Se forman etanol, ácido láctico, etc., a partir del piruvato obtenido en la glucólisis.	$NADH + H^+$ → NAD^+	$ADP + P_i$ → ATP	2 ATP
Ciclo de Krebs.	Eucariota: (matriz mitocon-. drial). Procariota: (citoplasma).	Se forman dos moléculas de CO_2 a partir del grupo acetilo del acetil-CoA, constituido a partir del piruvato que entró a la matriz mitocondrial.	NAD^+ → $NADH + H^+$ FAD → $FADH_2$	$ADP + P_i$ → ATP GTP → ATP	30 a 32 ATP
Cadena respiratoria	Eucariota: (crestas mitocondriales). Procariota: (membrana citoplasmática).	Se forman moléculas de ATP a partir de la energía proveniente de los H^+ y los electrones del $NAD + H^+$ y del $FADH_2$: 1 $NADH + H^+$ (3 ATP) 1 $FADH_2$ (2 ATP).	$NADH + H^+$ → NAD^+ $FADH_2$ → FAD	$ADP + P_i$ → ATP	

Como resultado general de la respiración aerobia se pueden producir entre 30 y 32 moléculas de ATP a partir de la oxidación total de una molécula de glucosa. En este proceso degradativo se obtiene un rendimiento mucho mayor que en la fermentación, como se observa en el cuadro 7, donde se comparan las diferentes vías metabólicas estudiadas.

En algunos organismos que viven *en condiciones anaerobias,* mediante la respiración *se realiza una oxidación completa de los compuestos orgánicos, utilizando como último aceptor otros compuestos diferentes del oxígeno,* por ejemplo el SH_2, en el caso de las sulfobacterias. *A este tipo de respiración se le denomina* **respiración anaerobia.**

En *resumen,* como la respiración es un proceso continuo y los sistemas vivientes consumen constantemente energía en mayor o menor grado, según la actividad mayor o menor que realicen, las tres vías metabólicas que hemos estudiado, suceden continuamente de forma acoplada. Esto evidencia la estrecha relación estructural y funcional existente entre los diferentes compartimentos de las células y el dinamismo celular (fig. 63). Para poder tener una correcta concepción del

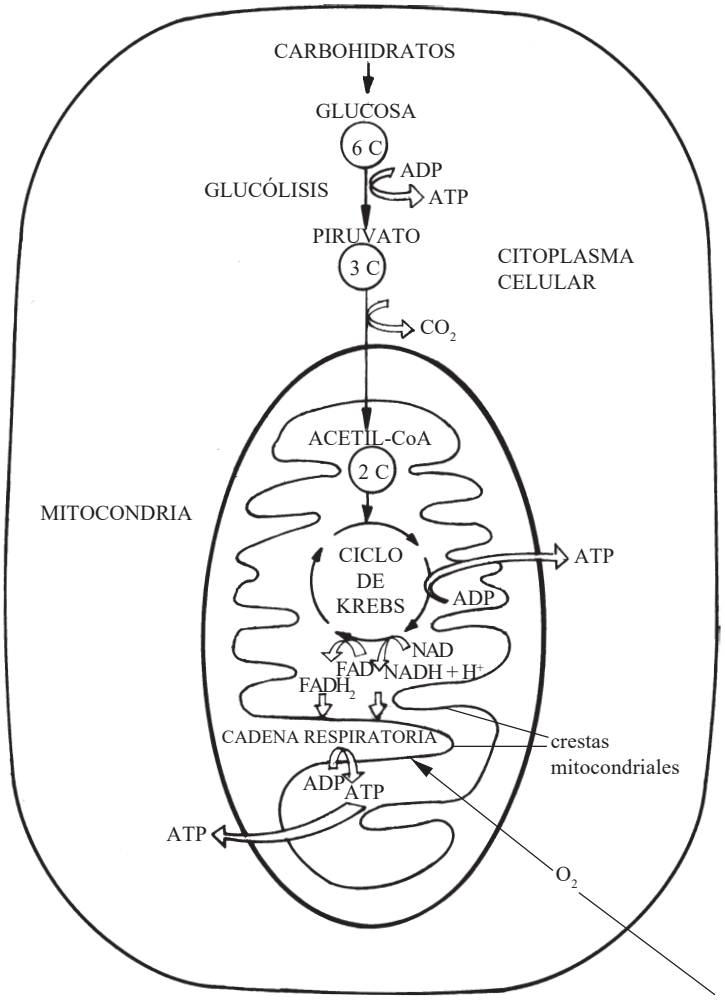


Fig. 63 Esquema general del metabolismo degradativo, en el que se puede observar la relación entre la glucólisis, el ciclo de Krebs y la cadena respiratoria.

metabolismo, y en particular de la respiración, tomando la glucosa como fuente de energía, es necesario considerar que múltiples moléculas de glucosa entran al organismo, que se oxidan constantemente y que se producen moléculas de ATP que contienen la energía utilizable en las diversas funciones celulares, según la ecuación general siguiente:

$$\text{Glucosa} + O_2 \longrightarrow CO_2 + H_2 + \text{energía}$$

En la naturaleza, todo está en continuo movimiento y solo es el hombre quien, para poder estudiarla, hace esquemas y separa los procesos en distintas fases. Debemos concebir a la respiración y a la fermentación como procesos que transcurren continuamente, la primera en presencia de oxígeno y la segunda en ausencia de este (fig. 63).

Retomando la importancia de la respiración y la fermentación, podemos concluir que ambas vías metabólicas constituyen procesos principales de acumulación de energía biológicamente utilizable en forma de ATP. De igual manera, en ellos se forman numerosos compuestos intermedios que constituyen el punto de partida en la síntesis de otros compuestos orgánicos de gran utilidad en la célula.

Tarea

1. Analiza la reacción general de la respiración aerobia. ¿Qué compuestos son necesarios en este proceso? ¿Cuál es el producto final? ¿Qué relación existe entre los compuestos iniciales y finales? ¿Qué importancia tiene? ¿Por qué?
2. Observa la figura 63 y analiza la relación que existe entre la glucólisis, el ciclo de Krebs y la cadena respiratoria. Compáralos en cuanto a:
   - lugar donde se realiza;
   - degradación de las moléculas que intervienen en el proceso;
   - reducción y oxidación del NAD y el FAD;
   - síntesis de ATP.
3. Establece las semejanzas y diferencias entre la fermentación y la respiración aerobia.
4. Todas las células del organismo humano tienen mitocondrias, pero las musculares estriadas tienen mayor número que las células epiteliales. Valora el planteamiento anterior.
5. Explica la importancia del metabolismo degradativo.

Procesos de síntesis celular

Hasta aquí hemos estudiado los procesos metabólicos que permiten la degradación de los compuestos orgánicos complejos y la conservación de su energía en forma de ATP, como ejemplos de procesos catabólicos.

Los organismos incorporan mediante la nutrición los compuestos orgánicos necesarios en el metabolismo celular, pero cada célula sintetiza sus propios componentes moleculares (proteínas, carbohidratos, lípidos, ácidos nucleicos, etc.) Estas sustancias se producen mediante diferentes procesos de síntesis celular, entre los que se encuentran la *fotosíntesis,* la *quimiosíntesis,* la *síntesis de proteínas,* y otros, que son representativos de las reacciones anabólicas del metabolismo celular.

Fotosíntesis. Características fundamentales e importancia

La atmósfera primitiva de la Tierra carecía de dioxígeno (O_2) por lo que los primeros organismos obtenían la energía de las moléculas que se encontraban en el medio mediante los procesos de fermentación, liberando dióxido de carbono (CO_2)a la atmósfera. Estas células, con nutrición heterótrofa, se desarrollaban en condiciones de extrema anaerobiosis. A medida que fueron cambiando las condiciones de temperatura e iluminación de la Tierra primitiva se desarrollaron formas celulares que aprovechan la energía solar y la transformaban en energía química; ello dio origen a la nutrición autótrofa que caracteriza a los organismos productores de sustancias orgánicas a partir de inorgánicas.

Un ejemplo típico de la nutrición autótrofa es la que realizan las células fotosintetizadoras mediante el proceso de *fotosíntesis*. Durante las transformaciones evolutivas de las células primitivas se originaron moléculas que absorbían los rayos solares, semejantes a los pigmentos que hoy existen en las células de las plantas y algunos organismos unicelulares. La fotosíntesis constituyó un hito evolutivo en el desarrollo de la Tierra y de la atmósfera primitiva, ya que constituyó una fuente inagotable de materia orgánica y posibilitó la transformación de formas sencillas de sistemas vivientes a otros de mayor complejidad morfológica y funcional. También cambió las características de la atmósfera, que pasó a condiciones aerobias, es decir, a contener oxígeno, lo que posibilitó el desarrollo de la respiración aerobia.

La **fotosíntesis** *es el proceso metabólico celular, regulado enzimáticamente, en el que a partir del* CO_2 *y el* H_2O *se sintetizan compuestos orgánicos, utilizando como fuente de energía la luz absorbida por los pigmentos y se obtiene como subproducto el* O_2 (fig. 64). Este proceso se considera uno de los mecanismos que hacen posible el mantenimiento de la vida. Recordemos que en la cadena de alimentación, los organismos fotosintetizadores son los productores que suministran los nutrientes a los heterótrofos.

SABÍAS QUE…
En las ciudades con una urbanización bien concebida, existen parques y pequeños bosques, pues en ellos las plantas son consideradas los "pulmones de la ciudad" por la gran cantidad de O_2 que se libera a la atmósfera mediante la fotosíntesis.

La fotosíntesis se representa por la fórmula general siguiente:

$$6\,CO_2 + H_2O \xrightarrow[\text{clorofila}]{\text{luz}} C_6H_{12}O_6 + 6\,O_2$$

Esta fórmula nos permite generalizar que la fotosíntesis se realiza en presencia de CO_2 y H_2O, con la participación de la luz, los pigmentos fotosintetizadores y de enzimas, y que tiene como resultado la síntesis de compuestos orgánicos y la liberación de O_2. No obstante, el proceso

no resulta tan sencillo, sino que consta de un complejo grupo de reacciones que se estudiarán en dos grandes etapas: *reacciones lumínicas* o *fotoquímicas,* y *reacciones de fijación del carbono,* también denominadas por algunos autores como *reacciones oscuras.*

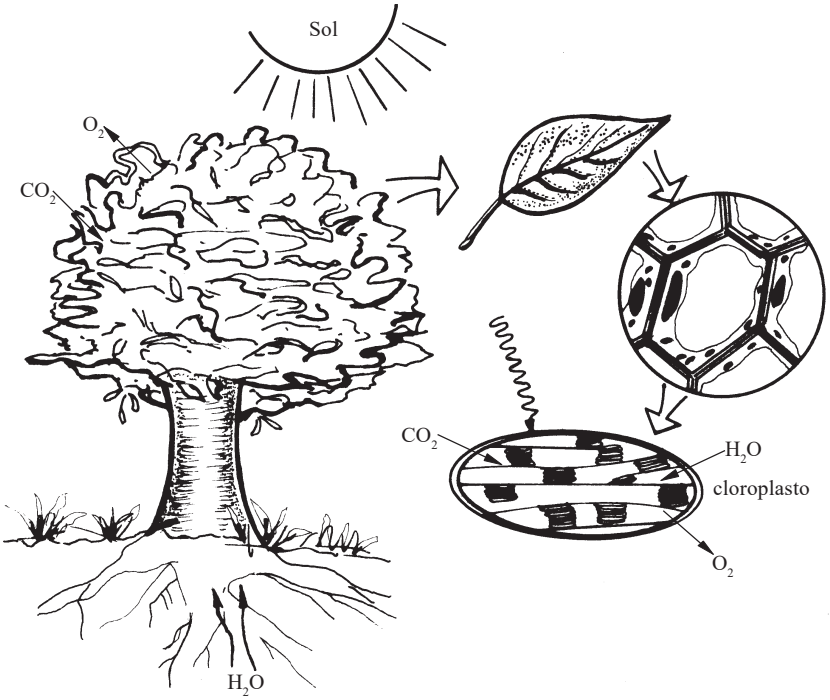


Fig. 64 La fotosíntesis se realiza en las células fotosintetizadoras en presencia de iluminación.

La fotosíntesis se lleva a cabo por diferentes organismos autótrofos como algunas bacterias, las algas y las plantas superiores.

> **SABÍAS QUE…**
> **Contrario a lo que generalmente se piensa, se ha comprobado que alrededor del 50% de toda la fotosíntesis que se realiza en el planeta, se lleva a cabo por organismos unicelulares, fundamentalmente, algas y diatomeas.**

En lo adelante, estudiaremos las características del proceso de fotosíntesis que ocurre en las plantas superiores; este se realiza en los cloroplastos y constituye una evidencia de la estrecha relación estructural y funcional existente en la célula y sus estructuras componentes, y un ejemplo del dinamismo existente en las células.

Reacciones lumínicas

Como planteamos anteriormente, las reacciones del proceso fotosintético son sumamente complejas, por lo que en aras de poder comprender mejor cómo ocurren, es necesario estudiar las características de los pigmentos que absorben la luz, la organización de los pigmentos en las membranas de las tilacoides y el funcionamiento de estas estructuras a partir de la energía emitida por el Sol y su conversión en energía química.

La luz proveniente del Sol es captada por los pigmentos fotosintetizadores. El Sol emite energía en un amplio espectro electromagnético: rayos gammas, rayos X, rayos ultravioletas, rayos infrarrojos y luz visible, los que van desde longitudes de onda corta hasta otras muy largas (fig. 65).

Las longitudes de onda corta son más enérgicas que las longitudes de onda larga. La luz visible y otros tipos de radiaciones están compuestos por "paquetes" individuales de energía denominados fotones.

Los pigmentos fotosintetizadores sólo captan las longitudes de onda de la luz visible, que va desde las 400-700 nm. En especial las *clorofilas* absorben en el rango existente entre el azul y el rojo (fig. 65), reflejando el verde; por ello es que podemos apreciar ese calor característico en la mayoría de las plantas.

Los pigmentos fotosintéticos pueden absorber la luz dadas sus características estructurales. Las clorofilas presentan un conjunto de anillos con un núcleo central de Mg, denominado *cabeza portirínica,* que es rica en dobles enlaces, y una cadena carbonada larga, denominada *fitol* (fig. 66a). La presencia de los dobles enlaces hace posible que al incidir la luz, los electrones "salten" a un nivel energético superior. Por supuesto, debe ser la energía correspondiente al rango de absorción de cada pigmento (ver figura 65). Los pigmentos carotenoides son largas cadenas carbonadas que también presentan dobles enlaces (fig. 66b). Estas características de los pigmentos surgieron en la evolución de los organismos y posibilitaron el patrón nutricional fotoautótrofo.

Como ya conocemos, inmersos en el estroma del cloroplasto se encuentran las granas que están constituidas por los tilacoides. Los pigmentos fotosintéticos se encuentran localizados en las membranas de los tilacoides. Entre ellos tenemos las clorofilas a y b, y a los caratenoides (carotenos y xantofilas).

Estos pigmentos no se encuentran aislados, sino que forman agrupaciones de pigmentos, denominadas *fotosistemas*. Existen dos tipos de *fotosistemas:* el fotosistema I y el fotosistema II. Cada uno de ellos, está constituido por un conjunto de pigmentos accesorios (carotenos, xantofilas y clorofilas) y por el centro de reacción, que está formado por una clorofila especial, un donador y un aceptor de electrones (fig. 67). Si estamos en presencia del *fotosistema I,* la clorofila especial es denominada P_{700}, porque absorbe en el rango de los 700 nm. Si se trata del *fotosistema II,* la clorofila especial es la P_{680}.

En el desarrollo de las reacciones lumínicas existe una estrecha interrelación entre los fotosistemas. A partir del análisis de la figura 68 podemos resumir las características siguientes de estas reacciones:

- Dada la incidencia de la luz en el fotosistema II, los pigmentos accesorios se excitan y trasmiten la energía hasta la clorofila especial P_{680}, la que al excitarse "cede" electrones a un aceptor.
- Cuando la clorofila especial P_{680} "cede" los electrones se queda oxidada, siendo restablecida por los electrones procedentes de la fotólisis del agua. En la fotólisis del agua también se producen protones y se libera O_2.
- El aceptor de electrones cede los electrones a la cadena de citocromos, hasta llegar a una molécula que se los transfiere a la clorofila especial del fotosistema I.
- En el fotosistema I ocurre un proceso similar al descrito anteriormente en el fotosistema II, ya que la clorofila especial P_{700}, al excitarse, cede los electrones a otro aceptor que transfiere los electrones al $NADP^+$, quien además acepta protones y se forma el $NADPH + H^+$ (reducido).

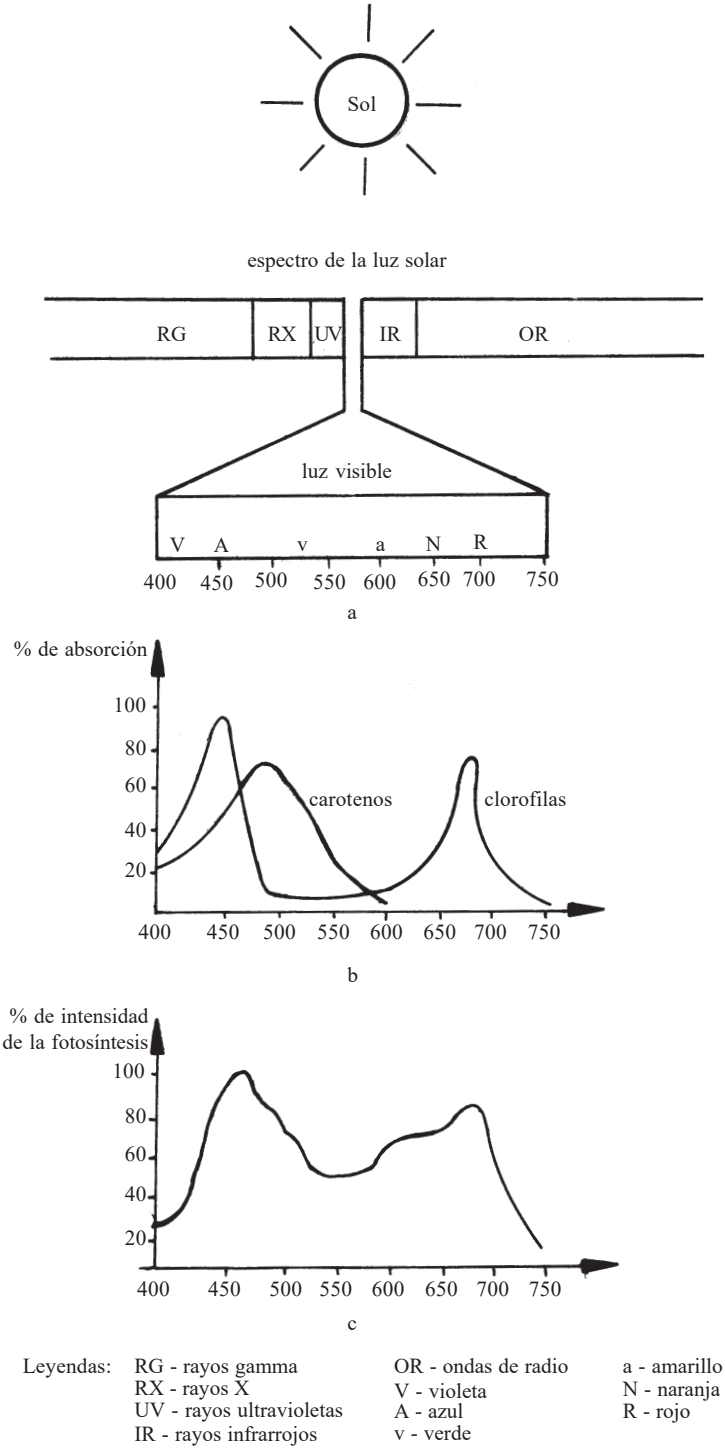


Fig. 65 Luz solar: a) espectro de la luz solar; b) rango de absorción de pigmentos fotosintéticos; c) rango de intensidad de la fotosíntesis.

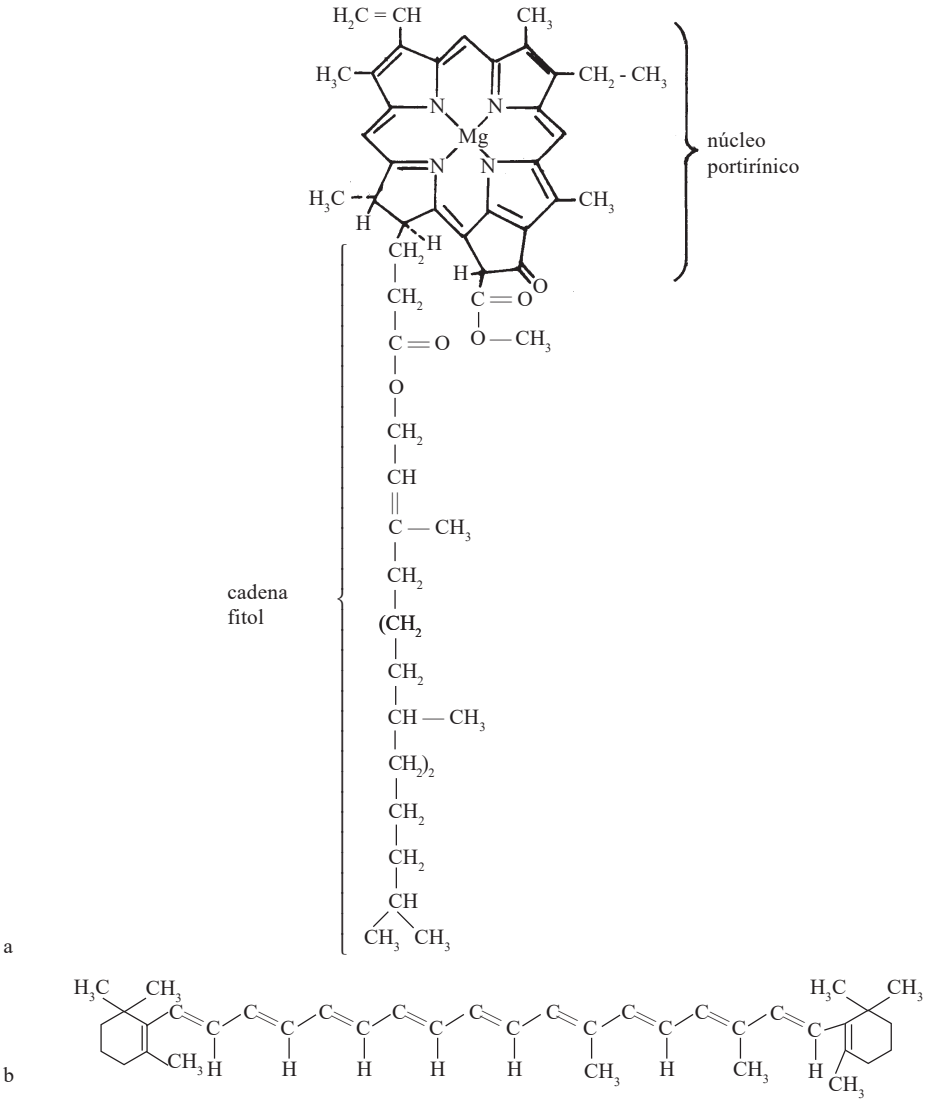


Fig. 66 Pigmentos fotosintetizadores: a) molécula de clorofila; b) molécula de ß-caroteno.

- Los protones que quedan en el interior del tilacoide, producto de la fotólisis del agua, y los que se forman a partir de las reacciones de óxido-reducción de la cadena de citocromos, son transportados hacia el exterior del tilacoide, al estroma.
- En esta secuencia de reacciones se lleva a cabo la fosforilación del ADP, lo que da lugar a la síntesis de ATP de dos formas:

  Fotofosforilación acíclica: *Síntesis de* ATP *cuando el transporte de electrones se produce desde el fotosistema II, hacia el fotosistema I, y los electrones se incorporan al* $NADP^+$ *y forman* $NADPH + H^+$ (fig. 69a).
  Fotofosforilación cíclica: *Síntesis de* ATP, *en la cual el transporte de electrones involucra solamente al fotosistema I y no hay producción de* $NADPH + H^+$ (fig. 69b).

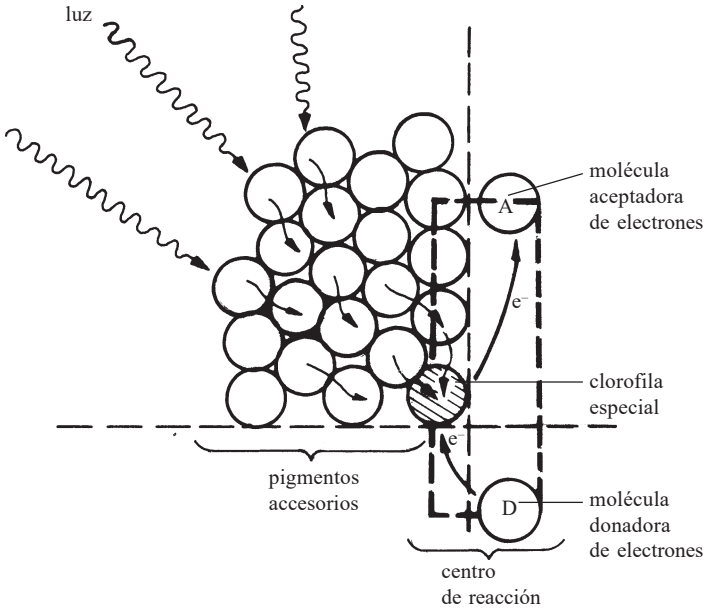


Fig. 67 Componentes de un fotosistema. Pigmentos accesorios y centro de reacción (donador de electrones, clorofila especial, aceptor de electrones).

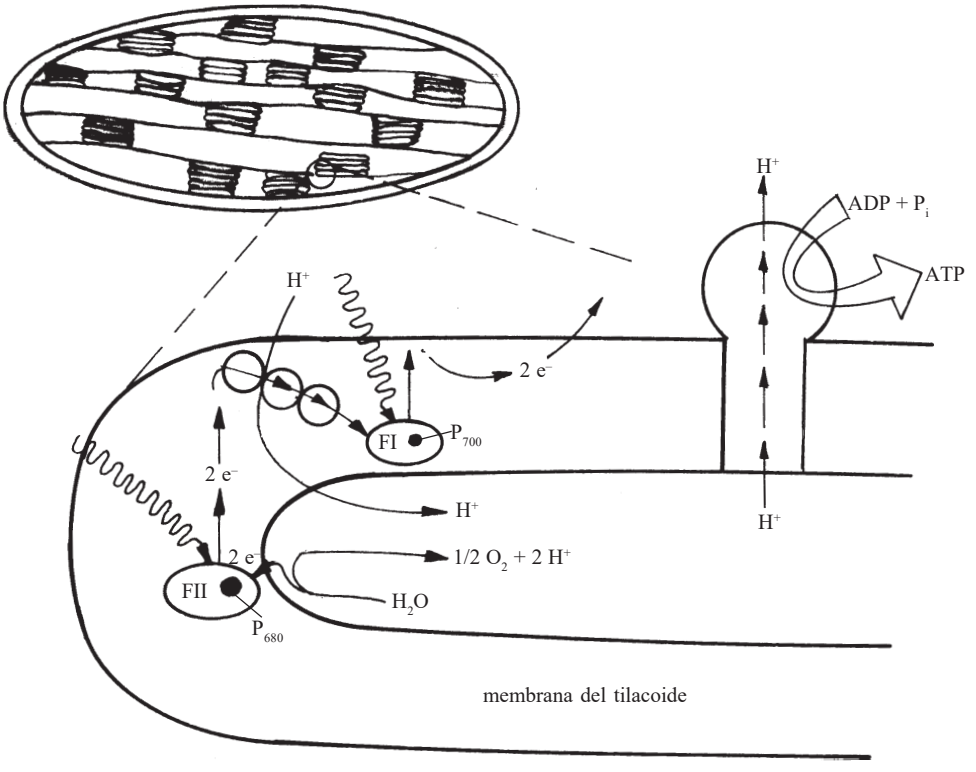


Fig. 68 Esquema en el que se representan las reacciones lumínicas de la fotosíntesis. F I: fotosistema I; F II: fotosistema II; P_{700} y P_{680}: clorofilas especiales.

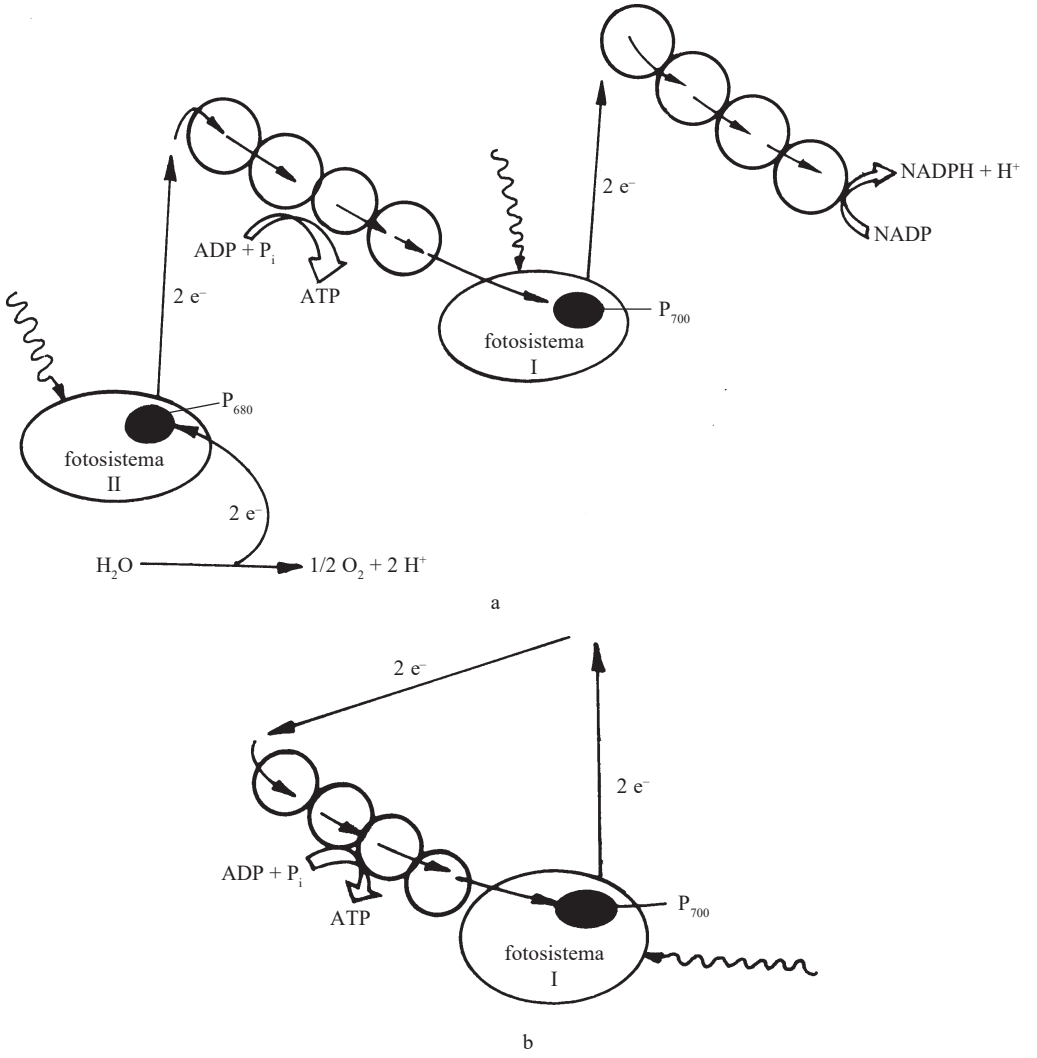


Fig. 69 Fotofosforilación: a) acíclica ; b) cíclica.

- Todas estas reacciones se llevan a cabo con la participación de enzimas.

Como podemos apreciar la fotofosforilación se refiere a la fosforilación del ADP y la consecuente síntesis de ATP, a partir de la utilización de la energía lumínica, a diferencia de la respiración aerobia en que la fosforilación del ADP es en presencia de oxígeno, por ello se denomina *fosforilación oxidativa.* Concluyendo, en las reacciones lumínicas se realizan:

- síntesis de ATP por fotofosforilación;
- síntesis de NADPH + H^+;
- fotólisis del agua con la consecuente liberación de O_2.

El ATP y el NADH + H^+ constituyen moléculas de extraordinaria importancia en la continuidad del proceso fotosintético en el estroma del cloroplasto, ya que estas proporcionan la energía y el poder reductor necesario en las relaciones de fijación del carbono.

Tarea

1. Explica por qué la fotosíntesis es de vital importancia en el proceso evolutivo y en el mantenimiento de la vida en el planeta.
2. Explica la importancia que tiene la participación de la luz solar en el proceso fotosintético.
3. Analiza la figura 68 y responde: ¿En qué consisten las reacciones lumínicas? ¿ Dónde se realizan? ¿Cuál es su importancia?
4. Compara la fotofosforilación acíclica y cíclica en cuanto a:
   - fotosistemas que participan;
   - trayectoria seguida por los electrones;
   - sustancias que se producen.

Reacciones de fijación del carbono

Estas reacciones se desarrollan en el estroma de los cloroplastos y tienen como etapa preparatoria las reacciones lumínicas, en las que, como hemos estudiado, se obtiene ATP y NADPH + H^+, que son utilizados en las reacciones de fijación del carbono.

La etapa de fijación del carbono no requiere directamente de la luz. En ausencia de luz solar estas reacciones transcurren hasta que se agotan las reservas de ATP y NADPH + H^+, producidas en la fase lumínica. Resulta conveniente aclarar también que el CO_2 penetra al interior de las hojas por los estomas y que estas estructuras se cierran en ausencia de iluminación (fig. 70).

En la figura 71 se representan las reacciones de fijación del carbono. Estas también reciben el nombre de ciclo Calvin y se caracterizan por:

- La carboxilación* de la molécula de ribulosa difosfato (de cinco átomos de carbono) por la unión del CO_2 y la acción de una enzima, formándose una molécula seis átomos de carbono.
- El compuesto de seis carbonos, que es sumamente inestable, se disocia en dos moléculas de ácido-3-fosfoglicérico, de tres átomos de carbono cada uno. En lo adelante las dos moléculas de tres carbonos siguen las mismas reacciones, por lo que sólo haremos referencia a una de estas.
- El ácido-3-fosfoglicérico, mediante una serie de reacciones catalizadas enzimáticamente, se fosforila al unirse a un grupo fosfato procedente del ATP, y se hidrogena al unirse a un H^+, procedente del NADPH + H^+; lo que tiene como resultado la formación de gliceraldehído-3-fosfato (PGAL), molécula de tres átomos de carbono.
- A partir del gliceraldehído-3-fosfato (PGAL) ocurren una serie de reacciones:

  Reposición de la ribulosa difosfato que inició el ciclo.
  Formación de glucosa, lo que puede almacenarse en forma de almidón o transportarse fuera del cloroplasto.
  Formación de otros compuestos como glicerina.

- A partir del ácido -3- fosfoglicérico se pueden sintetizar aminoácidos y ácidos grasos (fig. 71).

Debemos aclarar que puede parecer paradójico tantos compuestos a partir de dos moléculas; recordemos que son innumerables las moléculas de CO_2 que entran al cloroplasto, así como

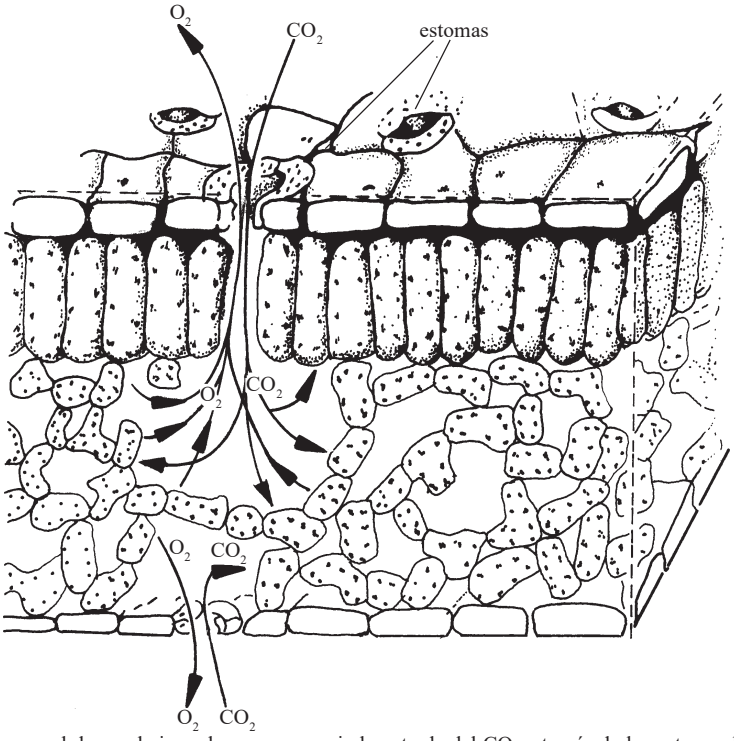


Fig. 70 Corte transversal de una hoja en la que se aprecia la entrada del CO_2 a través de los estomas hacia los tejidos fotosintéticos y la salida del O_2 por los estomas.

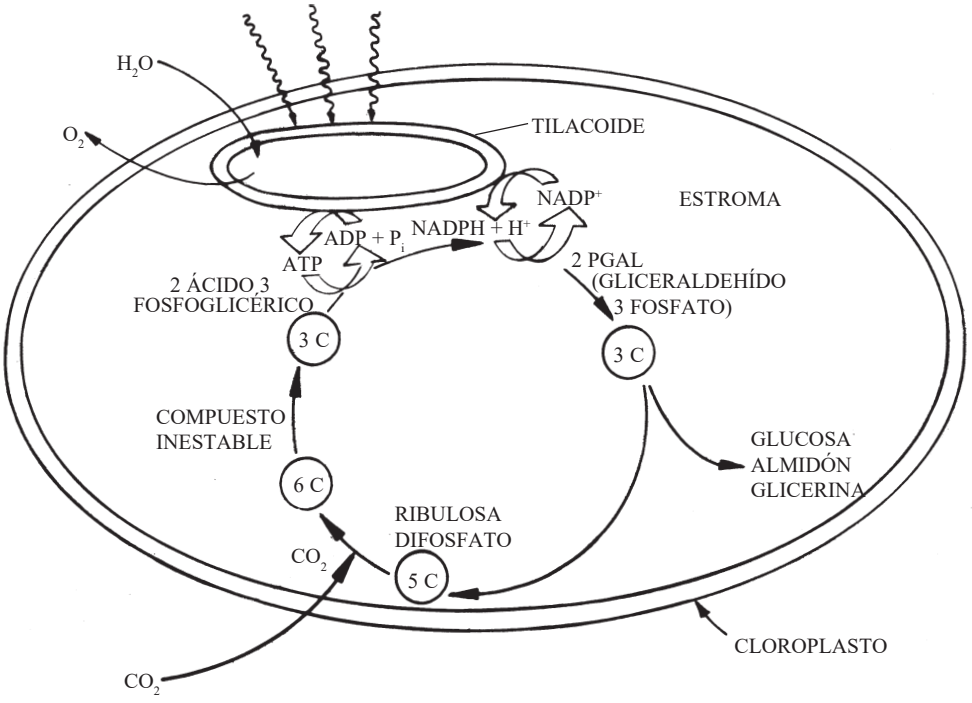


Fig. 71 Representación esquemática de las reacciones de fijación del carbono.

extraordinariamente elevado el número de cloroplastos presentes en los tejidos de una hoja. En dependencia de las necesidades de la planta se sintetizan los diferentes compuestos, supliendo las demandas que permiten el normal crecimiento y desarrollo de la planta.

SABÍAS QUE…
Se calculan que existen aproximadamente más de dos millones de especies de animales mientras que de las plantas sólo hay más de 200 000. Sin embargo, la biomasa* producida por las plantas es casi 1 000 veces superior a la producida por los animales, y que 33 · 10^9 toneladas métricas de carbono son fijadas anualmente en el proceso fotosintético.

Las vías de síntesis de diferentes compuestos orgánicos tienen una estrecha relación con la fotosíntesis. En el proceso fotosintético las plantas producen las sustancias que no pueden obtener directamente del medio y a partir de estas sintetizan otras biomoléculas, según las características particulares de cada especie. Como se muestra en la figura 72, diferentes biomoléculas, como los carbohidratos, los lípidos y las proteínas, se sintetizan a partir del PGAL producido en la fotosíntesis.

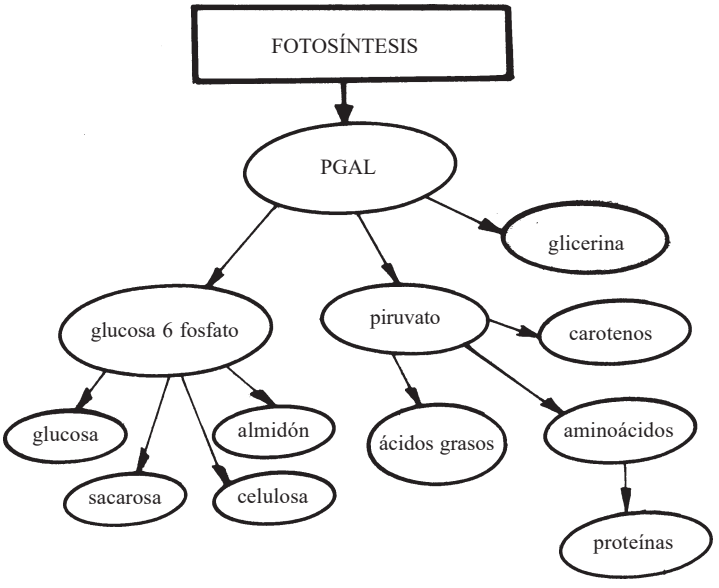


Fig. 72 Vías principales de síntesis de diferentes biomoléculas a partir de la fotosíntesis.

Tarea

1. ¿A qué llamamos reacciones de fijación del carbono?
2. ¿Cuáles son las características de las reacciones de fijación del carbono?

3. Esquematiza y explica la relación estructural y funcional del cloroplasto, señalando las diferentes reacciones del proceso fotosintético.
4. Justifique por qué no se deben mantener plantas en las habitaciones dedicadas a dormir.
5. ¿Que importancia tienen los procesos de síntesis celular? Establece su relación con el proceso de fotosíntesis.

Factores que influyen en la fotosíntesis

Los organismos fotosintetizadores se encuentran expuestos a diferentes condiciones ambientales, que pueden conllevar a que el rendimiento fotosintético sea mayor o menor. Entre estos factores se encuentran: la concentración de CO_2 y de O_2, el suministro de agua, la temperatura y la iluminación. A continuación analizaremos la influencia de algunos.

El CO_2 constituye la fuente de carbono. Si la iluminación es elevada y el CO_2 se limita a una concentración determinada, el rendimiento fotosintético se reduce producto de las escasez de CO_2 y, por el contrario, con una elevada iluminación y sin limitación de CO_2, la eficiencia fotosintética es mayor.

SABÍAS QUE…
El CO_2 se considera "gas de invernadero" porque absorbe radiaciones infrarrojas. Se prevé que un incremento de la concentración atmosférica del CO_2 provocará un calentamiento del planeta en un par de grados en el año 2050. El incremento del CO_2 atmosférico puede favorecer el proceso fotosintético, pero los ecosistemas del planeta serían amenazados por alteraciones graves del clima, constituyendo un problema en el medio ambiente a nivel mundial.

Cuando hay poco suministro de agua en el suelo y el vapor de agua en el aire es bajo, disminuye el rendimiento fotosintético. La falta de agua provoca el cierre de los estomas con lo que las plantas evitan la desecación, pero esto trae como consecuencia, que no entre el CO_2, con la consecuente afectación al proceso fotosintético. Por otra parte, un suministro insuficiente de agua impide el desarrollo de las reacciones de fotosíntesis y otros procesos metabólicos en los que esta molécula interviene.

En dependencia de las especies, a mayor cantidad de iluminación, mayor fotosíntesis, lo que además, depende de la intensidad de la iluminación.

Los diferentes factores ambientales no actúan de forma independiente, sino que interactúan. El hombre conocedor de estos elementos y de las necesidades de las diferentes especies, los cultiva en diferentes zonas y períodos del año. La interacción de estos factores deben tenerse en cuenta en la planificación de los distintos cultivos agrícolas; por ejemplo, las hortalizas deben sembrarse en zonas con posibilidades de riego constante y en épocas del año en las que se obtenga un rendimiento óptimo.

Por otra parte, los fisiólogos, ecólogos y genetistas de las plantas, investigan la manera en que los factores ambientales y las variedades de plantas pueden ser modificados, con el fin de incrementar los rendimientos de los cultivos agrícolas.

Mundialmente se realizan trabajos en la producción de trigo, arroz, cebada y maíz, fuentes importantes de producción de carbohidratos para la alimentación humana. En Cuba se realizan importantes esfuerzos, por ejemplo, en el cultivo del arroz, la caña de azúcar y en la producción de viandas y hortalizas.

SABÍAS QUE…
Al establecer las distancias de siembra de los diferentes cultivos debe tenerse en cuenta, las características botánicas de las especies, para así evitar que compitan por los diferentes factores que inciden en la eficiencia de la fotosíntesis. A partir de esto, los frutales, generalmente se siembran de 2 a 3 m de distancia, mientras que las hortalizas se cultivan entre 10 y 15 cm de distancia.

Tarea

1. Explica cómo influyen la concentración de CO_2, el suministro de agua, la temperatura y la iluminación en el proceso de fotosíntesis.
2. Diseña un experimento para realizar en el área experimental de la escuela, donde se demuestre la influencia de los factores agua y luz solar en un cultivo.

Quimiosíntesis

Algunas bacterias presentan como vía de síntesis celular, la **quimiosíntesis.** *En este proceso se sintetizan compuestos orgánicos a partir de compuestos inorgánicos mediante la participación de enzimas, utilizando la energía química contenida en diferentes compuestos inorgánicos.*

Las reacciones de la quimiosíntesis se resumen en la fórmula siguiente:

$$\text{Compuestos inorgánicos} + O_2 \xrightarrow{\text{enzimas}} \text{producto} + \text{energía química}$$

$$CO_2 + H_2O + \text{energía} \longrightarrow \underset{\text{compuesto orgánico}}{(CH_2O)} + O_2$$

En general, en este proceso se pueden distinguir dos etapas:

- Una primera, en la que se obtiene energía a partir de la oxidación de un compuesto inorgánico.
- La segunda, en que se sintetiza el compuesto orgánico a partir de compuestos inorgánicos, como el CO_2, NO_3^- (nitratos) y SO_4^{2-} (sulfatos).

Entre las bacterias quimiosintetizadoras se encuentran las bacterias incoloras del azufre, del hierro, del hidrógeno y las nitrificantes. Estas últimas forman sales nitrogenadas que son de extraordinaria importancia en la nutrición de las plantas y que se incorporan disueltas en el agua contenida en el suelo a través de las raíces.

Las nitrosomonas, transforman el amoniaco en nitrito, reacción en la que se libera energía química, utilizada en la síntesis de compuestos orgánicos, según la fórmula siguiente:

$$2\,NH_3 + 3\,O_2 \longrightarrow 2\,NO_2^- + 2\,H^+ + 2\,H_2O + \text{energía química}$$

SABÍAS QUE…
La mayor parte de las plantas no pueden utilizar los nitritos como fuente de nitrógeno, ya que son tóxicos. Las sales de nitrógeno más útiles para fines agrícolas son las de nitrato. Su presencia depende de las bacterias del género *Nitrobacter* que oxidan los nitritos a nitratos mediante la quimiosíntesis.

Tarea

1. Analiza la reacción general de la quimiosíntesis:

   a) ¿Cuáles compuestos químicos son necesarios en la realización de este proceso?
   b) Establece la relación entre los compuestos iniciales y finales.
   c) Explica por qué la quimiosíntesis es un ejemplo de síntesis celular.

2. Investiga la importancia de la quimiosíntesis.

Síntesis de otros componentes en la célula. Orgánulos que intervienen

Hemos estudiado que en los procesos de síntesis o reacciones anabólicas, a partir de moléculas simples, se producen moléculas más complejas que se almacenan en la célula, o que permiten el recambio de sustancias y el mantenimiento y formación de las estructuras celulares.

En el capítulo 1, estudiamos que existen biomoléculas complejas, como los carbohidratos, las proteínas, los lípidos y los ácidos nucleicos, que forman parte de las estructuras celulares. Recordemos que estas moléculas son polímeros que se sintetizan a partir de sustancias precursoras de menor peso molecular, como son los monosacáridos, los aminoácidos, los ácidos grasos y la glicerina, así como los nucleótidos (cuadro 8).

Cuadro 8
Relación entre las biomoléculas y sus precursores

Moléculas precursoras	*Biomoléculas*
Monosacáridos.	Carbohidratos.
Ácidos grasos y glicerina.	Lípidos.
Aminoácidos.	Proteínas.
Nucleótidos.	Ácidos nucleicos.

Estos precursores de los procesos de síntesis pueden ser sustancias tomadas del exterior de las células, o metabolitos que participan o son resultados de algunas de las vías metabólicas ya estudiadas.

Las células autótrofas fotosintetizadoras incorporan compuestos inorgánicos del medio ambiente y sintetizan compuestos orgánicos, como la glucosa. A partir de esta, se sintetizan, carbohidratos más complejos, como el almidón, que constituye el principal polisacárido que se almacena en las células vegetales. Otro polisacárido sintetizado a partir de la glucosa es la celulosa, que es el principal constituyente de las paredes celulares de las plantas.

Las células heterótrofas generalmente obtienen del medio las moléculas precursoras de las reacciones de síntesis mediante los procesos de nutrición. A partir de la glucosa, que es transportada a través de las membranas celulares, se sintetiza glucógeno, que es almacenado fundamentalmente en las células hepáticas y musculares.

La *síntesis de lípidos* es de gran importancia en el recambio celular, por su papel como moléculas constituyentes de las membranas celulares. Además, la glucosa en exceso se transforma en ácidos grasos y a partir de estos se sintetizan moléculas de lípidos que puede almacenarse en los tejidos adiposos, en el caso de los animales, y en las semillas, en el caso de las plantas. Esto es posible ya que el acetil-CoA es un metabolito producido durante la oxidación de la molécula de glucosa y constituye un precursor en la síntesis de ácidos grasos y de colesterol (ver figura 71).

SABÍAS QUE…
El colesterol es un componente importante de las membranas celulares y un precursor para la síntesis de sales biliares en el hígado y de hormonas esteroideas (progesterona, testosterona, corticosterona) en algunas glándulas endocrinas. No obstante, cuando ingerimos exceso de grasa aumenta el nivel de colesterol en sangre y se deposita en el sistema vascular, provocando la aterosclerosis.

La *síntesis de proteínas* se realiza a partir de 20 tipos de aminoácidos diferentes. Las plantas superiores pueden sintetizar todos los aminoácidos requeridos para las síntesis de proteínas; sin embargo, los animales solo pueden sintetizar algunos de estos a partir de otros metabolitos y deben incorporar, mediante la nutrición, un grupo de aminoácidos esenciales.

En los organismos con estructura celular procariota, encontramos desde aquellos, como la *Escherichia coli,* que pueden sintetizar todos los aminoácidos, hasta los que sólo pueden sobrevivir en ambientes con todos los aminoácidos esenciales.

La importancia de la síntesis de proteína está determinada por las múltiples funciones que estas realizan en las células. Recordemos que actúan como componentes estructurales, como transportadores, como hormonas, como receptores de membrana, como anticuerpos, entre otras. Su función enzimática es fundamental como catalizadores de las reacciones anabólicas y catabólicas, e intervienen en la regulación del metabolismo celular.

En las células eucariotas, donde existe un sistema de endomembranas y orgánulos membranosos, las proteínas en general, y las enzimas, en particular, están distribuidas en los diferentes compartimientos celulares de acuerdo con su función en los procesos metabólicos en que intervienen, como hemos podido estudiar en los procesos del metabolismo degradativo y del metabolismo de síntesis.

SABÍAS QUE…
Se han identificado más de 2 000 enzimas y todas poseen una estructura diferente, en otras palabras existen más de 2 000 formas proteicas que pueden catalizar reacciones metabólicas específicas.

Como ya hemos estudiado, la síntesis de proteína ocurre en el citoplasma, con la participación de los ribosomas que pueden estar situados libres en el citoplasma o adosados a las membranas del retículo endoplasmático rugoso, o libres en el interior de las mitocondrias.

En el retículo endoplamático rugoso se sintetizan, tanto las proteínas que forman parte de la estructura de las membranas celulares, como enzimas y otras proteínas que se "exportan" mediante vesículas o que pueden ser transportadas por ellos hasta el retículo endoplasmático liso o al complejo de Golgi, donde son transformadas. Recordemos la continuidad funcional existente entre las estructuras celulares.

Muchas de las proteínas que se sintetizan en el retículo endoplasmático rugoso pasan a los sacos aplanados del complejo de Golgi, en los que se condensan y se unen a otros compuestos, y pueden salir al exterior mediante gránulos de secreción o mantenerse formando otras estructuras celulares, como las membranas y los lisosomas.

La síntesis de proteínas es un proceso complejo en el que intervienen los ácidos nucleicos y que será estudiado cuando estudiemos la herencia ya que, como hemos planteado, las proteínas son las biomoléculas mediante las cuales se expresa la información genética contenida en los ácidos nucleicos.

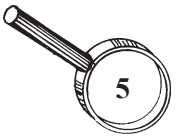
Los ácidos nucleicos se sintetizan por polimerización de nucleótidos en el núcleo o región nuclear de las células, ya sea esta eucariota o procariota, respectivamente. Por la importancia que tiene la síntesis de ADN y ARN en la trasmisión y expresión de la información genética serán estudiados al analizar el fenómeno de la herencia.

SABÍAS QUE…

La secuencia de aminoácidos de las proteínas y por tanto su estructura y función, depende de la secuencia de bases nitrogenadas de los ácidos nucleicos. Esta relación es de gran importancia en la comprensión de los mecanismos hereditarios y para el desarrollo de la biología moderna.

Tarea

1. Resume en un cuadro los principales procesos de síntesis celular en relación con las estructuras celulares donde ocurren.
2. Ejemplifica la importancia de los procesos de síntesis celular.
3. Explica mediante un ejemplo cómo se relacionan entre sí las estructuras celulares en la síntesis de compuestos.
4. Valora el planteamiento siguiente: "En los procesos de síntesis celular se manifiesta el dinamismo celular".
5. Resume los procesos y reacciones del metabolismo celular, haciendo referencia a las estructuras celulares en que ocurren, los compuestos iniciales y finales, y a su importancia.
6. Explica la importancia del metabolismo celular.



Separación de pigmentos por cromatografía

Materiales:

Extracto de pigmentos, beaker, tijera, probeta, papel de filtro, lápices de colores, alambre o presilla de metal y tabla.

Técnica operatoria:

¿La coloración de las plantas se debe a la presencia en estas de un solo pigmento? Esta problemática puede tener solución en esta actividad práctica, utilizando la cromatografía, técnica aplicable en numerosas investigaciones que el hombre realiza.

La cromatografía consiste en la separación e identificación de las sustancias de una mezcla, al ser absorbidas a velocidades diferentes por un medio apropiado. En este caso específico, se utiliza una tira de papel de filtro para el estudio de un extracto de pigmentos, tal como indica la figura 73.

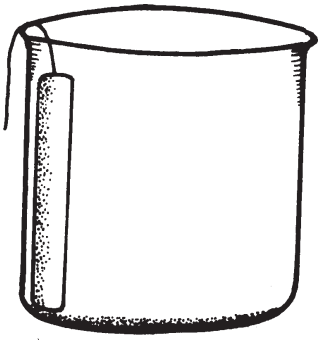
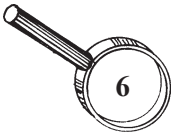


Fig. 73 Forma de colocar el papel de filtro en la cromatografía.

1. Deposita 5 o 10 mL del extracto de pigmentos en un beaker.
2. Ubica en el beaker, en posición vertical y sumergida ligeramente en el liquido, una tira de papel de filtro, sostenida por un alambre o presilla (fig. 73).
3. Espera 4 o 5 min. Pasado este tiempo retira la tira de papel y colócala sobre una superficie seca, que puede ser una tabla, hasta que se seque ligeramente el papel de filtro.
4. Observa las zonas de diferentes colores que aparecen en la tira de papel, teniendo en cuenta lo planteado al inicio de esta actividad práctica. ¿Qué respuesta se puede dar a esa problemática?
5. Dibuja lo observado en la tira de papel e identifica, con la ayuda del profesor, a qué pigmento corresponde cada zona coloreada.

Conclusiones:

1. ¿Qué importancia poseen los pigmentos observados, en la vida de las plantas y de todo el planeta?
2. ¿Será igual a todas las plantas, la proporción de los pigmentos observados en esta actividad? Plantea una explicación a esta interrogante y cómo podrías comprobarla experimentalmente. Valóralo con el profesor.



Observación de cloroplástos

Materiales:

Hojas de lengua de vaca o adelfa, portaobjetos, cubreobjetos, gotero, bisturí o cuchilla, pinzas, aguja enmangada, papel de filtro, lápices de colores, microscopio óptico.

Técnica operatoria:

Antes de comenzar esta actividad, es necesario que leas nuevamente los requisitos planteados en la actividad práctica "Observación de fenómenos osmóticos" (capítulo 3), para obtener mediante un corte, una muestra delgada del material biológico. Aunque en este caso se realizará un corte transversal en una hoja de planta, en la posición que indica la figura 74.

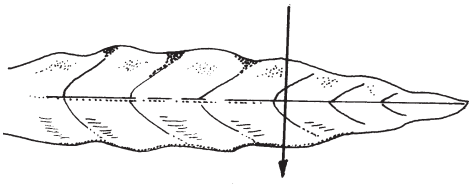


Fig. 74 Representación de cómo cortar transversalmente una hoja.

¿Qué elementos comunes y diferentes se deben tener en cuenta, para efectuar este tipo de corte con respecto al realizado en la actividad práctica anteriormente mencionada? Valóralo con el resto de tus compañeros.

1. Coloca en el portaobjetos una gota de agua.
2. Realiza un corte transversal en una de las hojas y traslada la muestra al portaobjetos, con el auxilio de las pinzas o la aguja enmangada, en la forma que ya conoces.
3. Extiende la muestra sobre la gota de agua.
4. Sitúa el cubreobjetos y elimina las burbujas de aire. Seca la preparación.
5. Observa con el microscopio, fundamentalmente con menores aumentos. Regula la luz mediante el diafragma.
6. Dirige tu atención al citoplasma de una célula, en la que se distingan los cloroplastos. ¿Qué características tienen?
7. Dibuja lo observado.

Conclusiones:

1. Establece la relación que existe entre el color observado en los cloroplastos y la función que tienen en las plantas.
2. Al observarlos con el microscopio, ¿qué aspecto tendrán las células de una planta que germinó bajo una roca? Argumenta tu respuesta. Propón un experimento que te permita apoyar el argumento anterior.
3. Esta actividad práctica permite corroborar la teoría celular. Fundamenta este planteamiento.

CONCLUSIONES

Unidad e integridad celular. El dinamismo celular

Al contemplar la naturaleza, y en especial, a los seres vivos que la habitan, nos sorprende la gran diversidad que se nos ofrece a los ojos. Sin embargo, en la diversidad también encontramos gran unidad.

El estudio de la materia viva, de acuerdo con los niveles de organización alcanzados a lo largo del proceso evolutivo, nos permite conocer cómo se manifiestan en todos la unidad e integridad biológica, a partir del estudio de las relaciones y los nexos que existen entre cada uno de los objetos y fenómenos de la naturaleza.

Al analizar las bases moleculares de la vida, pudimos familiarizarnos con las características estructurales que le permiten a cada una de las biomoléculas interactuar entre sí y realizar sus funciones como componentes de la materia viva.

Durante este curso hemos estudiado el primer nivel biótico: la **célula,** lo que nos ha permitido profundizar en la integridad estructural y funcional de los seres vivos y comprender que el *metabolismo, la reproducción, y el intercambio continuo y regulado de sustancias, energía e información con el medio ambiente son las propiedades que le confieren unidad a la materia viva.*

Las observaciones de fotografías y esquemas de células vistas al microscopio óptico o al electrónico puede darnos la falsa impresión de que las células son estáticas. Sin embargo, *entre todas las estructuras celulares existe una estrecha relación, los componentes celulares están en constante recambio, es decir, sus partes son reemplazadas constantemente, están en movimiento continuo y cambian sin cesar, lo que caracteriza al* **dinamismo celular.**

Al estudiar las estructuras y funciones celulares se hace evidente que existe una estrecha interrelación entre todas sus partes. El núcleo o el nucleoide regula todo el funcionamiento celular. Esto se debe a que contiene la información genética que determina la síntesis, en el citoplasma (con la participación de los ribosomas), de todas las proteínas estructurales y de aquellas que intervienen en la regulación enzimática de cada uno de los procesos metabólicos que permiten el funcionamiento celular.

En cada uno de los orgánulos y compartimientos celulares, en la célula eucariota, están presentes las enzimas y otras moléculas que participan en las reacciones metabólicas que permiten su función. Estas reacciones de síntesis o de degradación requieren el intercambio constante de sustancias con el medio ambiente, mediante los procesos de transporte a través de la membrana citoplasmática.

En una célula entran continuamente sustancias nuevas, salen sin cesar sustancias de desecho y productos elaborados, y las sustancias del interior se transforman constantemente mediante el metabolismo celular. Al mismo tiempo, en algunas estructuras celulares, como el citoplasma y las mitocondrias, ocurren los procesos metabólicos que producen la energía necesaria en las restantes reacciones y actividades celulares. Como se observa en la figura 75, entre las vías

anabólicas o de síntesis, y las vías catabólicas o de degradación, existe una estrecha relación en la que los productos de unas, pueden ser precursoras de otras.

En las células eucariotas, el dinamismo celular también se manifiesta en los intercambios que ocurren entre el sistema de endomembranas, los orgánulos y la membrana citoplasmática. Las membranas del retículo endoplasmático rugoso se transfieren en forma de vesículas al retículo endoplasmático liso y al complejo de Golgi, a partir del cual se forman los lisosomas. De esta forma, las membranas se desplazan de una región a otra de la célula y la membrana citoplasmática se reemplaza constantemente.

También en el ciclo celular se pone de manifiesto la actividad dinámica de la célula, no solo en el movimiento de los cromosomas y en el ensamblaje y desensamblaje de los microtúbulos

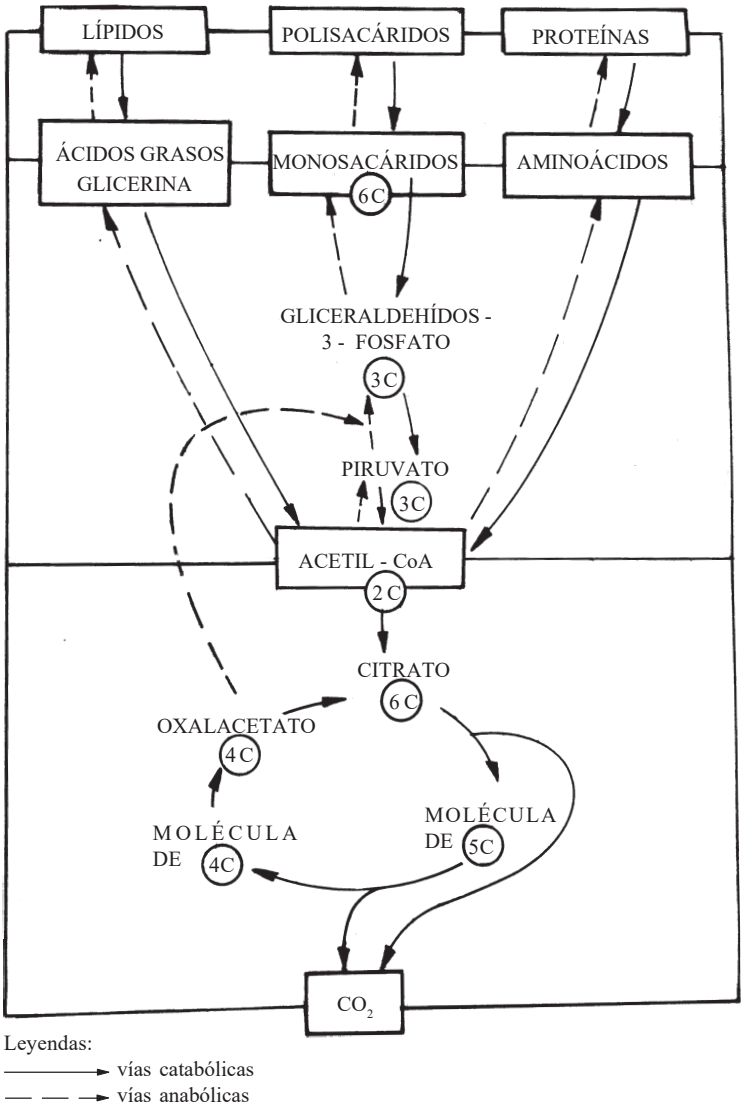


Fig. 75 Relación entre las vías metabólicas.

durante la formación del huso mitótico o meiótico, según sea el tipo de división celular, sino también durante la interfase, en la que se intensifican los procesos de síntesis de biomoléculas.

Estos y muchos ejemplos más nos demuestran la unidad e integridad que caracterizan al nivel celular; sin embargo, al comparar los patrones celulares procariota y eucariota, pudimos comprobar que en este nivel de organización de la materia, también existe una gran diversidad. El estudio de las células eucariotas animal y vegetal, sienta las bases para la comprensión, en cursos posteriores, de los procesos evolutivos que tuvieron como resultado el origen del nivel organismo y de la diversidad celular que se desarrolló en los organismos pluricelulares, cuyas células se especializaron gradualmente y formaron tejidos, órganos y sistemas de órganos.

Tarea

1. ¿ Cuáles son las características que le confieren unidad a la materia viva y que se manifiestan en el nivel celular?
2. Ejemplifica el dinamismo celular, atendiendo a los aspectos siguientes:
   - interacción entre los componentes celulares;
   - constante recambio;
   - movimiento continuo y transformaciones;
3. Valora el planteamiento siguiente: “El dinamismo celular demuestra la unidad e integridad biológicas del nivel celular”.

VOCABULARIO

ADAPTACIÓN: Correspondencia que se establece entre las estructuras y las funciones de los organismos, y las condiciones del medio ambiente, como resultado de la evolución.

ANIÓN: Átomo u otra unidad elemental cargada negativamente.

ANTICUERPO: Sustancia proteica defensiva producida por el organismo que destruye o neutraliza la acción perjudicial de las sustancias y agentes tóxicos.

ÁTOMO: Menor partícula no elemental que puede intervenir en una reacción química.

BIOLOGÍA MOLECULAR: Ciencia biológica relativamente joven que tiene como objeto el estudio de los fenómenos y procesos biológicos a nivel molecular.

BIOMASA: Masa total de todos los organismos y/o sus productos de una unidad de área o volumen determinado.

BIOTECNOLOGÍA: Técnicas en las que se utilizan organismos para fabricar o modificar productos alimenticios, medicamentos u otros con fines prácticos.

BIPARTICIÓN: Tipo de reproducción asexual que se caracteriza por la división de un individuo adulto, obteniéndose dos organismos que tienen igual información genética.

CARBOXILACIÓN: Adición de átomos de carbono.

CATIÓN: Átomo u otra unidad elemental cargada positivamente.

CITOCROMO: Tipo de proteína que participa en la transferencia de electrones en la cadena respiratoria acoplada a la fosforilación oxidativa.

COENZIMAS: Moléculas orgánicas complejas que se unen a algunas enzimas y determinan así su actividad.

COLESTEROL: Lípido esteroide más abundante en los tejidos animales, se puede encontrar en forma libre o combinada.

COMPLEJO ENZIMÁTICO: Conjunto de enzimas que actúan en una vía metabólica.

DESCARBOXILACIÓN: Pérdida de átomos de carbono asociada generalmente a la formación de moléculas de CO_2.

DIPLOIDE: Célula u organismo que posee dos series o juegos de cromosomas.

ECOSISTEMA: Unidad ecológica en la que las poblaciones de organismos de diferentes especies interactúan entre sí y con los factores abióticos del medio ambiente.

ELECTRONEGATIVIDAD: Poder de atracción de un átomo sobre los electrones compartidos en un enlace covalente.

ENLACE PEPTÍDICO: Enlace característico de las proteínas que mantiene unido a un aminoácido con otro.

ENTRECRUZAMIENTO GENÉTICO: Proceso que ocurre cuando los pares de cromosomas homólogos se aparean antes de separarse durante la primera división meiótica e intercambian material genético.

ENZIMA: Tipo de proteína que cataliza las reacciones químicas que ocurren en los sistemas vivientes.

ESPECIE: Conjunto de individuos con características semejantes en cuanto a su estructura, funciones y hábitat, que pueden cruzarse entre sí y dejar descendencia fértil.

FOSFORILACIÓN: Incorporación de fósforo que, en el caso de la síntesis de ATP, ocurre por la adición de fósforo inorgánico a una molécula de ADP por ultracentrifugación.

FRACCIONAMIENTO CELULAR: Técnica que permite estudiar las funciones de las diferentes partes de la célula a partir de la ruptura y separación de sus componentes estructurales.

GEN: Segmento de molécula de ADN que contiene una información genética determinada en la secuencia de bases nitrogenadas de sus nucleótidos.

GRUPO FUNCIONAL: Grupo de entidades elementales que caracteriza la función química fundamental de un compuesto orgánico.

HAPLOIDE: Célula u organismo que presenta una sola serie o juego de cromosomas.

HIDRÓLISIS: Reacción inversa a la polimerización que implica la ruptura de los enlaces de un polímero y la introducción de moléculas de agua, dando como resultado moléculas más sencillas.

HORMONA: Sustancia de naturaleza química compleja y variada que ejerce su acción a determinadas concentraciones sobre células, tejidos u órganos.

INGENIERÍA GENÉTICA: Práctica o tecnología que consiste en insertar genes de una célula a otra.

ION: Especie química simple o compleja con carga positiva o negativa debido a la pérdida o ganancia de electrones.

MASA ATÓMICA: Masa media y relativa de sus isótopos.

MASA MOLAR: Masa de un mole de una especie química.

MEDIO INTERNO: Medio en que están inmersas las células, constituido por la sustancia intercelular y demás fluidos que las rodea, con el cual mantiene un constante intercambio.

MEIOSIS: Tipo de división celular que consta de dos divisiones consecutivas, tiene como resultado la formación de cuatro células hijas, las cuales tienen la mitad del número de cromosomas que la célula progenitora.

MICROTÚBULOS: Estructuras celulares que constituyen pequeños cilindros de diámetro y longitud variable, además, participan en los movimientos de los cromosomas durante la división celular, en el movimiento de pigmentos, en algunos animales, entre otras funciones.

MIOFIBRILLAS: Estructuras fibrilares constituidas por miofilamentos dispuestos paralelamente en el tejido muscular.

MITOSIS: Tipo de división celular que tiene como resultado la formación de dos células hijas con el mismo número de cromosomas que la célula progenitora.

MOLÉCULA: Agregados de átomos enlazados con fuerza suficiente como para poder considerar el conjunto una unidad.

ONCOVIRUS: Virus que pueden causar cáncer.

POLIMERIZACIÓN: Proceso químico de combinación intermolecular que progresa y tiene como resultado compuestos de elevada masa molar. Puede ser por adición o por condensación.

POLÍMERO: Macromolécula formada por la unión repetida de moléculas más pequeñas.

REACCIÓN REDOX O DE ÓXIDO-REDUCCIÓN: Reacción en la se produce transferencia de electrones de una sustancia que cede electrones (y se oxida) a otra que acepta electrones (y se reduce).

REPRODUCCIÓN VEGETATIVA: Desarrollo de nuevos individuos a partir de una parte del cuerpo de los progenitores.

Colección
Preuniversitario

Este libro constituye la primera parte del texto *Biología 4,* correspondiente al décimo grado, con el cual se inicia el estudio de la Biología en el nivel preuniversitario. Consta de introducción, cuatro capítulos y las conclusiones.

En el capítulo 1, se estudian los componentes químicos de la materia viva y se profundiza en las características de los niveles de organización alcanzados a lo largo del proceso evolutivo.

El segundo capítulo incluye el estudio de las características generales de los virus, su ciclo de multiplicación y sus relaciones con los organismos.

Los capítulos 3 y 4 tratan sobre el estudio de las células, sus características fundamentales en cada una de las estructuras celulares, a partir del estudio comparativo entre las células procariotas y las eucariotas; también, los procesos metabólicos degradativos y de síntesis que ocurren a nivel celular.

En los diferentes temas se incluyen tareas y al finalizar aparecen las prácticas de laboratorio; en ambos casos, las actividades se identifican mediante viñetas.

La obra se complementa con un vocabulario sobre términos químicos y biológicos que favorecerán la comprensión de los diferentes temas que se tratan.

Editorial
Pueblo y Educación

ISBN 959-13-0753-5

TÉCNICAS CITOQUÍMICAS: Técnicas que consisten en suministrar a las células sustancias específicas que reaccionan con sus componentes y forman precipitados que, por su color y densidad, pueden observarse mediante el microscopio óptico o electrónico.

TETRAVALENCIA: Cuando la posibilidad de combinarse de un átomo es de cuatro.

TRANSGÉNESIS: Transferencia de genes pertenecientes a un organismo de una especie a otro de otra especie.

SOMÁTICA: Referente al cuerpo.

VALENCIA: Capacidad de un átomo de combinarse con otros átomos.