

# BIOLOGÍA 4

décimo grado

# BIOLOGÍA 4

## décimo grado

Dr. C. Luis Roberto Jardinot Mustelier  
Dr. C. Raquel Rodríguez Artau  
Dr. C. Yolexis Roberta Cardona Soberao  
M. Sc. Yordany García Soberón  
M. Sc. Leonardo Díaz Graverán  
M. Sc. Yelena Beltrán Zamora  
M. Sc. Hugo Hechavarría Durruthy  
M. Sc. Maydelín Valdés Sánchez  
Lic. Dionisio Díaz Fis



EDITORIAL  
PUEBLO Y EDUCACIÓN

**Edición:**

- Mavis Valdés Pompa

**Diseño de cubierta:**

- Instituto Superior de Diseño • Daniela Alpízar Céspedes • Laura Rosa Almero Fong

**Diseño interior e ilustración:**

- Instituto Superior de Diseño

**Instituto Superior de Diseño:**

Anelís Simón Sosa • María Paula Lista Jorge • Amanda Serrano Hernández • Ana Laura Seco Abreu • Arianna Ruenes Torres • Celia Carolina Céspedes Pupo • Elizabeth Diana Fajardo Céspedes • Laura Rosa Almero Fong • Elizabeth Blanco Galbán • Daniela Arteaga Martínez • Daniela Alpízar Céspedes • Camila Noa Clavero • Daniel Fabelos Rodríguez • M. Sc. Maité Fundora Iglesias • Dr. C. Ernesto Fernández Sánchez • D.I. Eric Cuesta Machado • D.I. Julio Montesino Carmona

**Corrección:**

- Lic. Isabela de la Caridad Pérez Sauri

**Emplane:**

- Elizabeth Diana Fajardo Céspedes

© Luis Roberto Jardinot Mustelier y coautores, Cuba, 2023

© Editorial Pueblo y Educación, 2023

ISBN 978-959-13-4198-3 (Versión impresa)

ISBN 978-959-13-4358-1 (Versión digital)

EDITORIAL PUEBLO Y EDUCACIÓN

Ave. 3.ª A No. 4601 entre 46 y 60,

Playa, La Habana, Cuba. CP 11300.

epe@enet.cu

# Palabras a los estudiantes de la Educación Media Superior

**E**ste libro es el resultado del trabajo conjunto de los autores, en colaboración con otros colegas de la Subcomisión de Biología, de la Comisión Nacional de Planes y Programas del Instituto Central de Ciencias Pedagógicas. Se ha basado en la concepción de la disciplina elaborada por la Subcomisión y en el valioso trabajo realizado por los autores del libro de texto de décimo grado durante la etapa de perfeccionamiento anterior.

Queremos agradecer la colaboración de muchos docentes, metodólogos e investigadores del MINED, ICCP, CINESOFT; de la Universidad de Oriente, Universidad Central Martha Abreu, Universidad de La Habana, Universidad de Camagüey; del Departamento Provincial de Educación (DPE) de Santiago de Cuba, La Habana, Granma, Villa Clara, así como de los centros de investigación y numerosos institutos preuniversitarios a lo largo del país, especialmente las escuelas militares Camilo Cienfuegos y el IPVCE Ernesto Che Guevara, que han aportado sus valoraciones para la elaboración de esta obra.



# ÍNDICE

**Prólogo.....IX**

**1 Introducción a la biología como ciencia y sus impactos.....1**

**1.1** La biología es la ciencia natural que estudia los sistemas vivos.....2

**1.2** La investigación científica y sus innovaciones permiten la solución de los problemas de la naturaleza y la sociedad.....15

**1.3** El desarrollo de la investigación biológica y sus aplicaciones biotecnológicas se deben realizar sobre bases bioéticas.....34

**1.4** El estudio de los sistemas vivos tiene una gran significación en la formación de los educandos de la Educación Media Superior.....43

**2 Características esenciales de los sistemas vivos.....51**

**2.1** Los sistemas vivos presentan características esenciales que evidencian la unidad y diversidad del mundo vivo.....52

**2.2** Los sistemas vivos son muy complejos, y para su estudio se organizan en niveles de complejidad creciente.....54

**2.3** La integridad biótica es la manifestación de las relaciones estructura-propiedades-funciones y el funcionamiento dinámico en interacción con el medio ambiente.....58

**2.4** La autorregulación del funcionamiento de los sistemas vivos en interacción con el medio ambiente, posibilita el mantenimiento de la vida.....64

**2.5** La autopropagación de los organismos vivos se debe a su reproducción y desarrollo, en interacción con el medio ambiente.....67

<b>2.6</b> Los organismos evolucionan a través del tiempo, y originan una extraordinaria biodiversidad adaptada a disímiles condiciones ambientales.....	70
--	----

### **3** La complejidad molecular y el origen de los sistemas vivientes.....82

<b>3.1</b> Los sistemas vivientes están constituidos por sustancias inorgánicas y orgánicas, de cuyas propiedades depende la vida.....	83
<b>3.2</b> La integridad biótica y la salud de los organismos dependen de su compleja composición y estructura química.....	87
<b>3.3</b> La vida se originó como resultado de la evolución química en la Tierra primitiva hace más de tres millones de años.....	112
<b>3.4</b> Los virus parasitan ciertas células, afectando la integridad biótica de los organismos.....	130

### **4** La célula como unidad estructural y funcional de los organismos vivos.....146

<b>4.1</b> La teoría celular es una importante generalización de la biología que fundamenta la unidad y la diversidad de la vida.....	147
<b>4.2</b> Las células procariotas muestran menor complejidad, y su diversidad es indispensable en la adaptación a la vida en nuestro planeta.....	157
<b>4.3</b> Las células eucariotas muestran una mayor complejidad en su ultraestructura, propiedades y funciones.....	175
<b>4.4</b> La célula funciona como un sistema íntegro y dinámico.....	210
<b>4.5</b> A partir de las células primitivas, ocurrió una gran diversificación celular.....	219
<b>4.6</b> La complejidad de los organismos pluricelulares es resultado de la evolución a partir de los unicelulares.....	227

### **5** Las relaciones de los organismos en el medio ambiente.....247

<b>5.1</b> La investigación ecológica tiene en cuenta las interacciones entre los factores y componentes del medio ambiente en los diferentes niveles.....	248
<b>5.2</b> Los organismos reciben la influencia de factores abióticos del medio ambiente y sobreviven adaptándose a estos.....	260
<b>5.3</b> Los organismos mantienen estrechas relaciones entre sí como parte del medio ambiente.....	267
<b>5.4</b> El ecosistema es la unidad funcional de integración de los factores bióticos, abióticos y socioculturales.....	286

## **6** La vida: unidad, diversidad e integridad.....310

<b>6.1</b> En todos los sistemas bióticos estudiados en el grado se evidencia la unidad y diversidad.....	310
<b>6.2</b> Existe una tendencia al incremento en la complejidad estructural y funcional a medida que ascendemos en los niveles de organización de la materia.....	315
<b>6.3</b> En cada uno de los niveles en que se organiza la vida se evidencia la integridad biótica.....	316

<b>Glosario</b> .....	321
-----------------------	-----

<b>Bibliografía</b> .....	328
---------------------------	-----

# Prólogo

**E**ste libro constituye el texto de la asignatura Biología 4 correspondiente al currículo básico obligatorio para todos los educandos de décimo grado, primer año del preuniversitario cubano. Se corresponde con las concepciones elaboradas por un amplio equipo de investigadores, docentes y metodólogos de la Educación Preuniversitaria y Universitaria, a partir de las experiencias obtenidas en perfeccionamientos anteriores del plan de estudio de la educación general.

Su contenido responde a las exigencias de la formación integral del bachiller, esbozadas en el fin del preuniversitario y sus objetivos, los que han sido precisados en el plan de estudio de esta educación, en la tercera etapa de perfeccionamiento del Sistema Nacional de Educación en Cuba. A su vez pretende profundizar y actualizar los contenidos biológicos a la luz de los avances de las ciencias biológicas hasta inicios de este siglo XXI, así como los enfoques didácticos más avanzados en correspondencia con los logros de la pedagogía cubana.

En su estructuración se sigue la lógica deductiva partiendo de generalizaciones de esencia acerca de las características de los sistemas vivos, las cuales son abordadas luego en el resto de las unidades de este y los demás grados. Así se profundiza en la complejidad de los sistemas vivos, manifestada en los niveles de organización de la materia desde las biomoléculas hasta la biosfera.

El capítulo 1 constituye una introducción a los estudios de la biología a este nivel de profundización, por lo que incluye una breve panorámica de la historia y el estado actual del desarrollo de estas ciencias, lo cual te permitirá valorar su impacto en la sociedad y las posibilidades de aplicación al mejoramiento humano y medioambiental. Se presenta además una breve introducción a la investigación científica en la biología: sus etapas, métodos, técnicas y procedimientos más generales, el trabajo en el laboratorio y en el campo, así como los recursos materiales y tecnológicos más importantes que se requieren en la investigación moderna, algunos de los cuales serán utilizados en los estudios preuniversitarios.

El capítulo 2 tiene un carácter de generalización inicial, conforme a la lógica deductiva asumida, con una presentación inicial de las características esenciales de la vida en la Tierra y cómo se ha organizado su estudio en el preuniversitario, junto a una sistematización de algunos antecedentes necesarios para la comprensión de los nuevos contenidos, de modo que estés preparado para luego profundizar en ellos.

El capítulo 3 trata la complejidad molecular de los seres vivos, partiendo de la composición química de las biomoléculas, su estructura, propiedades y funciones, que permitirán sentar las bases para la comprensión, más adelante, del funcionamiento de la célula y los organismos vivos. Se estudian los contenidos relacionados con el origen de los sistemas vivientes, desde un conocimiento más profundo de su complejidad en los diferentes niveles de organización. Además de presentar diferentes concepciones surgidas en la historia sobre el origen de la vida, se profundiza en la teoría físico-química de Oparin-Haldane, que mantiene vigencia y mayor consenso en la comunidad científica. Finaliza este capítulo con el estudio de las entidades acelulares, como los virus, con características peculiares que te serán de gran interés, pues muchos de sus efectos seguramente te han afectado directa o indirectamente.

En el capítulo 4 se profundiza en la complejidad celular, a partir de la más importante generalización desarrollada en el siglo XIX sobre este nivel de organización: la teoría celular, sentándose las bases para comprender la ultraestructura de las células procariotas y eucariotas. Además, estudiarás la estrecha relación que existe entre la estructura de estas células, sus propiedades y funciones, así como su funcionamiento como un sistema íntegro y dinámico en interacción con el medio ambiente. Se analiza la evolución metabólica en procariotas, el origen de las células eucariotas, según la teoría endosimbiótica y la diversidad de organismos eucariotas que pueblan hoy nuestro planeta. Finaliza la unidad con un enlace a la complejidad de la organización pluricelular, a manera de introducción de lo que luego será abordado de forma más amplia en otro grado.

El capítulo 5 trata las relaciones de los organismos con el medio ambiente, tanto abiótico como biótico, lo cual constituye la base para comprender la complejidad ecosistémica de la vida en la Tierra. Estas relaciones se analizan según los estudios de la ecología de poblaciones y comunidades, y luego se complementan en el estudio integral de los ecosistemas como unidades básicas y fundamento de la protección y conservación del medio ambiente para el desarrollo sostenible.

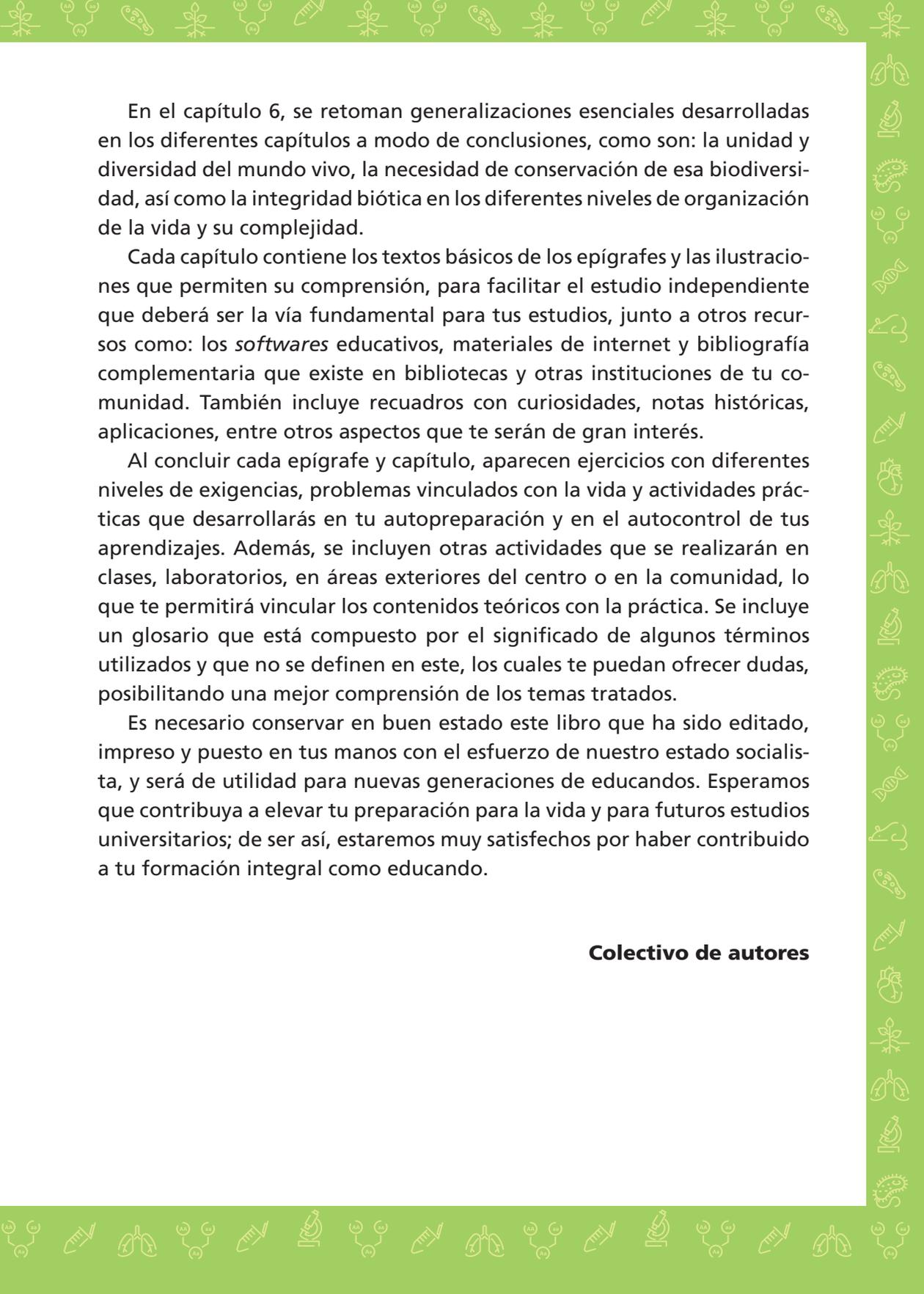
En el capítulo 6, se retoman generalizaciones esenciales desarrolladas en los diferentes capítulos a modo de conclusiones, como son: la unidad y diversidad del mundo vivo, la necesidad de conservación de esa biodiversidad, así como la integridad biótica en los diferentes niveles de organización de la vida y su complejidad.

Cada capítulo contiene los textos básicos de los epígrafes y las ilustraciones que permiten su comprensión, para facilitar el estudio independiente que deberá ser la vía fundamental para tus estudios, junto a otros recursos como: los *softwares* educativos, materiales de internet y bibliografía complementaria que existe en bibliotecas y otras instituciones de tu comunidad. También incluye recuadros con curiosidades, notas históricas, aplicaciones, entre otros aspectos que te serán de gran interés.

Al concluir cada epígrafe y capítulo, aparecen ejercicios con diferentes niveles de exigencias, problemas vinculados con la vida y actividades prácticas que desarrollarás en tu autopreparación y en el autocontrol de tus aprendizajes. Además, se incluyen otras actividades que se realizarán en clases, laboratorios, en áreas exteriores del centro o en la comunidad, lo que te permitirá vincular los contenidos teóricos con la práctica. Se incluye un glosario que está compuesto por el significado de algunos términos utilizados y que no se definen en este, los cuales te puedan ofrecer dudas, posibilitando una mejor comprensión de los temas tratados.

Es necesario conservar en buen estado este libro que ha sido editado, impreso y puesto en tus manos con el esfuerzo de nuestro estado socialista, y será de utilidad para nuevas generaciones de educandos. Esperamos que contribuya a elevar tu preparación para la vida y para futuros estudios universitarios; de ser así, estaremos muy satisfechos por haber contribuido a tu formación integral como educando.

**Colectivo de autores**



# CAPÍTULO 1

## Introducción a la biología como ciencia y sus impactos

*[...] la ciencia al servicio del hombre, la ciencia al servicio de la justicia, ha desarrollado fuerzas mucho más poderosas que las que ha desarrollado la ciencia al servicio de la explotación [...].<sup>1</sup>*

**E**n Cuba percibimos, en los últimos años, una serie de cambios en el clima, que se torna más cálido; se incrementa gradualmente el nivel del mar, retrocediendo las costas tierra adentro; los ríos y las aguas subterráneas se salinizan; se reducen los recursos pesqueros, se incrementan las temporadas de huracanes de gran intensidad con sus efectos devastadores; se pierden cosechas por la sequía extrema, inundaciones y salinización de los suelos, y muchas poblaciones costeras se inundan de manera permanente o parcial (fig. 1.1).



**Fig. 1.1** Efectos devastadores del cambio climático sobre las costas

<sup>1</sup>Fidel Castro Ruz: Discurso pronunciado en el acto de recordación a los mártires del Asalto al Palacio Presidencial el 13 de marzo de 1957, celebrado en la escalinata de la Universidad de La Habana, p. 13.



## Reflexiona

La situación actual de la aceleración del cambio climático en Cuba es general en el mundo entero, generada por los impactos de la actividad humana.

¿Hasta qué punto es responsabilidad de nuestra especie la ocurrencia de estos fenómenos?

¿Cómo podría la humanidad contribuir a mitigar estos efectos de la aceleración del cambio climático?

¿Qué implicaciones tienen las ciencias biológicas en la solución de estos problemas?

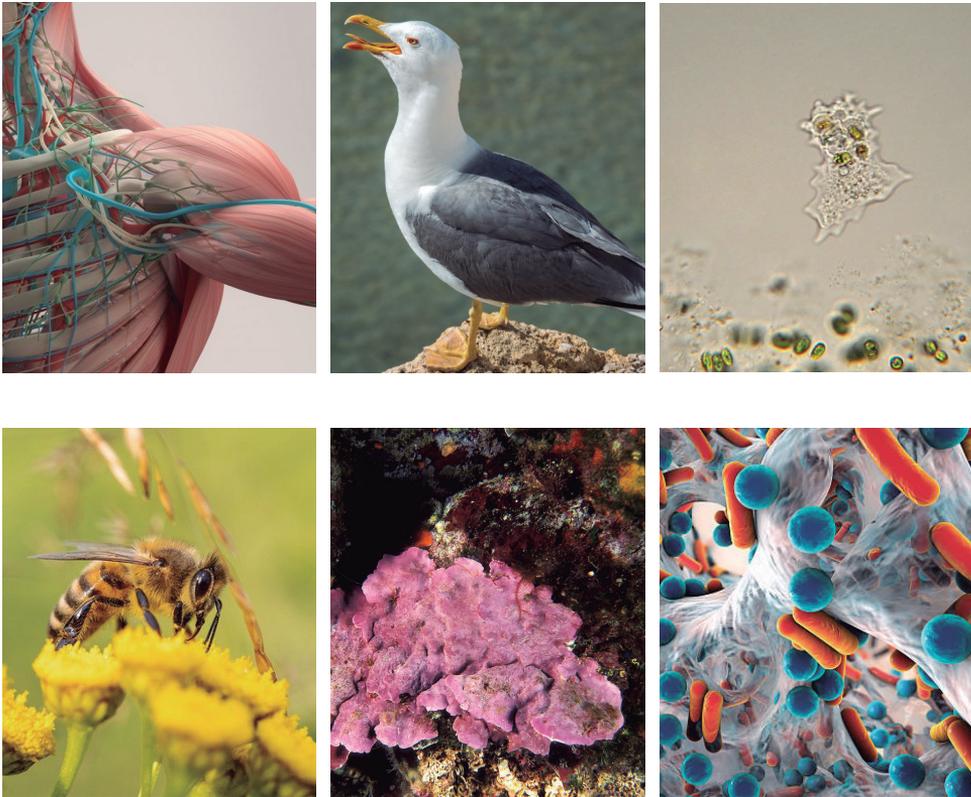
El estudio científico de estos problemas es interdisciplinar y la biología se inserta en este al analizar sus consecuencias para los organismos vivos, pues la pérdida de la biodiversidad es extraordinaria, principalmente en los ecosistemas costeros, contribuyendo con propuestas para la mitigación de sus efectos y la adaptación a estos cambios.

En este nivel medio superior continuarás ampliando y profundizando en temas de extraordinaria importancia, en un contexto de crisis global medioambiental agravada por el cambio climático. A este problema se integran a otros relacionados con la salud humana, la alimentación, los conflictos bélicos, la pobreza extrema, la discriminación, que ponen en peligro a la vida en la Tierra. Lo que aprendas en Biología, te permitirá valorar sobre bases científicas la situación actual y te preparará para participar activamente en la búsqueda de soluciones que conduzcan al desarrollo sostenible.

## 1.1 La biología es la ciencia natural que estudia los sistemas vivientes

Los sistemas vivientes constituyen entidades de especial complejidad con características propias que les posibilitan la vida y se presentan en múltiples formas, tamaños y niveles estructurales (fig. 1.2). Estos son estudiados por la biología, una de las ciencias naturales que conoces desde tus estudios en la Educación Secundaria Básica.

A lo largo de este capítulo te introducirás en esta ciencia, su ubicación en el sistema de las ciencias naturales, sus orígenes y desarrollo, sus impactos en la vida humana, entre otros, que la han llevado a situarse a la vanguardia entre las disciplinas contemporáneas.



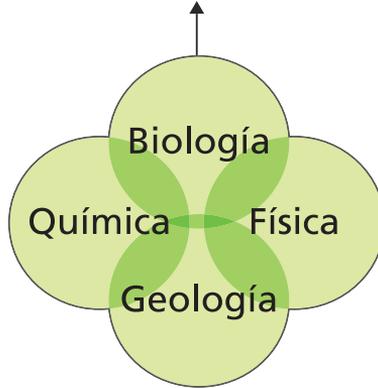
**Fig. 1.2** Diversidad de sistemas vivos estudiados por medio de la investigación científica

### **1.1.1 ¿Cuál es la ubicación y el objeto de la biología en el sistema de ciencias?**

La biología, junto a la física, la química, la geología, la astronomía, entre otras, constituyen ciencias naturales, pues estudian las regularidades de lo que se denominó clásicamente como **naturaleza** y los fenómenos naturales que en esta tienen lugar. Estas estudian fenómenos de carácter objetivo, en los que se revelan diferentes formas de movimiento: físico, químico, biótico, desde el átomo y sus partículas elementales, hasta las galaxias y el universo. Hay evidencias científicas de que en todos estos sistemas se ponen de manifiesto las mismas leyes físicas y químicas (esquema 1.1).

**Esquema 1.1** La biología en el sistema de ciencias naturales

## Sistemas vivos



## Ciencias Naturales

Estas ciencias se distinguían tradicionalmente de las ciencias sociales y humanísticas en que los llamados fenómenos “naturales” eran considerados causados por fuerzas materiales independientes de la conciencia. Sin embargo, a pesar de que el ser humano es un resultado de la naturaleza, y como ser vivo responde a las regularidades biológicas y a la influencia de las fuerzas naturales, el desarrollo de su cerebro y con ello, de la conciencia, le ha permitido desarrollar las sociedades, regidas por leyes sociales, en las que se cultiva el arte y el gusto estético, lo cual es resultado de la conciencia. Además, su influencia cada vez más creciente en el medio ambiente, hace que la sociedad se convierta en un factor transformador de la naturaleza, en la cual casi no queda ningún rincón libre de la acción humana.

Para poder comprender cuáles son los problemas y tareas de la biología como ciencia es necesario tener claridad de a qué nos referimos cuando se habla de la vida y los sistemas vivos. La definición de vida ha sido objeto de análisis y síntesis desde la filosofía como madre de todas las ciencias y se ha ido ajustando según los avances de las ciencias biológicas.

Una propuesta de definición de vida te la presentamos a continuación, pero al finalizar los estudios en preuniversitario tú mismo podrás elaborar tu propia definición, sustentada en las características de la vida que aquí profundizarás.

La **vida** es una forma especial de existencia de unidades de materia orgánica con elevada complejidad e integridad estructural y funcional, que poseen un funcionamiento autorregulado en interacción con el medio ambiente, su desarrollo, perpetuación y evolución en el tiempo.

La vida se manifiesta en nuestro planeta en una gran diversidad de formas que constituyen **sistemas vivos** (ver figura 1.2). Para comprender qué es un sistema vivo debes recordar que todo sistema está integrado por un conjunto de elementos organizados y relacionados entre sí, que cumplen determinadas funciones, las cuales garantizan la existencia del sistema como un todo.

La **biología** es la ciencia que estudia las regularidades de los sistemas vivos.



### De la historia

La palabra biología aparece utilizada por primera vez en Alemania, en diferentes publicaciones entre 1766 y 1802, y luego en Francia, donde Jean Baptiste Lamarck la define como la ciencia de los cuerpos vivos, por lo que se le considera el padre de la biología.

### Comprueba lo aprendido

1. Argumenta por qué la biología se clasifica como una ciencia natural. ¿Consideras que esta tiene alguna relación con las ciencias sociales y humanísticas? Ejemplifícalo.
2. Analiza los elementos esenciales que componen la definición de vida y aplícalo a:
  - a) Un objeto inanimado de tu alrededor.
  - b) Un organismo vivo de tu comunidad.
3. Valora en el ejercicio anterior cuál de los dos presenta mayor complejidad.

## 1.1.2 ¿Cuáles etapas han caracterizado el desarrollo histórico de la biología?

Desde pequeños, los niños se ponen en contacto con los seres vivos que les rodean, primero son sus padres, hermanos y familiares, luego los animales y las plantas del entorno; los observan con interés, los manipulan, se asombran de sus colores y formas, preguntan sus nombres vulgares y las partes que los constituyen, indagan con los mayores acerca de su origen, en fin, aprenden biología en la vida cotidiana.

De esta curiosidad natural del ser humano surgió la ciencia (fig. 1.3), que abarca la comprensión materialista de los fenómenos de la realidad, proporciona un conocimiento verdadero y esencial de los fenómenos y procesos de la naturaleza; es el producto supremo de la razón humana, encarnando su fuerza y poderío.



**Fig. 1.3** Surgimiento y desarrollo de la ciencia como importante acontecimiento de la historia de la humanidad



### Reflexiona

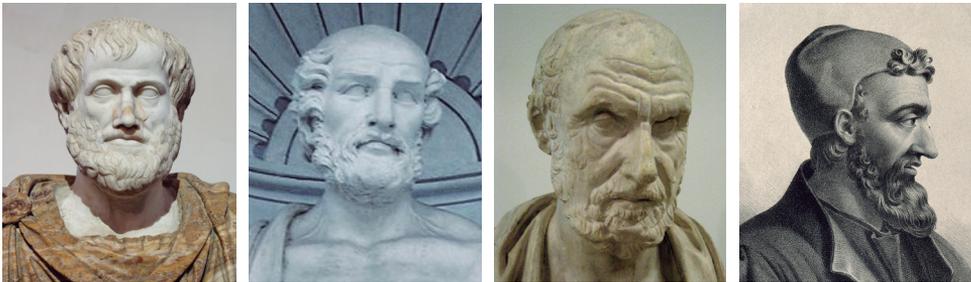
¿Cómo surgieron y se desarrollaron las ciencias biológicas?

¿Cuáles han sido sus más destacados impulsores?

¿Cómo se lograron sus actuales impactos en el desarrollo y la prosperidad de la humanidad?

Los antecedentes del desarrollo histórico de las ciencias biológicas se remontan a la antigüedad, cuando surgió la necesidad práctica del estudio de los seres vivos, continuando hasta la época actual. El estudio sistemático de los seres vivos se inició ante la urgencia de desarrollar la agricultura y la ganadería, para garantizar su sobrevivencia, así como de conocer a su propio cuerpo para resolver problemas de salud.

Los conocimientos sobre los animales y las plantas surgieron muy vinculados con tradiciones médicas que se iniciaron en diferentes civilizaciones. Destacan los trabajos de diferentes filósofos (fig.1.4) en el antiguo mundo grecorromano.



**Fig. 1.4** Grandes personalidades de la cultura de la antigüedad. De izquierda a derecha: Aristóteles, Teofrasto de Efesos, Hipócrates y Galeno



### Saber más

En esta época se desarrolla la medicina, estudiándose a las plantas por sus propiedades terapéuticas, que se recolectaban y organizaban para la producción de medicamentos. En el antiguo Egipto, con objetivos comparativos, se realizaban disecciones en animales y al igual que los asirios realizaban observaciones sobre helmintos parásitos humanos. También en Mesopotamia y China se conocían muchas aplicaciones de plantas y animales con fines curativos.

El predominio de la escolástica durante la etapa inicial de la Edad Media, impuesta por la Iglesia, constituyó un obstáculo para el desarrollo de la ciencia en general.



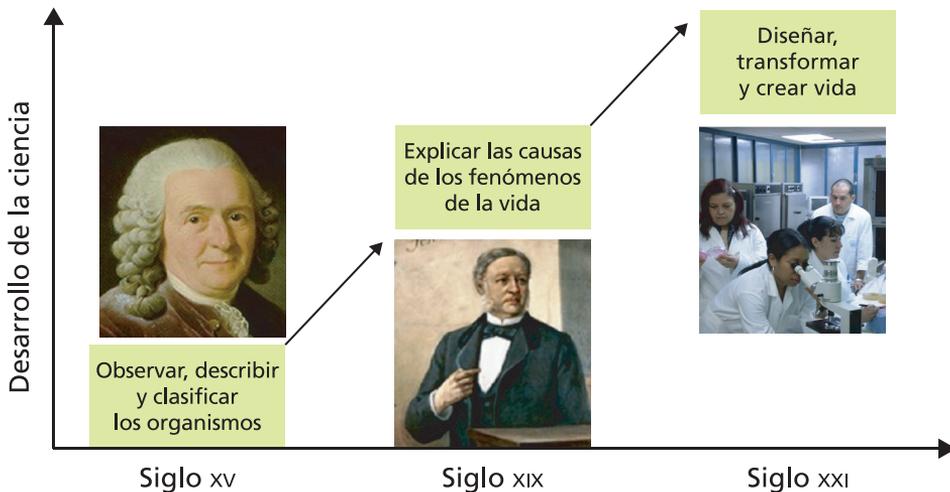
### Reflexiona

Mientras en Europa las ciencias naturales se sumían en el oscurantismo durante esta etapa, el pensamiento científico árabe alcanzó su máximo esplendor.

¿Cómo inciden las religiones en el desarrollo de las ciencias y en la concepción del mundo de las personas?

A partir del siglo xv, el Renacimiento develó plenamente el proceso de diferenciación de las ciencias, en correspondencia con los cambios económicos sociales que se producían como resultado del desarrollo del capital industrial y mercantil. Es por eso que podemos considerar que las ciencias biológicas se inician en el Renacimiento y a partir de este momento se estudia su desarrollo en tres etapas (fig. 1.5):

- Primera etapa: descripción y clasificación de la diversidad de seres vivos existente en la Tierra.
- Segunda etapa: búsqueda de la explicación de la unidad dentro de la diversidad de organismos vivos.
- Tercera etapa: transformación de la vida, protección y conservación de la biodiversidad.



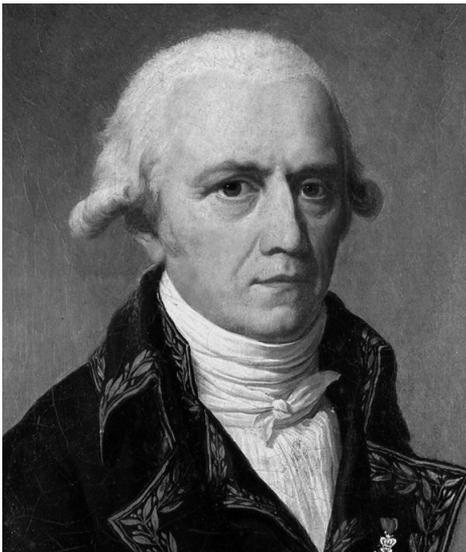
**Fig. 1.5** Las tres grandes etapas de la biología en su desarrollo histórico

Durante el Renacimiento europeo y a principios de la Edad Moderna el pensamiento biológico experimentó una revolución, con un renovado interés hacia el empirismo y el descubrimiento de nuevos organismos. Se da inicio a una etapa empírico-descriptiva del estudio de la diversidad biológica.

De manera general, en esta etapa el desarrollo de las ciencias biológicas se basó en la aplicación de los métodos de **observación** y **experimentación**, a partir de un meticuloso trabajo de colecta y clasificación de especímenes por parte de los principales naturalistas, lo que permitió describir su morfología externa e interna, así como su desarrollo. De esta manera, por mucho tiempo los biólogos se dedicaron fundamentalmente a realizar catálogos sistemáticos y descriptivos de la biodiversidad.

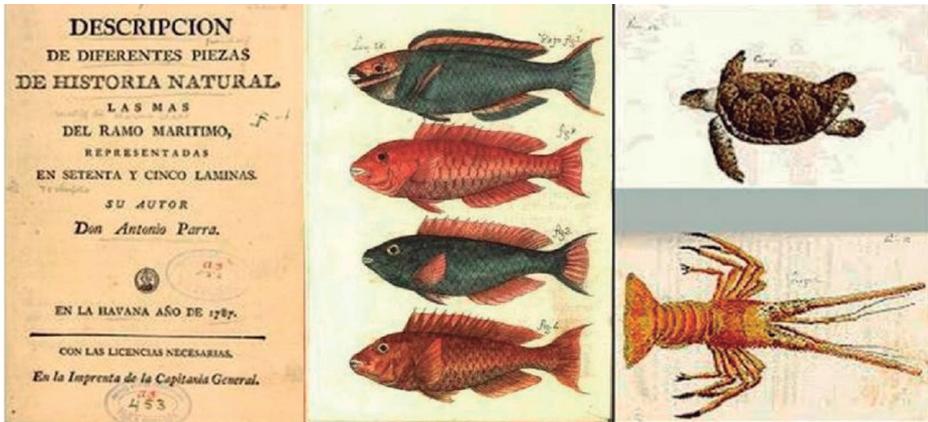
Esta acumulación de conocimientos sobre la diversidad de especies generó la necesidad de encontrar un sistema para nombrarlas y organizar su estudio sistemático, en lo que se destacó Carlos Linneo (1707-1778), proponiendo un sistema de nomenclatura binominal.

Fueron Jean Baptiste Lamarck (1744-1829) y Gottfried Reinhold Treviranus (1776-1837), quienes en 1802 de manera independiente acuñaron el término biología, para referirse al estudio de las leyes de la vida (fig. 1.6).



**Fig. 1.6** Primeros exponentes del término biología en una publicación.  
De izquierda a derecha, J. B. Lamarck y G. R. Treviranus

En los estudios de historia natural en Cuba se destaca la obra de Antonio Parra (fig. 1.7), que llegó a publicar un interesante libro con imágenes a color de especies de animales marinos de nuestras costas.



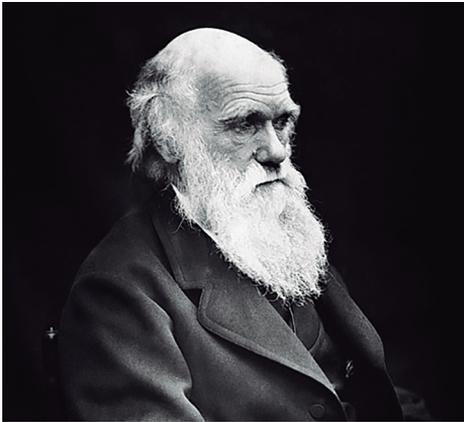
**Fig. 1.7** Primera obra científica impresa en Cuba, del autor Antonio Parra, sobre la historia natural de especies marinas cubanas

Durante los siglos XVIII y XIX, se lograron resultados científicos que marcaron una nueva etapa en la biología, la búsqueda de explicación a la unidad dentro de la diversidad. Entre estos se destacan dos teorías: la celular y de la evolución.

La teoría celular, formalizada como consecuencia de los estudios realizados mediante la utilización del microscopio óptico por el botánico Mathias J. Schleiden (1804-1881) y el zoólogo Theodor Schwann (1810-1882), proporcionó una nueva perspectiva sobre los fundamentos de la vida.

Con el desarrollo de la microscopía y la teoría celular, también se abrió un amplio campo de estudio de los microorganismos. Los científicos Robert Koch (1843-1910) y Louis Pasteur (1822-1895) representan los paradigmas en este campo. Este último demuestra experimentalmente que los organismos vivos solo pueden originarse a partir de otros, asestando un golpe demoledor a la teoría de la generación espontánea, que regía desde los tiempos de Aristóteles, y postulaba que la vida surgía de manera espontánea a partir de materia orgánica en descomposición.

Esta nueva visión sentó las bases para el desarrollo de la teoría de la evolución por selección natural planteada por dos científicos: Charles Darwin (1809-1882) y Alfred Russel Wallace (1823-1913). Antes de ellos, la mayoría de los estudiosos creían en la inmutabilidad de las especies, es decir, que estas no cambiaban ni evolucionaban, planteamiento que se correspondía con los dogmas imperantes en aquella época (fig. 1.8).



**Fig. 1.8** Darwin y Wallace, precursores de la teoría de la evolución mediante selección natural

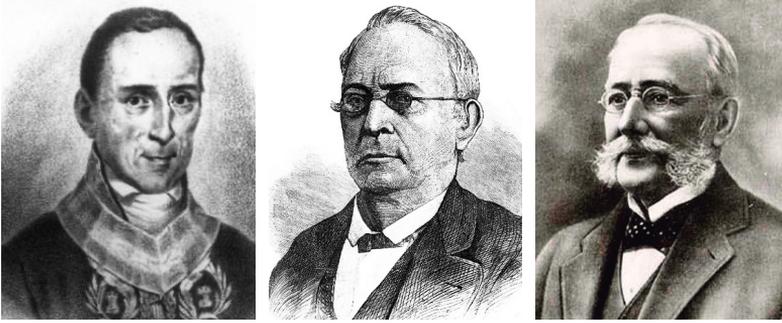
El planteamiento de la teoría de la evolución es considerado hoy, como el hecho más importante en toda la historia de la biología, pues revolucionó no solo el pensamiento de los biólogos de la época, sino que fue determinante para el desarrollo de una concepción científica del mundo en la población en general.

La teoría celular, la teoría de la evolución y la teoría de la herencia postulada por un monje austriaco (fig. 1.9) impactaron a todas las ramas de la biología y proporcionaron una base teórica generalizadora que explica las causas de la unidad dentro de la diversidad de la vida. A partir de este momento se produce una explosión del conocimiento científico en la biología, lo cual continúa hasta la actualidad.



**Fig. 1.9** Gregor Mendel (1822-1884), fundador de la genética

Cuba no estuvo ajena a los avances de la biología en el siglo XIX, donde se destacó el médico Tomás Romay Chacón (1764-1849), quien introdujo la vacunación contra la viruela. También la labor del científico Felipe Poey Aloy (1799-1891), quien realizó una detallada descripción de 700 especies de peces cubanos en su obra cumbre ***Ictiología cubana***, considerada una de las principales obras científicas de la época a nivel mundial (fig. 1.10).



**Fig. 1.10** Científicos cubanos con aportes a la biología. De izquierda a derecha, Tomás Romay, Felipe Poey y Carlos J. Finlay

### ¿Sabías que...?

Cada 26 de mayo se celebra en Cuba el Día de la Biología, en honor al natalicio de Felipe Poey Aloy, nuestro primer naturalista materialista. En los centros educacionales se realizan actividades conmemorativas de carácter científico-educativas.

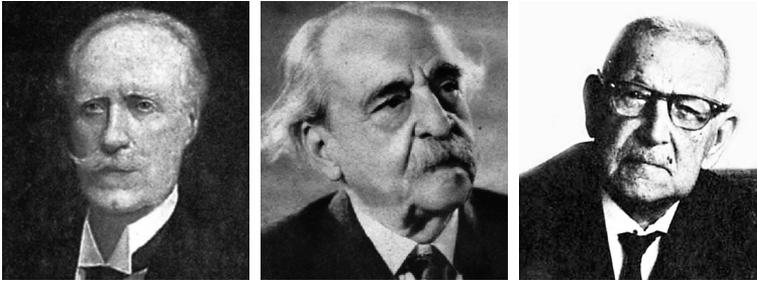
Otro hijo ilustre de la tierra cubana es el relevante médico y científico Carlos Juan Finlay Barrés (1833-1915), descubridor del agente transmisor de la fiebre amarilla: el mosquito ***Aedes aegypti***. Sus aportes lograron controlar dicha enfermedad en Centroamérica y el Caribe, donde causaba grandes estragos. Con la intervención norteamericana en 1902, una comisión presidida por Walter Reed, le intentó quitar el reconocimiento de su gran éxito, el cual tuvo una gran repercusión en el desarrollo de la epidemiología de su época, ya que aportó un nuevo enfoque en el estudio de la transmisión de las enfermedades infecciosas (ver figura 1.10).

Actualmente Finlay ha sido 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 natalicio, se celebra el Día de la Medicina Latinoamericana.

De igual manera resultaron muy valiosos los estudios realizados por Luis Montané Dardé (1849-1936), fundador de la antropología física en Cuba, y Carlos de la Torre y Huerta (1858-1950), descubridor de los fósiles de los moluscos marinos denominados ***Ammonites***.

Otra figura representativa de la ciencia cubana de esta época fue el botánico Juan Tomás Roig Mesa (1877-1971) autor de las obras: ***Diccionario***

**botánico de nombres vulgares cubanos y Plantas medicinales, aromáticas y venenosas de Cuba**, que abrieron el camino para los estudios de la medicina verde en la Isla (fig. 1.11).

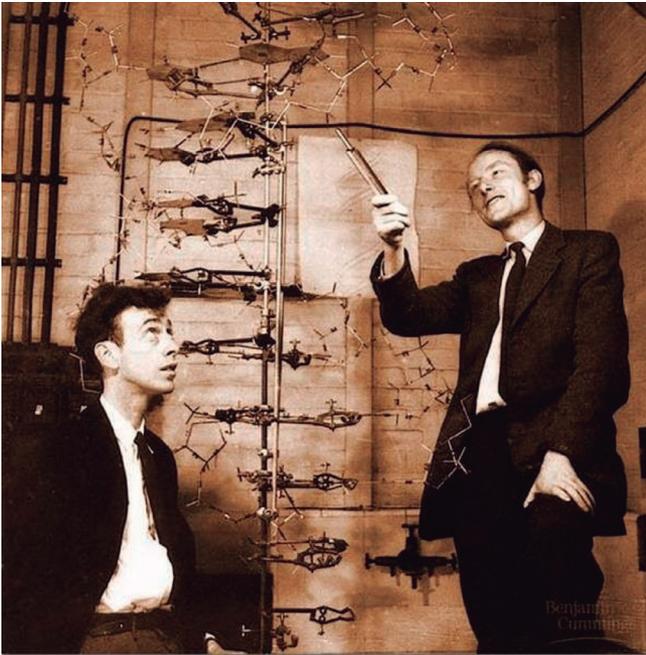


**Fig. 1.11** Exponentes de la ciencia cubana en la primera mitad del siglo xx. De izquierda a derecha, Luis Montané, Carlos de la Torre y Tomás Roig

A pesar del gran número de diferentes ramas del conocimiento biológico ya establecidas en el siglo xx como la genética, la ecología, la biología evolutiva, entre otras, se aprecia una creciente integración entre estas. Surgen así ciencias fronteras como la **bioquímica**, la **biofísica**, la biogeografía, sin cuyo desarrollo no hubiera sido posible el actual avance de la biología, que ha transformado por completo nuestra comprensión de la vida y la posibilidad de su transformación y creación a voluntad.

En la segunda mitad del siglo xx, la gran revolución científico-tecnológica se dio precisamente en las ciencias biológicas. Un papel importante ha tenido en esto el trabajo interdisciplinar, la aplicación de conceptos, leyes y teorías físicas y químicas, así como métodos matemáticos en la investigación biológica, el desarrollo de instrumentos y equipos de investigación basados en los avances de estas ciencias y la utilización de métodos experimentales que ya habían dado exitosos resultados en estas dos ciencias que le sirven de base. El descubrimiento en 1953, de la estructura de la molécula de ADN (ácido desoxirribonucleico) por el bioquímico norteamericano James Watson (1928) y el físico inglés Francis Crick (1916-2004), desencadenó un imponente desarrollo de la **biología molecular**, lo que constituye un hito fundamental que provocó un salto al desarrollo científico (figura 1.12).

A partir de este descubrimiento, ocurrió un desarrollo de la genética que propició el surgimiento, a inicios de la década del 70 del siglo xx, de la ingeniería genética y con ella de la **capacidad para diseñar la vida**, lo que constituyó un salto cualitativo que marcó el desarrollo de la tercera etapa



**Fig. 1.12** Desarrollo de la genética molecular mediante el descubrimiento de la estructura química del ADN

de la biología. Estos espectaculares avances fueron posibles por la proeza de dos bioquímicos: Stanley Cohen (1922-2020) y Heber Boyer (1936), que consiguieron transferir genes de una bacteria para otra. La utilización de la informática fue muy importante en estas tecnologías, desarrollándose así la **bioinformática**.

En la actualidad, estos métodos, medios y procedimientos se están desarrollando a escala nanomicroscópica (1 **nanómetro** es igual a  $10^{-9}$  m), lo que ha dado lugar al surgimiento de las nanociencias y sus aplicaciones en las nanotecnologías. Todas estas biotecnologías abren un camino insospechado de impactos en las diferentes esferas de las ciencias, la producción y los servicios, y con ello surge la preocupación sobre el impacto que esto puede tener en el equilibrio de la naturaleza.

### ¿? ¿Sabías que...?

En el año 1997 unos investigadores, liderados por Ian Wilmut, clonaron al primer mamífero, la oveja Dolly. La **clonación**, así como la obtención de transgénicos y su posible liberación al medio ambiente, son algunos de los impactos más recientes del desarrollo de la biología que han generado el debate bioético por las posibles afectaciones a la biodiversidad y el equilibrio de los ecosistemas.

La creciente pérdida de la biodiversidad que se produjo en la segunda mitad del siglo xx promovió el desarrollo de una nueva disciplina científica: la biología de la conservación, que se consolidó en la década del 80 del siglo xx. Esta se encarga de estudiar las causas de la pérdida de la biodiversidad y de encontrar las vías para minimizarla. En los momentos actuales, ante los graves problemas ambientales que enfrentamos, ha alcanzado una gran importancia. La biología actual transita hacia una nueva etapa en la que se investiga y trabaja en la protección, conservación y uso sostenible de la diversidad biológica.

Sin lugar a dudas, el impacto del desarrollo de la ciencia y la **tecnología** ha provocado que la biología cambiara de ser una ciencia para describir la vida, a ser una ciencia con posibilidades de interferir directamente en el diseño de la vida y en el equilibrio de la naturaleza. La comprensión y solución de los principales problemas que la humanidad enfrenta en la actualidad, impone nuevos retos a la investigación biológica.

### Comprueba lo aprendido

1. Elabora un cuadro sinóptico comparativo a partir de la figura 1.5, sobre las tres grandes etapas del desarrollo de la biología, tomando como criterios de comparación la época, los rasgos esenciales, ejemplos de resultados o descubrimientos y ejemplos de científicos destacados.
2. Demuestra mediante ejemplos de personalidades, hechos e instituciones, los valiosos aportes realizados en Cuba al desarrollo de las ciencias biológicas, antes y en la actualidad.
3. Valora la significación que tuvieron en su momento y la trascendencia actual de los siguientes hitos de la historia de la biología:
  - a) Teoría celular de Schleiden y Schwann.
  - b) Teoría de la evolución de Darwin y Wallace.
  - c) Modelo de la estructura del ADN.

## 1.2 La investigación científica y sus innovaciones permiten la solución de los problemas de la naturaleza y la sociedad

El impetuoso desarrollo que han alcanzado las ciencias biológicas y sus aplicaciones biotecnológicas en la actualidad, le debe mucho a las relaciones

con el resto de las disciplinas de las ciencias naturales, lo que ha permitido la integración de métodos, equipamiento, modos de pensar y conocimientos, del resto de las ciencias naturales (fig. 1.13).



**Fig. 1.13** La necesidad de recursos sofisticados y muy costosos en la investigación biológica actual

- ¿En las ciencias biológicas se investiga de la misma forma que en el resto de las ciencias?
- ¿Cómo realizan actualmente los científicos su trabajo, qué cualidades y condiciones requieren para alcanzar los éxitos que han logrado?
- ¿Con qué métodos científicos ha logrado la biología alcanzar el nivel de desarrollo actual?
- ¿Consideras que la biología tiene potencialidades para el desarrollo sostenible de la humanidad y al mismo tiempo lograr la conservación de la biodiversidad?

Estas y otras interrogantes acerca de la investigación biológica y sus aplicaciones biotecnológicas las podrás responder cuando termines el estudio de este epígrafe, donde te invitamos además, a asumir una posición crítica acerca del modo en que se desarrollan las investigaciones, así como el uso que se les da a sus resultados.

### 1.2.1 ¿Qué relaciones y diferencias hay entre una investigación científica y su aplicación tecnológica?

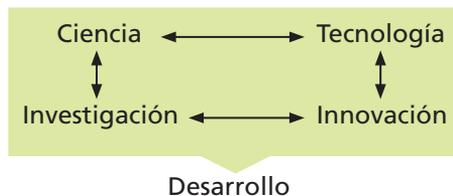
El conocimiento empírico que se tenía desde la antigüedad de las técnicas de elaboración del vino, cerveza, yogur, queso, entre otros productos para el consumo humano, a partir de los jugos de frutas, de semillas o de la leche, posibilitó la presencia de estos en la mesa y en el comercio. Sin embargo, a partir del descubrimiento de los microorganismos involucrados en esos procesos (bacterias, levaduras, mohos) y de las reacciones químicas de los procesos de fermentación, putrefacción, entre otros (fig. 1.14), se logró mejorar la calidad de estos productos, al controlar el crecimiento microbiano y los factores que condicionan que las reacciones se produzcan en mejores condiciones; con ello fue posible impulsar la industria vinícola, cervecera y láctea a niveles superiores como existe actualmente.

¿Cómo se refleja aquí el desarrollo de la ciencia y la tecnología?



**Fig. 1.14** De la técnica a la tecnología. De izquierda a derecha, procedimientos para la producción de alimentos por los egipcios, el descubrimiento de los microorganismos de la fermentación por Pasteur y la fermentación en una planta biotecnológica

Ante todo, es necesario que puedas diferenciar y al mismo tiempo relacionar los conceptos de ciencia y tecnología, así como de investigación científica e innovación tecnológica, con lo cual podrás comprender cómo estas actividades humanas, que son parte de nuestra cultura, inciden e impulsan el desarrollo de la sociedad (esquema 1.2).



**Esquema 1.2** La ciencia y la tecnología, importantes motores del desarrollo sostenible

## La ciencia incluye el proceso de investigación científica

La **ciencia** se puede definir como la actividad humana creativa que permite la comprensión de la naturaleza, mediante la utilización de métodos científicos de investigación, cuyos resultados son los conocimientos científicos.

La ciencia aborda el estudio de lo objetivo; es decir, aquellos objetos o eventos para los cuales se puede recopilar evidencia válida. No estudia lo sobrenatural.

El **conocimiento científico** es aquel cuya veracidad ha sido puesta a prueba, confrontándola con la realidad y ha mostrado reflejarla con una aproximación satisfactoria. Este incluye conceptos, leyes, modelos y teorías creadas por los científicos durante la historia de la ciencia, que permiten configurar un cuadro científico del mundo.



### Reflexiona

Por medio de la ciencia es posible elevar la capacidad de comprensión de la naturaleza de toda la nación. Con ciudadanos mejor educados se eleva la conciencia civil y se posibilita llevar a cabo programas más efectivos para mejorar la calidad de vida de todos y lograr mayor responsabilidad con la naturaleza.

¿Consideras necesaria una alfabetización y educación científica de toda la población?

Los seres humanos somos investigadores ocasionales en nuestra vida cotidiana o como parte de nuestros estudios y profesiones, lo cual parte de la curiosidad y la creatividad que nos caracteriza como especie.

El conocimiento científico libera al ser humano del oscurantismo engendrado por la ignorancia, combate el fatalismo y la aceptación fácil de la derrota, enseña que no hay tal "destino" ni "maldición" inexorable, sino que este es capaz de modelar su vida de acuerdo con sus aspiraciones e intereses, voluntad y capacidad de trabajo.

La ciencia contribuye a reforzar la identidad nacional de los pueblos que la desarrollan, pues mediante esta se conocen mejor a sí mismos y pueden enfrentarse con mayor eficiencia a sus propios problemas, en lugar de intentar resolverlos solamente con ideas e instrumentos importados y desarrollados en otros países con otros propósitos.

**Investigar** significa llegar o al menos aproximarse a la verdad; es el proceso de tentar en lo desconocido buscando la solución a un problema o a una curiosidad. Un verdadero investigador es aquel que conoce, cuestiona, y de ser necesario, cambia sus ideas. Una cualidad importante que debe poseer un investigador es la flexibilidad en la confrontación entre los nuevos conocimientos y lo ya conocido, lo que le permitirá no aferrarse a ultranza a lo viejo, sino abrirse a los nuevos problemas, cambiando, de ser necesario, sus preconcepciones o esquemas mentales.

El uso y la aplicación de los conocimientos científicos resultantes en las investigaciones, se realizan mediante diversas tecnologías creadas durante el desarrollo de las diferentes civilizaciones.

La **tecnología** es la actividad humana, resultado del desarrollo histórico de la técnica en su vinculación con la ciencia para el diseño, desarrollo, fabricación y comercialización de productos y servicios, que condicionan el desarrollo social.

La tecnología permite la transformación de la naturaleza en beneficio o en perjuicio de la humanidad, al aplicar los conocimientos científicos. En la esfera de la biología a esta se le ha denominado biotecnología.

Las **biotecnologías** se definen como el conjunto de tecnologías llevadas a cabo por el ser humano con la utilización directa e indirecta de organismos vivos y que conllevan a la formación de un producto con el máximo de eficiencia, economía y con seguridad factible.

En esta esfera entran múltiples creaciones humanas que profundizarás en tus estudios de nivel medio superior, teniendo como base los conocimientos de las diferentes ramas de la biología como son la microbiología, la genética, la enzimología, la inmunología, la bioinformática, entre otras.

El desarrollo de la biotecnología ha tenido una larga historia desde los mismos albores de la humanidad, transitando por diferentes generaciones o etapas (fig. 1.15). En una **primera generación** (desde la antigüedad hasta el presente) solo se obtiene mediante procesos fermentativos productos naturales como: cerveza, queso, vino, pan, vinagre, yogur, entre otros.



Primera generación



Segunda generación



Tercera generación



Cuarta generación

**Fig. 1.15** El sustento de las cuatro generaciones biotecnológicas mediante los logros de las ciencias biológicas a través de la historia de la cultura. De izquierda a derecha, primera generación, segunda generación, tercera generación y cuarta generación

En la **segunda generación** biotecnológica (desde el siglo XVII hasta mediados de los años 1970), se lograron productos vinculados con la salud, la alimentación, la agricultura y la industria, como son: antibióticos, vacunas naturales, vitaminas, proteínas, alcoholes, polisacáridos, biopesticidas, biofertilizantes y biogás.

La **tercera generación** (desde 1970 hasta la década de los 90) está ligada a la ingeniería genética logrando productos como la insulina humana, los **anticuerpos** monoclonales, los interferones, los organismos transgénicos y la clonación.

En la **cuarta generación** (desde fines del siglo XX hasta la actualidad), se aceleró el descifrado de **genomas** completos de organismos, la terapia génica. Los medicamentos dirigidos, la obtención de órganos y organismos mediante la clonación.

Entonces, ¿qué relación guardan la ciencia y la tecnología? Ciencia es lo que hay que hacer para saber, mientras que tecnología es lo que hay que saber para hacer. Sin ciencia no hay conocimiento, y sin conocimientos no hay tecnología.

El progreso de la ciencia y la tecnología radica en esa permanente capacidad de cuestionarse a sí misma, de poner en duda sus resultados, de buscar siempre y de transgredir cuando se requiera. Esta creatividad, unida al conocimiento profundo de su disciplina y la formación cultural en general, es la base sobre la cual se desarrolla la actividad de búsqueda de lo nuevo.

Innovar implica la creación de tecnologías, con las cuales se aplican los nuevos conocimientos resultantes de la investigación científica. La investigación y la innovación deben ser dos componentes inseparables, así como lo son la ciencia y la tecnología, pues los conocimientos y los bienes de consumo o servicio resultantes en ambos procesos respectivamente, hacen posible el desarrollo de la humanidad.

Por ejemplo, los conocimientos sobre el control de las fermentaciones microbianas se pueden aplicar en la obtención de productos farmacéuticos y alimenticios. A su vez, los productos de la tecnología impactan en el desarrollo de la ciencia; así, por ejemplo, los microscopios y diferentes reactivos químicos son productos tecnológicos que se requieren para las investigaciones científicas.

Ambas, la ciencia y la tecnología, constituyen una unidad que, en buenas manos, puede impulsar el desarrollo sostenible de la sociedad. Sin embargo, no siempre estas dos fuerzas del desarrollo social caen en buenas manos, así por ejemplo, en la historia de la humanidad se pueden encontrar multitud de ejemplos de utilización de los resultados de la ciencia y la tecnología en perjuicio de la propia humanidad que los produjo, como es el caso de la aplicación de la eugenesia con fines racistas utilizados por los nazistas alemanes o la utilización de los conocimientos sobre la actividad de los microorganismos en la guerra biológica por el imperialismo yanqui.

### ***1.2.2 ¿Cómo se realiza el proceso investigativo en las ciencias biológicas?***

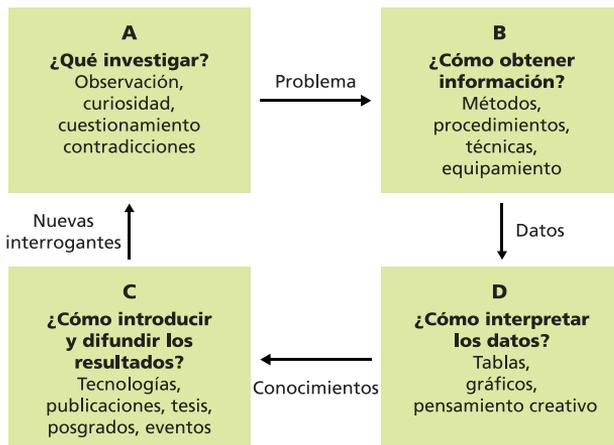
Las investigaciones biológicas son muy complejas, tanto como es la materia viva. Son muy variados los métodos, procedimientos, equipos e instrumentos utilizados en las mismas, muchos de estos provenientes de las tecnologías basadas en la física, la química o la matemática como es el caso de la microscopía, la informática, entre otras. Estas se pueden desarrollar en laboratorios especializados diseñados y equipados especialmente para este fin (fig. 1.16), pero también en el campo, en diferentes ecosistemas

y paisajes, recopilando especímenes o registrando datos sobre su fisiología y comportamiento; además, se puede efectuar en una biblioteca consultando sus fondos bibliográficos o en una computadora conectada a internet accediendo a bases de datos o a publicaciones seriadas, entre otros materiales.



**Fig. 1.16** Laboratorio especializado para investigaciones biomoleculares

El proceso de investigación se puede descomponer teóricamente en una sucesión de momentos o pasos, que permiten desentrañar la esencia de los fenómenos bióticos objeto de investigación (esquema 1.3). Estos momentos o pasos pueden tener un carácter lógico, algorítmico, pero en otros puede ser heurístico y cíclico.



**Esquema 1.3**  
Los diferentes momentos de trabajo colectivo y creador en el proceso de investigación científica

En la investigación científica no hay un método único ni reglas fijas e inmutables, similar a otras actividades humanas en su carácter creativo y social, de modo que cada comunidad, o colectivo de investigadores fija sus normas, las que son avaladas por la mayoría de sus miembros. Tales normas y procedimientos definen una forma rigurosa y sistemática de producir conocimientos científicos, los cuales deben ser relevantes, comunicables y replicables en esa comunidad.

A continuación, se caracteriza a cada uno de estos momentos. En cada caso encontrarás un sistema de conceptos que forman parte del lenguaje de las ciencias. Estos conocimientos te servirán en tus estudios, para el diseño y ejecución de investigaciones, prácticas de laboratorio, excursiones y trabajos teórico-prácticos propios de esta disciplina, en los cuales tendrás la oportunidad de aplicar la metodología de la investigación científica, como una exigencia superior de desarrollo en tus estudios preuniversitarios. Esto te preparará mucho mejor para tus futuros estudios universitarios, con vista a formarte como un profesional más competente, y poder aplicar la ciencia en tu quehacer cotidiano.

### ¿Qué investigar?

El primer momento en la investigación consiste en preguntarse, ¿qué investigar? (ver esquema 1.3), para lo cual los colectivos de investigadores deben apropiarse del conocimiento acumulado hasta el momento en su área de investigación, mediante el estudio y la indagación bibliográfica en diferentes fuentes, como libros, revistas y otras publicaciones periódicas, bases de datos, la comunicación con otros colectivos, entre otras.

La experiencia en la profesión, la curiosidad y capacidad de cuestionamiento de los integrantes de los colectivos científicos, los llevan a una situación problemática, al hacerse preguntas que no han sido formuladas anteriormente, para las cuales no encuentran total solución en los conocimientos acumulados por la ciencia hasta ese momento.

Una **situación problemática** es un estado de tensión intelectual que se genera en los investigadores ante una contradicción en la práctica o la teoría, que les resulta inexplicable con sus conocimientos acerca del objeto de estudio.

La creatividad y la revisión de datos empíricos y teorías anteriores, los llevan a descubrir y plantearse un problema, que constituye el punto de partida de toda investigación. El término problema proviene del griego **próblema**, que significa, “lo puesto delante”. Surge al buscar explicaciones o interconexiones entre los fenómenos observados en la naturaleza.

Un **problema** indica una dificultad teórica o práctica, una contradicción, un obstáculo, un vacío de información, una cuestión que amerita aclaración, que no puede resolverse directamente, sino que requiere un proceso de investigación.

El problema científico en una investigación biológica puede presentarse en forma de pregunta o interrogación. Para esto las preguntas deben reunir determinadas características que dependen del objeto de investigación o disciplina científica. Por ejemplo, en una indagación de campo, con vista a la conservación de la biodiversidad, pudiera ser una pregunta comparativa, que su respuesta no sea obvia, sencilla y directa. Por ejemplo: ¿cómo varía la diversidad de conjuntos de especies de aves, entre bosques no talados y bosques talados?

Como puedes ver es una pregunta comparativa con relación a un factor determinado, que puede afectar la biodiversidad: la tala selectiva del bosque.

### ¿Cómo obtener la información necesaria para la investigación?

El segundo momento en la investigación es preguntarse, ¿cómo investigar? (ver esquema 1.3). En este se incluye una serie de acciones en las que los colectivos de investigadores hacen uso de métodos e instrumentos con los que se recolectan datos, contentivos de información sobre el objeto. En las ciencias biológicas se pueden utilizar métodos de investigación empíricos, como la observación y el experimento, así como métodos de investigación teóricos, como la comparación, la **inducción**, la **deducción**, la modelación, entre otros.

### ¿En qué se distingue cada método de investigación?

La observación y experimentación son métodos de carácter empírico.

La **observación** es la percepción ordenada, consciente y sistemática de determinados objetos, procesos, fenómenos, o de sus características con un fin concreto.

La observación debe ir acompañada de la recopilación, análisis y cuantificación de datos, obtenidos mediante instrumentos especiales, lo mismo en el laboratorio que en el campo. Entre los equipos diseñados para realizar observaciones biológicas se destacan las lupas, los microscopios, los instrumentos de medición, los catalejos, entre otros.



**Fig. 1.17** Una práctica investigativa de estudio de flora por un equipo de biólogos

En las observaciones y experimentos se realiza el análisis de las características y el comportamiento de especímenes colectados en dichas excursiones al campo (fig. 1.17) o cultivados en los laboratorios. Para estas acciones se utiliza un equipamiento especialmente diseñado y fabricado, a partir de los avances de las ciencias físicas, químicas, técnicas, biotecnológicas, informáticas, entre otras. Ejemplo de estos son los microscopios.

## De la historia

Sobre el año 1600, dos fabricantes de lentes de origen holandés, Zacarías Jansen y su hijo Hans Janssen, observaron que, mediante la colocación de dos lentes en línea en un tubo, era posible apreciar los objetos con una precisión mucho mayor y ampliar los objetos observados como nunca antes. Así inventaron el microscopio compuesto.

Más tarde Galileo Galilei también diseñó su propio microscopio compuesto, que solo funcionaba mediante la incidencia de una luz reflejada. Finalmente, quien construyó por primera vez un microscopio compuesto utilizable fue el británico Robert Hooke en el año 1655.

Alrededor del año 1670 el holandés Antonie van Leeuwenhoek, fabricante aficionado de lentes, fabricó un nuevo microscopio (fig. 1.18) que rápidamente se convirtió en el más importante del momento, ya que al ampliar la imagen cientos de veces descubrió bacterias, espermatozoides, células sanguíneas y un enorme número de protistas.

La microscopía se ha desarrollado considerablemente, comenzando por los microscopios ópticos compuestos que ya has utilizado en la Educación Media Básica (fig. 1.18 a), su perfeccionamiento en diferentes tipos como el de contraste de fase, de luz ultravioleta, de luz polarizada, de fluorescencia, entre otros, hasta llegar al desarrollo de los microscopios electrónicos.

Los microscopios electrónicos (fig. 1.18 b) permiten alcanzar una capacidad de aumento muy superior a los microscopios ópticos, debido a que la longitud de onda de los electrones es mucho menor que la de los fotones “visibles”. Su poder de resolución está entre 3 nm y 20 nm, dependiendo del modelo.

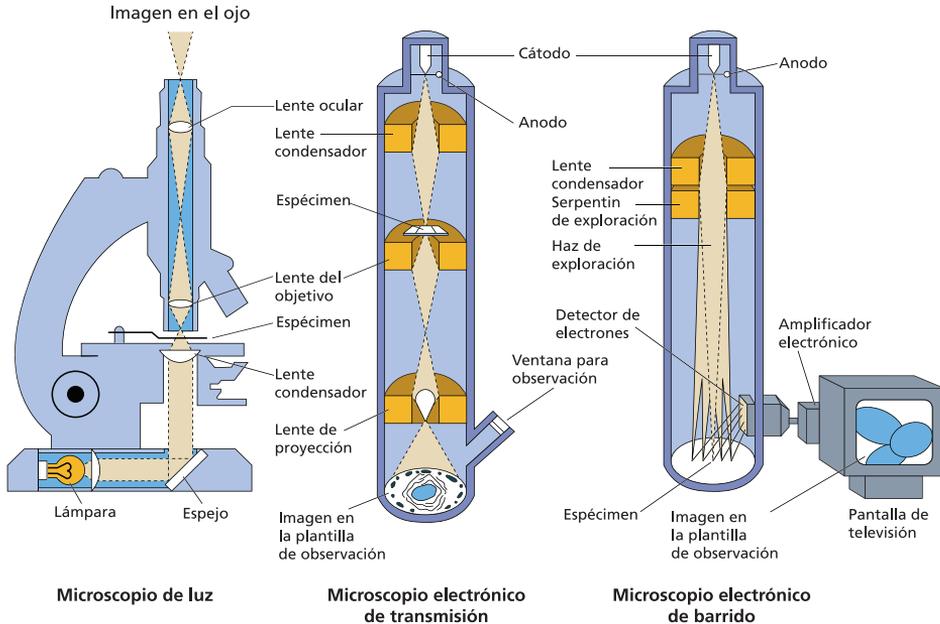


**Fig. 1.18** De izquierda a derecha: microscopio óptico compuesto moderno y microscopio electrónico



**Saber más**

La **microscopía óptica** se basa en la utilización de la luz y sus principios físicos, mientras que la **microscopía electrónica** se basa en la utilización de un haz de electrones generados por un cañón electrónico, acelerados por un alto voltaje y focalizados por medio de lentes magnéticas. Los electrones atraviesan la muestra y la amplificación se produce por un conjunto de lentes magnéticas que forman una imagen sobre una pantalla de un ordenador (fig. 1.19).



**Fig. 1.19** Comparación entre el funcionamiento del microscopio óptico y de los microscopios electrónicos de transmisión y de barrido

La experimentación se basa en el diseño y la práctica de experimentos, con los que se puede obtener información verdadera para probar una hipótesis previamente planteada.

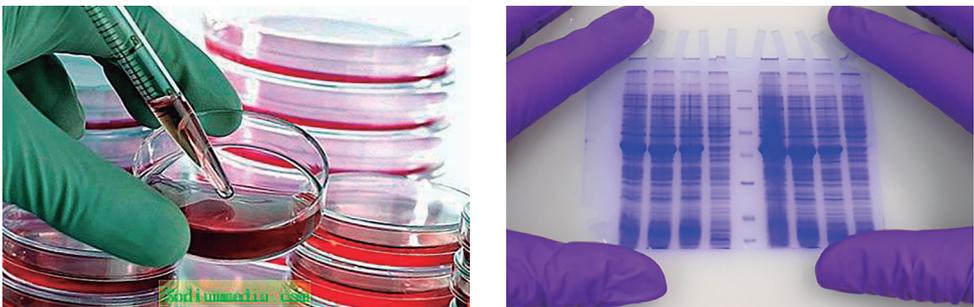
Un **experimento** consiste en la estructuración o análisis de situaciones, mediante las cuales es posible valorar las relaciones existentes entre los distintos objetos, fenómenos y sus características.

Los experimentos deben tener la posibilidad de ser repetidos por otros colectivos de investigadores. En un experimento hay una variable que se somete a variación, para **investigar** su efecto en el sistema investigado, y con el efecto que ocasiona deducir su función.

La experimentación biológica utiliza material vivo o muerto. Los animales de experimentación son reproducidos en bioterios o en centros especializados que permiten garantizar las exigencias necesarias para los experimentos.

Para realizar un experimento es necesario el montaje de un sistema experimental, en los que se utilizan animales, plantas, microorganismos o sus partes, especialmente seleccionados por reunir las características propias de la función que se va a investigar, utilizando equipamiento de laboratorio. Generalmente se utilizan dos sistemas: uno experimental y otro de control. El sistema de control no recibe modificaciones, mientras que el experimental sí. La comparación entre los resultados obtenidos en ambos sistemas permite llegar a conclusiones sobre las causas que provocan el fenómeno o proceso estudiado.

Un ejemplo de experimento es cuando se desea conocer el efecto farmacológico de una sustancia y se utilizan dos grupos de organismos vivos, que pueden ser ratones de laboratorio; a uno se le inyecta dicha sustancia, mientras que al otro se le administra un placebo, que es una sustancia de la cual se sabe no produce ningún efecto. A medida que transcurre el experimento se van registrando los datos sobre el comportamiento de las variables fisiológicas en ambos ratones, con cuyo análisis se puede llegar a conclusiones acerca de si la sustancia estudiada tiene efectos beneficiosos o no en la salud del animal como posible fármaco. El uso de tecnologías modernas en experimentos biológicos ha permitido ganar en exactitud en cuanto a los resultados obtenidos (fig. 1.20)



**Fig. 1.20** Uso de tecnologías modernas. De izquierda a derecha: cultivo *in vitro* de células en medios artificiales y electroforesis de biomoléculas en gel



## Saber más

Entre las técnicas experimentales más utilizadas en las investigaciones biológicas actuales se encuentran las citoquímicas, las autorradiográficas, el cultivo de células o tejidos, la ultracentrifugación, la micromanipulación, la electroforesis, entre otras.



## Reflexiona

La Declaración Universal de los Derechos del Animal plantea en su artículo 8 lo siguiente:

- a) La experimentación animal que implique un sufrimiento físico o psicológico es incompatible con los derechos del animal, tanto si se trata de experimentos médicos, científicos, comerciales, como toda otra forma de experimentación.
- b) Las técnicas alternativas deben ser utilizadas y desarrolladas.

Por las razones éticas antes expuestas, unidas al elevado valor económico de su reproducción y uso, en los estudios de laboratorio debe existir una probabilidad razonable de que estos contribuyan de manera importante a la adquisición de conocimientos que resulten eventualmente en la mejora de la salud humana y animal.

En el ejemplo de la investigación acerca de la incidencia de la tala de los bosques sobre la población de aves, el método principal es la observación que se realice durante el estudio de campo, en la cual se registran las diversas especies de aves que se localizan en ambos bosques y su abundancia; luego, mediante estudios comparativos se establecen inferencias que den respuesta a la hipótesis formulada inicialmente. Para el estudio de campo se requerirían, básicamente, prismáticos y cámaras fotográficas o de video, para identificar y recoger la evidencia de la existencia de las diversas especies, así como cuadernos de notas o tabletas para realizar los apuntes correspondientes.

El **análisis** y la síntesis son dos métodos teóricos indisolublemente relacionados. Su integración origina el **método analítico-sintético**. Está integrado por los procesos lógicos de análisis y síntesis.

La comparación, la inducción, la deducción y la modelación son importantes métodos teóricos utilizados en la biología.

El **método comparativo** permite establecer las analogías o diferencias existentes entre los distintos objetos, fenómenos, procesos y sus propiedades. Con este método se puede establecer conclusiones acerca de la unidad y diversidad del mundo vivo, y combinado con la abstracción, permite llegar a generalizaciones. Se puede obtener generalizaciones de dos maneras: inductiva o deductiva. Cuando la deducción incluye la formulación de hipótesis, entonces, el método se denomina: **hipotético-deductivo**.

Una **hipótesis** es una posible solución al problema, consistente en proposiciones, suposiciones o enunciados que deben ser comprobables y comprobadas durante la investigación.

Un ejemplo de hipótesis puede ser que la tala del bosque afecta a la biodiversidad, o que el cambio climático es la causa de la reducción de una especie que se estudiaba con fines conservacionistas.

El **método de modelación** consiste en la creación y la utilización de modelos científicos para resolver el problema. Estos son representaciones del objeto de investigación, con el fin de manipularlo, y con ello, obtener nuevos conocimientos sobre su estructura y funcionamiento. En la historia de la biología se han usado como modelos biológicos animales domésticos, microorganismos y virus entre otros muchos (fig. 1.21). Actualmente se emplea también la informática en la creación de modelos con fines investigativos.

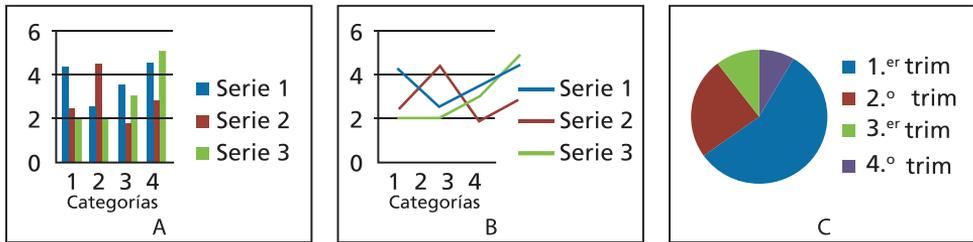


**Fig. 1.21** Sistemas vivos como modelos biológicos. De izquierda a derecha, el virus **fago T4**, la bacteria **Escherichia coli**, los perros y los monos

Los diferentes métodos científicos, tanto los de carácter empírico como los teóricos, son utilizados por los investigadores de manera integrada, es decir, en una misma investigación es posible utilizar varios de ellos para la obtención de datos y evidencias empíricas, el descubrimiento de patrones y regularidades, así como la elaboración de resultados teóricos, es decir, la creación de conceptos, modelos, leyes y teorías.

### ¿Cómo ordenar, interpretar los datos y producir nuevos conocimientos?

El tercer momento del proceso investigativo responde a la pregunta, ¿cómo ordenar e interpretar los datos? (ver esquema 1.3); este momento incluye el procesamiento y organización de la información recopilada, su análisis e interpretación, para confirmar o no una hipótesis planteada inicialmente, crear un modelo o descubrir determinadas regularidades (esquema 1.4).



**Esquema 1.4** Visualización de la información implícita en los datos de las gráficas

Como resultado de la interpretación práctica y teórica, con mucha creatividad y consagración de los colectivos de investigadores, la actividad científica conduce a la obtención de resultados. ¿Cuáles son esos resultados? Estos son nuevos conocimientos científicos que se expresan en forma de conceptos, leyes y teorías.

Una **teoría** se conforma por un sistema de conceptos, juicios, hipótesis y leyes, con los cuales refleja las relaciones y dependencias mutuas de una parte de la realidad.

Cada ciencia posee sus teorías. En la biología se han establecido diferentes teorías para explicar la unidad del mundo vivo como son la teoría celular, la teoría de la evolución, entre otras.

Las teorías tienen función explicativa, al poder precisar por qué y cómo ocurre un fenómeno, sistematizadora, al dar orden al conocimiento sobre un

fenómeno o realidad, conocimiento que en muchas ocasiones es disperso y no se encuentra organizado, y predictiva, al hacer inferencias a futuro sobre cómo se va a manifestar u ocurrir un fenómeno dadas ciertas condiciones.

Las **leyes** son proposiciones o enunciados que expresan regularidades constantes y esenciales que se dan en el objeto, las cuales han sido comprobadas en la práctica.

Por ejemplo, en la teoría de la herencia son muy conocidas las llamadas leyes de Mendel que estudiarás en oncenavo grado.

Una ley se establece a partir de hipótesis. Cuando en la investigación se comprueba mediante evidencias la veracidad de una hipótesis, entonces esta se transforma en ley. Por otra parte, un conjunto de leyes establecidas sobre un aspecto de la realidad conforma una teoría.

Las teorías, leyes e hipótesis se estructuran a partir de conceptos científicos que establecen los investigadores. Por ejemplo, en la teoría celular se incluyen los conceptos: célula, estructura celular, citoplasma, núcleo, funciones, división celular, entre otros.

### **¿Cómo introducir y difundir los resultados científicos?**

En el cuarto momento de la investigación el investigador se pregunta, ¿cómo introducir y difundir los resultados obtenidos? (ver esquema 1.3). Esto responde a la necesidad de aplicar en la práctica los resultados de la investigación y socializarlos para estabilizar el conocimiento por parte de la comunidad científica.

El trabajo de los colectivos de investigadores implica impregnarse con el conocimiento acumulado en su área de investigación, tanto pasado como presente, y confrontarlo permanentemente con sus colegas, por lo que debe ser comunicado y compartido con la comunidad científica de diferentes formas: en conversaciones informales, en seminarios científicos; en conferencias, coloquios, simposios u otros eventos científicos que las instituciones desarrollan sistemáticamente, para lo cual elaboran ponencias, conferencias, mesas redondas, informes de investigación o tesis de grado; artículos y revisiones bibliográficas que aparecen en revistas científicas y de divulgación, entre otras.

Los informes de investigación, elaborados por los colectivos científicos, tienen una serie de exigencias que es necesario tener en cuenta para

preservar el rigor de esta actividad. En general, deben tener introducción, desarrollo, conclusiones, bibliografía y anexos. La redacción debe ser en un lenguaje científico, lo cual estudiarás en la asignatura Literatura y Lengua. La bibliografía utilizada debe plasmarse con un orden preestablecido por la comunidad científica.

En estas publicaciones y eventos científicos la comunicación entre los investigadores debe caracterizarse por la libertad de expresión, la posibilidad real de confrontación, de discusión abierta y debate, ya que así es como las ideas se completan, se mejoran o se cambian. El discurso científico empleado en estos escenarios debe caracterizarse por la objetividad, claridad, rigurosidad y precisión de las ideas.

En Cuba se publican numerosas revistas científicas en el área de la biología, y se desarrollan sistemáticamente numerosos eventos científicos nacionales e internacionales en las universidades, centros de investigación, producción y servicios, en los cuales los investigadores presentan los resultados de su quehacer investigativo.



### Reflexiona

La investigación y generación de nuevos conocimientos requieren de normas morales que constituyen la ética de la ciencia, la utilización de modelos animales, la seguridad biológica, la veracidad de los datos en los experimentos; el rechazo al fraude o las presiones por intereses políticos; la comunicación veraz de los resultados, la aceptación o rechazo de los resultados en base al rigor de la argumentación y su capacidad de ser comprobados en la práctica, entre otras.

### Comprueba lo aprendido

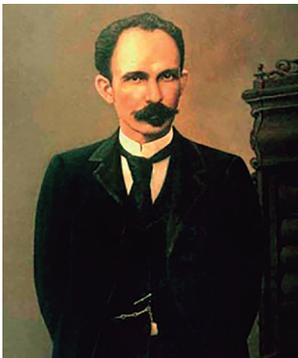
1. Define los siguientes conceptos: ciencia, investigación científica, innovación, conocimientos científicos, tecnología, métodos de investigación, problema, hipótesis y desarrollo. Elabora un esquema lógico en el que relaciones estos conceptos y un párrafo en el que expliques sus relaciones.
2. Clasifica los siguientes métodos que te presentemos en: métodos de investigación empíricos y métodos teóricos:
  - a) Analítico \_\_\_\_\_
  - b) Deductivo \_\_\_\_\_
  - c) Experimentación \_\_\_\_\_

- d) Modelación \_\_\_\_\_  
 e) Observación \_\_\_\_\_  
 f) Comparativo \_\_\_\_\_

3. Establece dos diferencias y dos semejanzas entre la observación y la experimentación como métodos de investigación científica.
4. Compara las técnicas de microscopía óptica y electrónica en cuanto a la fuente de energía, medio de amplificación, donde se obtiene la imagen y capacidad de aumento.
5. ¿Qué importancia tiene la comunicación de los resultados de las investigaciones mediante publicaciones y eventos científicos?
6. ¿En qué se deben distinguir las publicaciones y presentaciones en eventos, de los resultados de las investigaciones científicas, de otras formas de comunicación social?
7. Argumenta la importancia de la ciencia y la innovación tecnológica en la sociedad contemporánea. Demuéstralo con ejemplos de biología en Cuba.

### 1.3 El desarrollo de la investigación biológica y sus aplicaciones biotecnológicas se deben realizar sobre bases bioéticas

Los resultados de la ciencia deben estar en función de la paz y el desarrollo sostenible de la sociedad, lo cual fue expresado por nuestro Héroe Nacional (fig. 1.22). Para ello es necesario la introducción de los nuevos conocimientos biológicos en la práctica social, lo cual se realiza fundamentalmente desarrollando nuevos servicios y productos biotecnológicos, instrumentos, técnicas, equipos, códigos, leyes, entre otros.



*¿Para qué, sino para poner paz entre los hombres, han de ser los adelantos de la ciencia?*

*José Martí*

**Fig. 1.22** José Martí, nuestro Héroe Nacional

### 1.3.1 ¿Qué impactos ha tenido la biología moderna en la salud, la alimentación, el medio ambiente y la industria en general?

Las biotecnologías modernas han impactado ampliamente en la solución de los problemas más apremiantes de la humanidad, en sectores como: salud, alimentación, energía y medio ambiente. Sin embargo, su desarrollo no está exento de riesgos y efectos negativos para la vida y la humanidad en particular.

En el sector de la salud se han obtenido nuevos productos farmacéuticos, métodos de diagnóstico y tratamientos. Entre los nuevos productos podemos citar las vacunas, los antibióticos y las proteínas. Los métodos de diagnóstico incluyen sistemas enzimáticos, anticuerpos monoclonales y ensayos de ácidos nucleicos. Actualmente se investiga en la **terapia génica** y en los medicamentos dirigidos (fig. 1.23).



Fig. 1.23 Productos farmacéuticos, resultados de la biotecnología cubana

#### ¿Sabías que...?

El suplemento alimenticio **Spirulina** que se vende en las farmacias es producido por métodos biotecnológicos, a partir de cianobacterias.

El sector agrícola ha sido beneficiado con la obtención de nuevos productos mediante la ingeniería de plantas, la búsqueda de pesticidas, de biofertilizantes, la resistencia a enfermedades, la propagación mediante

cultivos *in vitro* de plantas y tejidos vegetales, el cultivo de algas y hongos para la alimentación humana y animal, y la obtención de plantas y animales **transgénicos**. Estos últimos han sido introducidos para el consumo humano por determinadas compañías que solo buscan ganancias, sin desarrollar todas las normas de seguridad, y se garantiza que no afecte a las personas, ni al medio ambiente en general (fig. 1.24).



**Fig. 1.24** Desarrollo de la agricultura moderna, la ingeniería genética y la agroecología gracias al cultivo *in vitro* de plantas

Se trabaja en la producción de semillas mejoradas genéticamente, de variantes de plantas y productos alimenticios de consumo animal, y en el mejoramiento genético del ganado en función de aumentar la productividad, disminuir la mortalidad de la masa ganadera e incrementar la conversión a proteína animal.

En el sector ambientalista se ha logrado el monitoreo de la contaminación ambiental y de la descontaminación del medio ambiente, así como la utilización de microorganismos para degradar y transformar los desechos contaminantes y materiales dañinos que son vertidos al medio ambiente. También se ha logrado el desarrollo de técnicas de conservación de especies en peligro de extinción o amenazadas.

En el sector energético se investiga el mejoramiento de la calidad del petróleo y su extracción, el desarrollo de nuevas fuentes energéticas alternativas (alcoholes, biogás, biodiesel y biohidrógeno), el uso de la biomasa para la obtención de electricidad y calor en la industria, así como la obtención de metano como fuente alternativa del combustible en automóviles u otros medios de transporte (fig. 1.25).



**Fig. 1.25** Planta de obtención de biogás

Los principales centros de investigación biotecnológicos a nivel mundial se encuentran en los países desarrollados, ya que estos poseen un equipamiento muy costoso y los recursos humanos de un alto nivel de especialización; sin embargo, en Cuba, el Centro Nacional de Investigaciones Científicas, fundado por la Revolución en la década del 60, fue pionero en estos estudios.

Más tarde, en 1981, cuando aún estaban en ciernes estas investigaciones a nivel mundial, se comenzaron a potenciar estas líneas de investigación por iniciativa del Comandante en Jefe Fidel Castro Ruz (fig. 1.26), creándose el Frente Biológico, y a partir de ahí, la infraestructura necesaria que posibilitó esta etapa de maduración científica. Así, fueron construidos y equipados con la tecnología más avanzada, un grupo de centros de investigación y desarrollo en diferentes provincias (fig. 1.27).



**Fig. 1.26** Fidel Castro Ruz, un entusiasta impulsor del desarrollo de la biotecnología cubana



**Fig. 1.27** Centros de investigación biológica destacados en el frente biotecnológico. De izquierda a derecha, Centro Nacional de Investigaciones Científicas, Centro de Ingeniería Genética y Biotecnología, Centro de Inmunología Molecular y Centro Internacional de Restauración Neurológica

### ¿Sabías que...?

La biotecnología cubana, con recursos y personal altamente especializado ha alcanzado resultados propios de países desarrollados, que además de ponerse en función de la salud de todo nuestro pueblo, le ha posibilitado obtener divisas con su comercialización a otros países, incluidos los del primer mundo, y brindar ayuda solidaria a otros países más pobres.

En la actualidad, este esfuerzo que hizo el país en los años 80 se ve coronado de éxitos en la obtención de nuevos productos farmacéuticos, el desarrollo de nuevos métodos y técnicas de diagnóstico y tratamiento de enfermedades, que no solo han logrado salvar la vida de muchos cubanos subvencionada por el Estado.

### Reflexiona

En numerosas ocasiones se ha denunciado el diseño de microorganismos patógenos y virus que provocan daños a los cultivos, los animales domésticos y al ser humano, los cuales se obtienen mediante técnicas biotecnológicas modernas, por laboratorios y científicos sin escrúpulos al servicio de potencias imperialistas, siendo usados como **armas biológicas** masivas o selectivas.

¿Qué opinión te merece este tipo de actividades terroristas?

### 1.3.2 ¿Cuál debe ser el comportamiento de toda persona ante el impacto del desarrollo de la biología?

Entre 1932 y 1972, en Tuskegee (Alabama), en los Estados Unidos, un grupo de científicos desarrollaron un estudio en individuos negros con sífilis (fig. 1.28). Se les hizo creer que se les daba un tratamiento adecuado, cuando en realidad solo se estaba observando cómo evolucionaba la enfermedad sin tratamiento. Nunca se pidió el consentimiento de los individuos durante la investigación, que continuó un tiempo después de haberse encontrado la cura con penicilina.



**Fig. 1.28** Fotografía de los experimentos en Tuskegee

¿Es la biología una ciencia que permite saber sobre la vida o para la conservación de la vida? ¿Qué opinas sobre la realización de experimentos en seres humanos sin su consentimiento? ¿Consideras que la búsqueda del conocimiento científico justifica este hecho?

La biología actual ha cambiado desde una posición basada en la observación e interpretación de los fenómenos, la incorporación de la experimentación con organismos vivos, hasta lograr una intervención más activa en los procesos naturales y en el destino de las personas con tecnologías modernas, que han generado nuevos poderes sobre la naturaleza y la creación de vida.

Paradójicamente, aunque el progreso en la ciencia y la tecnología debería suponer una mayor capacidad para ayudar a resolver los grandes problemas humanos, en la práctica, al dotarnos de instrumentos totalmente nuevos, se están produciendo impactos sobre el equilibrio natural y la vida, cuyas consecuencias son impredecibles, poniendo en riesgo de destrucción a la naturaleza y con ella a la especie humana.

Como respuesta a la preocupación sobre el impacto de la actividad humana en la sostenibilidad de la vida, surge la **bioética**, como una transdisciplina que crea un espacio entre el conocimiento científico y ético, entre el saber y los valores, propiciando el debate de problemas de nuevo tipo para los cuales la ética precedente resultaron insuficientes.



### Saber más

La ética, como sistema de conocimientos teóricos y filosóficos ha sido construida a lo largo de la historia de la humanidad con el objetivo de proyectar, justificar y reflexionar sobre la conducta moral humana en las diferentes circunstancias históricas y sociales. La moral como actividad, tanto material como espiritual, es el objeto de estudio de la ética, que ha estado confinada al estudio de los problemas interhumanos.

La bioética puede ser considerada una ética de la vida, surgida de la relación interdisciplinaria entre la ética, las ciencias biológicas, la biotecnología y los problemas del medio ambiente.

La **bioética** es una transdisciplina promotora de la reflexión moral sobre los dilemas de nuevo tipo que se presentan en la vida humana, a partir de los cambios introducidos por el desarrollo tecnológico y científico desde el siglo xx. Por lo tanto, amplía el círculo de lo moral a las relaciones humanas con la naturaleza.

De ella se espera una formulación de principios que permitan afrontar con responsabilidad, las posibilidades enormes, impensables hace solo unos años, que hoy nos ofrece la ciencia y la tecnología.

El criterio ético fundamental que regula esta disciplina es el respeto al ser humano, a sus derechos inalienables, a su bien verdadero e integral: la dignidad de las personas; por lo tanto, cualquier problema vinculado con



En los laboratorios docentes o de investigación y en general donde se trabaja con agentes bióticos de los que no se conoce si son causantes de enfermedades en seres humanos sanos y adultos, deben tomarse precauciones para evitar la contaminación ambiental. Entre estas medidas se encuentran: uso de batas sanitarias, guantes, nasobucos o caretas, limitación en el acceso a los laboratorios, presencia de botiquín, exámenes médicos periódicos de los trabajadores, existencia de cabinas de seguridad para la manipulación de los cultivos microbiológicos, el control de los desechos, entre otras (fig. 1.29).



**Fig. 1.29** El uso de medidas de bioseguridad ante enfermedades infecciosas por miembros de la brigada médica internacionalista cubana Henry Reeve

En los laboratorios donde se trabaja con agentes bióticos de riesgo, se diseñan barreras físicas y biológicas con diferentes niveles de contención para evitar la contaminación de las personas y del medio ambiente.



### Saber más

A nivel internacional se toman medidas de bioseguridad. El 10 de abril de 1972 se firmó por 22 países —incluyendo Cuba— la Convención sobre la prohibición del desarrollo, de la producción y del almacenamiento de armas biológicas y sobre su destrucción. Actualmente participan más de 130 países, todos los cuales incluyen, dentro de su legislación, los aspectos relacionados con el uso de microorganismos patógenos. Sin embargo, en muchas ocasiones estas regulaciones han sido violadas por potencias imperialistas en sus guerras de rapiña. En Cuba todos los centros de investigación y servicio vinculados con medios y procesos biológicos exigen el cumplimiento de estas regulaciones.

## Comprueba lo aprendido

1. Argumenta la afirmación siguiente: “El Estado cubano ha prestado especial atención a la biotecnología y la bioseguridad, cuyos resultados han contribuido al desarrollo económico y social del país”.
2. La bioética surge a inicios de los años 70 del siglo pasado. ¿A qué se debe el auge alcanzado por esta ciencia en las últimas décadas? Ejemplificalo con algunos problemas que esta aborda.

### 1.4 El estudio de los sistemas vivos tiene una gran significación en la formación de los educandos de la Educación Media Superior

Seguramente en la Educación Secundaria Básica participaste en demostraciones y prácticas de laboratorio de Biología, además de actividades investigativas que te acercaron al modo de actuación de los científicos. ¿Será necesario todo ese gasto de recursos y tiempo para aprender la Biología o basta con las clases y los libros?

Actualmente existe consenso acerca de la necesidad de lograr el aprendizaje de las ciencias como una actividad investigadora, lo cual se fundamenta en que la educación debe lograr la apropiación en las nuevas generaciones, de lo mejor de la experiencia histórico-cultural de la humanidad, uno de cuyos elementos principales es la experiencia de la actividad creadora por medio de la investigación científica (fig. 1.30).



**Fig. 1.30** Laboratorios escolares, importantes espacios de aprendizaje de la Biología

La actividad científico-investigativa ha adquirido especial relevancia, abarcando casi todas las esferas de la vida, convirtiéndose en uno de los elementos fundamentales del profundo cambio cultural que se está operando en la sociedad. Además, constituye una vía idónea para que profundices en las cuestiones estudiadas y reestructures tus concepciones, así como para que desarrolles una actitud crítica durante el análisis de las situaciones de aprendizaje. Esto posibilita la formación científica investigativa, pues pronto se encontrarán en las aulas universitarias, donde esta es una de las tareas centrales en tu futura formación como un profesional competente, creador y comprometido con nuestra sociedad.

Uno de los tipos de actividades prácticas que se realizarán en esta asignatura son las prácticas de laboratorio. En estas, la observación y la experimentación se rigen por métodos y procedimientos donde se presentan, comprueban o reafirman los conocimientos teóricos que son asimilados sistemáticamente, y se desarrollan habilidades en el trabajo científico práctico, utilizando equipos, instrumentos, material biológico diverso, entre otros recursos. Entre estos se destacan los microscopios, que ya conoces de grados anteriores.



### Saber más

Entre las habilidades prácticas del trabajo científico que podrás realizar en tus estudios en el preuniversitario tenemos: identificar contradicciones y problemas, elaborar preguntas, plantear hipótesis, diseñar observaciones y experimentos, utilizar equipos e instrumentos de laboratorio, medir y registrar datos, representar estructuras, construir e interpretar gráficas, elaborar esquemas conceptuales y modelos, redactar informes, entre otras.

El contacto directo con la naturaleza se puede desarrollar mediante las excursiones a la naturaleza y a establecimientos cercanos, de investigación y servicios. En estas puedes trabajar con muestras de objetos naturales, tomar fotos, entre otros, y posteriormente, montar una exposición.

Todas estas actividades tienen una gran importancia en tu formación, pues contribuyen a que vayas conformando poco a poco un modo de actuación científica que luego apliques en tu vida cotidiana, en tus estudios superiores y en tu futura profesión. Solo así podrás aportar mucho más al desarrollo sostenible de nuestro país. Recuerda que, como dijo nuestro Comandante en Jefe, Cuba deberá ser un país de hombres y mujeres de ciencia.

## Comprueba lo aprendido

1. ¿Qué importancia tiene la realización de actividades prácticas con la utilización de métodos científicos en el aprendizaje de la Biología?
2. Elabora una llave o cuadro sinóptico donde organices los recursos materiales que se utilizan en los laboratorios biológicos escolares, y una síntesis de su función.

Como conclusión de la unidad podemos decir que la biología como ciencia natural se especializa en el estudio de las regularidades de los sistemas vivos, y su amplio desarrollo a partir de las últimas décadas del siglo xx ha posibilitado la aplicación de los conocimientos científicos en la obtención de productos biotecnológicos que contribuyen al desarrollo sostenible de la nación.

A lo largo de las tres etapas del desarrollo histórico de las ciencias biológicas se destacaron muchos científicos y docentes en escuelas, institutos, universidades y centros de investigación, ofreciendo su talento de manera desinteresada a la causa común de la investigación científica para el bien de la humanidad, con abnegación, laboriosidad y sacrificio personal.

El proceso de investigación científica es ordenado, consciente y creador. Consta de una serie de etapas o momentos de carácter cíclico, que conducen a la obtención de nuevos conocimientos que abren nuevas interrogantes conduciendo a nuevos problemas, lo que hace comenzar nuevamente el ciclo.

El alcance de las investigaciones biológicas en la actualidad y sus aplicaciones biotecnológicas impone normas de comportamiento bioético, en especial, las de bioseguridad, para proteger la vida humana por encima de cualquier cosa.

## Desafíos

1. Elabora un producto digital acerca de la historia de la biología en Cuba y en el mundo, incluyendo imágenes de científicos destacados y sus principales contribuciones a la humanidad en esta ciencia. Para esto puedes seleccionar una etapa determinada y consultar diferentes bibliografías existentes en las bibliotecas y en la web.
2. Cuando en Cuba se hace un ensayo clínico de un medicamento o de una vacuna, se realiza un procedimiento denominado consentimiento informado de los sujetos que participan en el ensayo. Investiga si

en tu área de salud se ha desarrollado algún ensayo clínico e indaga cómo se realiza este procedimiento y por qué. Contrasta esta situación con la descrita en el estudio Tuskegee de los Estados Unidos.

**3.** Localiza en algún periódico, revista o libro de divulgación científica, una comunicación sobre alguna investigación. Identifica en la misma los componentes del proceso de investigación que se describen en el capítulo.

**4.** Localiza en la biblioteca o en internet el discurso pronunciado por el Comandante Fidel Castro Ruz el 15 de enero de 1960 en el acto celebrado por la Sociedad Espeleológica de Cuba en la Academia de Ciencias.

a) Argumenta por qué Fidel plantea la necesidad de que el futuro de nuestra patria sea un país de hombres de ciencia, de hombres de pensamiento.

b) Ejemplifica qué ha hecho el Estado cubano con vista a alcanzar ese fin.

## Actividades prácticas

**Tarea extraclase investigativa:** La biología en la localidad

**Objetivo:** Desarrollar habilidades en la gestión de conocimientos sobre la historia e impactos de la biología, de la localidad donde se encuentra el instituto preuniversitario

**Tipo de investigación:** Indagación bibliográfica y comunitaria

**Métodos:** Entrevista y análisis documental

**Temáticas:**

- Vida y obra de personalidades de la localidad destacadas en el desarrollo de la biología y su enseñanza
- Impactos de los avances de las ciencias biológicas y sus aplicaciones en la medicina, la industria, la producción agropecuaria, la conservación del medio ambiente y la investigación científica en la comunidad donde está enclavada la institución educativa.

**Acciones que se deben desarrollar**

- 1.** Gestionar información bibliográfica acerca de los logros de la biología en Cuba y en especial de la comunidad
- 2.** Visitar centros de investigación, servicios y docentes de la localidad, vinculados con la biología

3. Realizar entrevistas a personalidades destacadas en el campo de las ciencias biológicas de la localidad: investigadores, médicos, enfermeras, laboratoristas, docentes de Biología, agrónomos y veterinarios
4. Elaborar el informe de investigación con los aspectos siguientes:
  - Presentación: título, autores, fecha, centro y grupo
  - Introducción
  - Desarrollo: materiales y métodos utilizados y discusión de los resultados
  - Conclusiones
  - Bibliografía
  - Anexos

## Práctica de laboratorio

### Utilización del equipamiento del aula-laboratorio

**Objetivo:** Sistematizar habilidades prácticas para la observación microscópica y la utilización de otros recursos del aula-laboratorio de Biología

**Métodos:** Estudio documental y observación microscópica

### Contenidos

- Uso y manejo correcto de los equipos y utensilios de laboratorio

Cuidados que se deben seguir para trasladar correctamente el microscopio óptico:

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

Antes de comenzar a observar:

- Adopta una posición correcta del cuerpo (situarse por detrás del brazo del microscopio óptico), la que se mantendrá durante toda la observación.
- Garantiza que el ocular y el objetivo de menor aumento estén bien colocados.
- Con la ayuda del tornillo macrométrico, acerca lo más posible la lente de menor aumento a la platina, o mueve la platina hacia arriba, dependiendo del diseño de microscopio que se utilice.
- Abre completamente el diafragma del microscopio óptico.
- Inclina el espejo en distintas posiciones hasta iluminar el campo visual del microscopio. Realizar esta operación, observando por el ocular hasta 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 la ayuda de tu docente.

- Si el microscopio óptico posee lámpara, conéctala a la red eléctrica que indica el equipo, y observa por el ocular.

Para realizar la observación microscópica:

- Coloca la preparación microscópica sobre la platina, de modo tal, que la muestra quede sobre el orificio de esta.
- Mira lateralmente al microscopio óptico y manipula el tornillo macrométrico para acercar la lente objetiva de menor aumento a la preparación microscópica.
- Observa por el ocular (recuerda que se deben tener los dos ojos abiertos) y mueve lentamente el tornillo macrométrico para separar el objetivo de la preparación microscópica, hasta enfocar.
- Mueve suavemente el tornillo micrométrico para precisar con más claridad lo observado. Ajusta la intensidad de la luz, regulando el diafragma.
- Desplaza ligeramente la preparación microscópica, hasta localizar la mejor zona de observación.
- Dibuja lo observado en la libreta en un círculo que representa el campo del microscopio.
- Determina el aumento a que se está observando y escríbelo al lado derecho del dibujo. Para hallar el aumento total se multiplica el aumento de la lente ocular por el de la lente objetiva. Estos datos aparecen grabados en las lentes. Por ejemplo, si el aumento de la lente ocular es de 10 X y el de la lente objetiva es 15 X, su multiplicación (150 X) nos da el aumento total, lo que significa que lo que se está observando se ha aumentado 150 veces su tamaño real.
- Coloca otra lente objetiva, con el aumento que le continúa, moviendo el revólver hasta sentir el tope y mueve el tornillo micrométrico hasta lograr el enfoque.
- Sitúa la cámara digital multifunciones para compartir las observaciones realizadas con tus compañeros de aula.

Concluida la observación se debe preservar el equipo, para ello:

- Retira la preparación microscópica de la platina.
- Seca las partes mecánicas del microscopio óptico.
- Sitúa el objetivo de menor aumento y acércalo lo más posible a la platina, moviendo el tornillo macrométrico.

- Cubre el microscopio óptico con su funda de nailon y colócalo en un lugar seco, alejado de sustancias químicas o de altas temperaturas, o guárdalo en su estuche.

En esta práctica es factible utilizar la cámara fotográfica acoplada al microscopio, lo que permite la observación colectiva y el debate de las conclusiones.

#### Materiales

- Todos los equipos y utensilios del laboratorio escolar que utilizarán en el preuniversitario.
- Preparaciones microscópicas fijas.
- Muestra de material biológico recolectado (hojas e insectos pequeños, entre otros).

#### Actividades

1. Observa todos los equipos y utensilios del laboratorio escolar que utilizarás en el preuniversitario.
2. Identifica y nombra en la libreta los que son de vidrio y posteriormente los que son de metal.
3. Describe brevemente para qué se utilizan cada uno de estos en el laboratorio escolar.
4. Observa al microscopio óptico la preparación fija que te entregó el docente. Ten en cuenta las recomendaciones anteriores. Realiza el dibujo de lo observado y anota el aumento utilizado.
5. Analiza con tus compañeros de equipo y con el docente los errores que cometiste en el manejo de este instrumento. Elabora una lista con estos errores, de modo que en las siguientes prácticas de laboratorio los puedas eliminar.
6. Valora el dibujo realizado, teniendo en cuenta las recomendaciones del docente y perfecciona tu trabajo.
7. Selecciona de los materiales biológicos que aportaste a tu puesto de trabajo un organismo pluricelular o una parte de él. Colócalo en el estereomicroscopio, observa y dibuja lo observado.
8. Escoge otro organismo pluricelular o una parte de él, preferentemente de diferente reino.

- a) Observa con el estereomicroscopio y colócalo debajo de la lupa.
- b) Dibuja lo observado.

## Conclusiones

1. ¿Cuál es la diferencia que existe entre los diferentes equipos ópticos del laboratorio (microscopio óptico, estereomicroscopio y lupa)?
2. ¿Cuáles son las partes ópticas y cuáles las mecánicas del microscopio óptico, y del estereomicroscopio?
3. ¿De dónde extrajiste los organismos o partes de ellos? ¿Qué reglas seguiste para realizar la colecta, sin dañar el medio ambiente?
4. ¿Cómo valoras el conocimiento que tienes del equipamiento y tus habilidades para el empleo del material de laboratorio? ¿Qué deberás hacer para perfeccionarlas?



# CAPÍTULO 2

## Características esenciales de los sistemas vivos

*La vida es el modo de existencia de los cuerpos albuminoides, cuya naturaleza esencial consiste en un intercambio permanente de sustancias con la naturaleza exterior que los rodea y que, al cesar este intercambio, deja también de existir, entrando la albumina en estado de desintegración.<sup>1</sup>*

*Federico Engels*

**H**asta donde sabemos, la vida ha hecho de nuestro planeta un lugar singular. No existe un paisaje que no esté modelado por los sistemas vivos. Sin embargo, la asombrosa biodiversidad que existe en nuestro planeta está en riesgo. Si antes de 1850 se extinguía una especie cada diez años, después del año 2000, el ritmo de extinción se ha intensificado a una especie por cada hora. La humanidad, es parte de la naturaleza, por lo que su propia existencia también está en peligro.



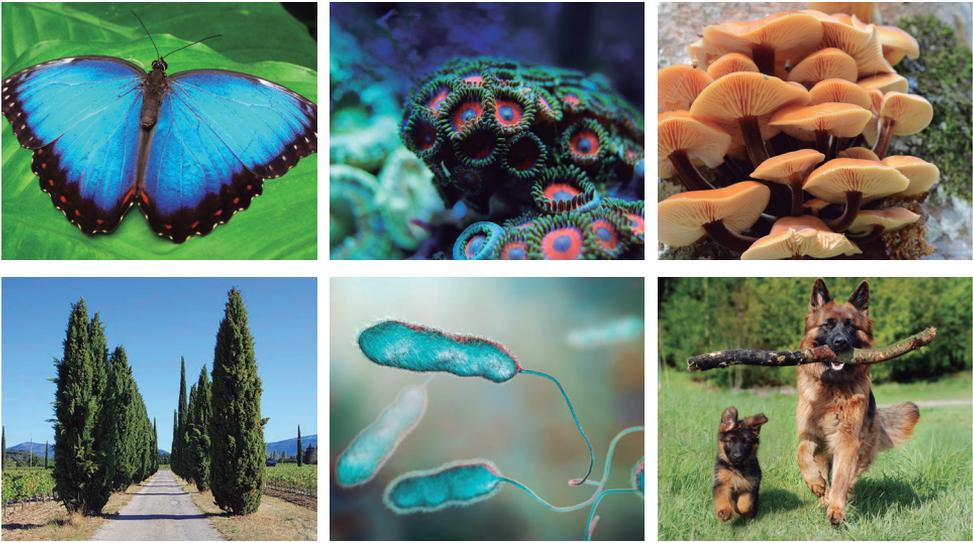
### Reflexiona

¿Podemos proteger y conservar la vida, incluyendo la nuestra, si no la conocemos?

¿Qué características distinguen a los sistemas vivos y a la vez permiten su diversidad?

Si observas detenidamente la naturaleza cuando vas al campo o a una playa, encontrarás una extraordinaria diversidad de organismos con formas, tamaños, adaptaciones morfológicas y funcionales diferentes, entre otras (fig. 2.1).

<sup>2</sup> Federico Engels: *Didáctica de la naturaleza*, p. 259.



**Fig. 2.1** Diversidad del mundo vivo

Con el estudio de este capítulo, podrás conocer cuáles son las características esenciales que permiten distinguir lo vivo de lo no vivo y que permiten explicar la unidad y diversidad de los sistemas vivientes, como base para poder proteger, conservar y hacer un uso sostenible de la biodiversidad.

## 2.1 Los sistemas vivientes presentan características esenciales que evidencian la unidad y diversidad del mundo vivo

La vida es la manifestación de procesos vitales que ocurren en los organismos vivos. La generalización de sus características ha sido objeto de estudio en la biología desde el siglo xx y existen muchas propuestas realizadas por diversos autores.

### Ayuda para aprender

¿Qué es una generalización? Son regularidades esenciales que caracterizan las relaciones entre los diferentes objetos, fenómenos y procesos, o sus características.

Si comparas las características de la vida propuestas por diversos autores en diferentes textos científicos y docentes, encontrarás que no hay uniformidad en estas. A continuación, te proponemos una sistematización de mayor nivel de esencialidad e integración, realizada a partir de la revisión de diferentes literaturas.

### ¿Cuáles son las características esenciales de los sistemas vivientes?

1. Su elevada **complejidad**, organizada en niveles de jerarquía creciente.
2. **Integridad** en su funcionamiento como un todo.
3. **Autorregulación** de su funcionamiento, mediante la irritabilidad, la homeostasis y el metabolismo, que posibilitan el mantenimiento de la vida, en interrelación con el medio ambiente.
4. Se reproducen y desarrollan, mediante información genética que poseen y transmiten a su descendencia, en interacción con factores ambientales, logrando así su **autoperpetuación**.
5. Evolucionan con el decurso del tiempo, resultando de ello su extraordinaria **diversidad** y **adaptación** a nuevas condiciones ambientales.

Estas características constituyen, en síntesis, la manifestación de muchos procesos y funciones involucrados en el funcionamiento íntegro de los sistemas vivientes. En el fenómeno de la vida están involucradas las cinco características presentadas, y se consideran esenciales, pues la ausencia de una sola de estas no permitiría que el sistema sea considerado vivo, o si lo era, la pérdida de una de estas podría ocasionarle la muerte.

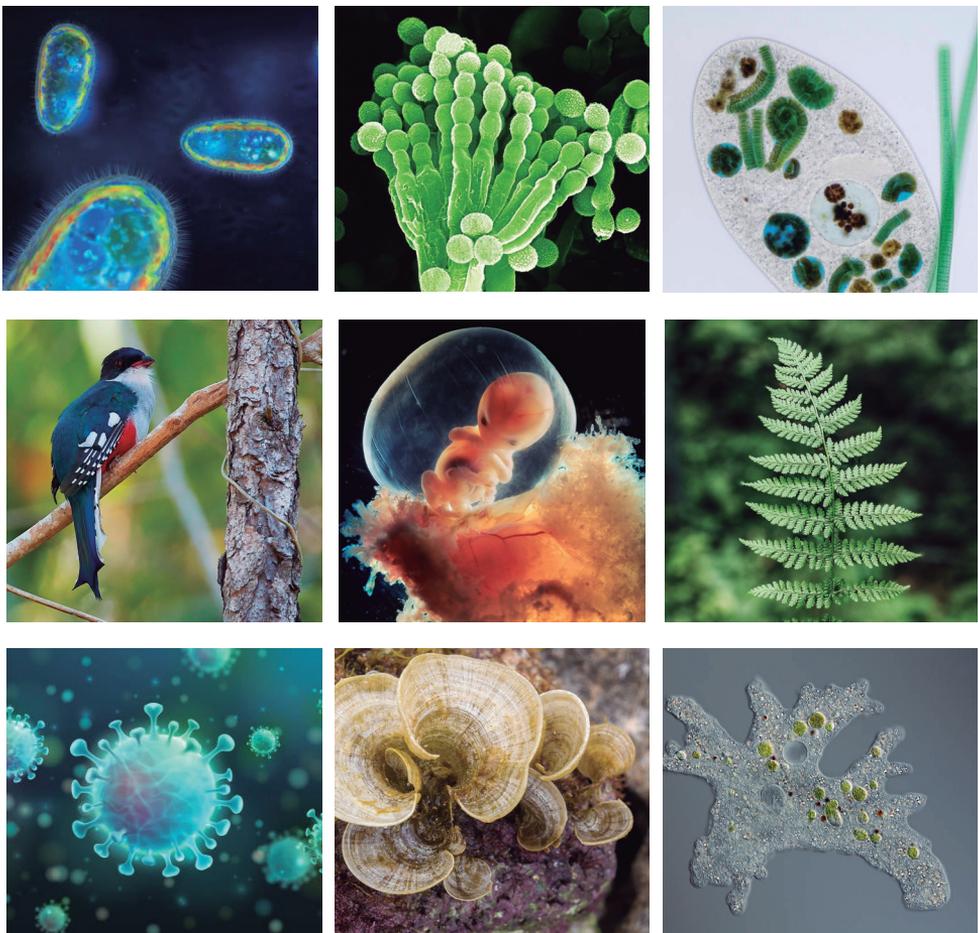
En los próximos epígrafes se presentan cada una de estas características a manera de introducción, las cuales serán retomadas y profundizadas en el transcurso de tus estudios en toda la Educación Media Superior.

### Comprueba lo aprendido

1. Extrae las palabras clave de cada una de las características esenciales de los sistemas vivientes y elabora con ellas un esquema lógico que permita evidenciar las relaciones que entre estas se producen.
2. Redacta varios párrafos en los que expliques las relaciones que se evidencian en el esquema lógico elaborado antes.
3. ¿Por qué las características estudiadas en este epígrafe son consideradas como esenciales de la vida?

## 2.2 Los sistemas vivos son muy complejos, y para su estudio se organizan en niveles de complejidad creciente

Las formas de vida que existen en el planeta (fig. 2.2) muestran semejanzas y diferencias en cuanto a composición química, estructura, tamaños, entre otras características visibles a simple vista, pero si profundizamos en su naturaleza química, sus funciones y reacciones metabólicas que realizan, entonces comprenderemos los diversos grados de complejidad que manifiestan.



**Fig. 2.2** Diversidad de sistemas vivos con diferentes grados de complejidad

La elevada complejidad de la materia que conforma a los sistemas vivientes queda evidenciada en la gran diversidad de componentes de diferente naturaleza que la integra, tanto sustancias inorgánicas como sustancias orgánicas, las cuales estudiaste en la asignatura Química en la Educación Secundaria Básica. Como recordarás, todas estas sustancias están formadas por átomos, o sus iones, lo cual constituye el nivel elemental de organización de la materia: el **nivel atómico**. Dichos átomos e iones se pueden unir formando moléculas simples o compuestas, las cuales integran el **nivel molecular**. Ambos niveles se identifican como abióticos, pues aunque forman parte de la materia viva, sus componentes, por sí solos, no manifiestan todas las propiedades y funciones de la vida (ver esquema 2.1).

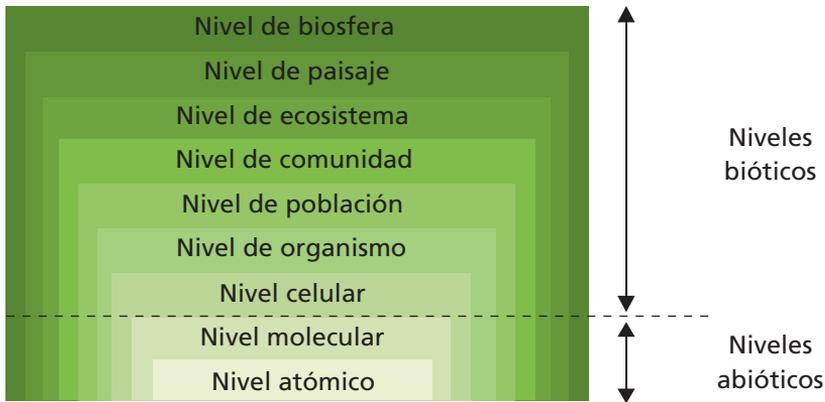
En la materia viva, las moléculas se integran entre sí y conforman sistemas mucho más complejos en los que se manifiestan las propiedades y funciones de la vida, por lo que constituyen niveles bióticos (ver esquema 2.1). El primero es el **nivel celular**, y las células que lo conforman, como bien conoces de grados anteriores, constituyen la unidad de estructura y función de los organismos. En los organismos unicelulares, las células funcionan de manera independiente, pero en otros se integran conformando a los organismos pluricelulares. Ambos tipos constituyen el **nivel de organismo**.

Los organismos se asocian en poblaciones de la misma especie integrando el **nivel de población**. Estas conviven y se interrelacionan con poblaciones de otras especies, conformando así las comunidades, con las cuales se asciende al **nivel de comunidad**.

Todos los ecosistemas y paisajes existentes en nuestro planeta, conforman el **nivel de biosfera**, donde estas interactúan entre sí y con los factores abióticos, contribuyendo al equilibrio de la naturaleza.

Un aspecto importante para la comprensión materialista dialéctica de la vida es la concepción de su organización en diferentes niveles de organización que caracterizan la complejidad antes descrita. El siguiente modelo (esquema 2.1) te muestra cómo desde la ciencia se puede comprender la organización de esta complejidad.

En cada uno de estos sistemas bióticos se manifiestan relaciones con el medio ambiente. Por ejemplo, las comunidades establecen relaciones con factores abióticos conformando los **ecosistemas**.



**Esquema 2.1** Niveles de organización de la materia en el planeta Tierra

Este sistema de niveles se caracteriza por las relaciones siguientes:

- De inclusión
- De complejidad
- Con respecto al número de unidades
- De interdependencia mutua

A continuación, se analiza cada una de estas relaciones.

Cada nivel está **incluido** en los que le suceden y, a su vez, incluye a los que les anteceden, evidenciando una organización jerárquica, es decir, los niveles superiores incluyen a los inferiores y los inferiores están incluidos en los superiores.

Este patrón de organización en niveles se caracteriza por el **incremento de la complejidad** al pasar de uno de inferior jerarquía a otro de mayor jerarquía: los inferiores son menos complejos que los superiores, de modo que la complejidad es creciente a medida que se asciende en el sistema de niveles. Por el contrario, el **número de unidades** disminuye a medida que se asciende en el sistema de niveles; por ejemplo: hay más moléculas que células, y muchas más células que organismos y así, sucesivamente.

**Ningún nivel es independiente del resto**, el funcionamiento de cada uno depende de los otros. Los niveles superiores integran las funciones de los niveles inferiores, funcionando como un todo. Esto evidencia una interrelación e interdependencia mutua, sin la cual, un nivel puede dejar de funcionar por el mal funcionamiento de uno que le sirve de base o ante alguna afectación de otro que esté por encima en la organización jerárquica.

Por la importancia de esta concepción integradora de los niveles, en el desarrollo de tu pensamiento científico, estas interrelaciones serán objeto de profundización en los fenómenos de la vida durante tus estudios en el preuniversitario.

En los niveles bióticos se manifiestan las propiedades físicas y químicas de los niveles abióticos que le anteceden, las que sirven de base a las propiedades y funciones emergentes que caracterizan la vida, de ahí su interrelación.

Estos niveles de organización de la vida no funcionan independientes del medio ambiente abiótico, por lo que en los estudios biológicos es necesario tener en cuenta el ambiente donde viven los organismos, para analizar sus relaciones; por eso se estudian los **ecosistemas**, en los que se ubican las comunidades; los **paisajes**, donde se encuentran diferentes ecosistemas y la **biosfera**, que integra a todos los paisajes y con ello, la vida del planeta. Estos niveles de organización son propios de estudios ecológicos y geográficos, y tienen una gran importancia para valorar el impacto de la actividad humana en los problemas ambientales a nivel local y global.

### Comprueba lo aprendido

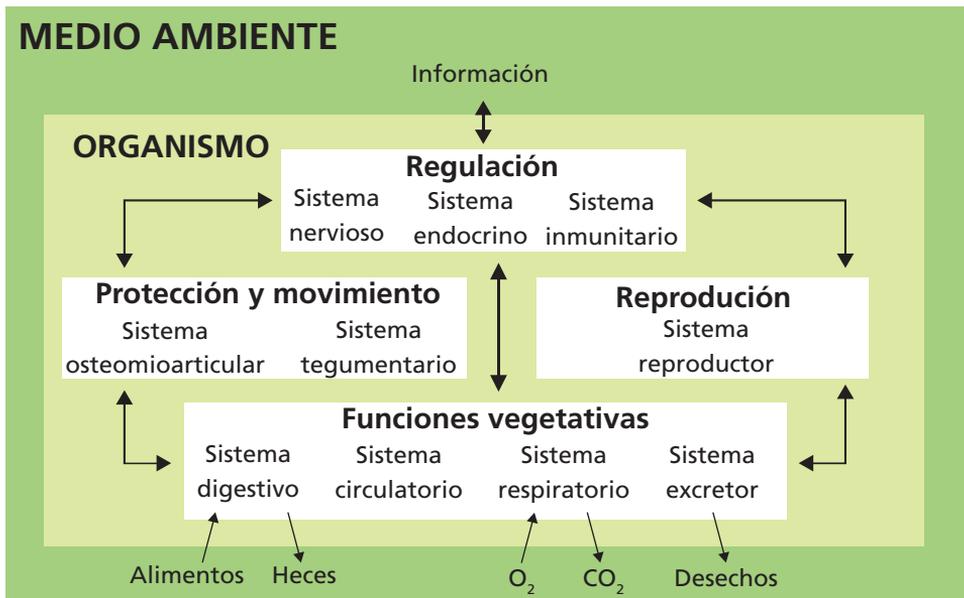
1. En una excursión a la naturaleza se encontró un cuerpo inerte, del cual algunos educandos decían que estaba vivo, pues tenía la forma de una planta, sin embargo, otros negaron dicha opinión. ¿Cómo se podría saber si este objeto está vivo o no?
2. En el párrafo siguiente, identifica los niveles de organización de la materia que se manifiestan:

En una excursión al Pico Turquino de la Sierra Maestra un grupo de educandos de décimo grado observó la copiosa vegetación en la que abundaban las plantas de frutales como guayaba, plátano fruta, mamey o zapote, entre otras, y abundante pasto o yerba que tapizaba el suelo. Al atravesar un cafetal recolectaron una hoja en una planta, en la cual detectaron la presencia de manchas blancas, lo que les hizo pensar que podrían estar enfermas. Cuando regresaron al preuniversitario colocaron al microscopio un corte de la hoja colectada y observaron dentro de una de las células la presencia de punticos muy pequeños, que infirieron eran bacterias.

3. Una mayor complejidad es una cualidad esencial que distingue la materia viva de la no viva. Argumenta este planteamiento.

## 2.3 La integridad biótica es la manifestación de las relaciones estructura-propiedades-funciones y el funcionamiento dinámico en interacción con el medio ambiente

Desde tus estudios en la Educación Secundaria Básica te familiarizaste con el concepto integridad biótica. Por ejemplo, en noveno grado, cuando analizaste al organismo humano como un todo, se develaron las relaciones que existen entre todos los sistemas de órganos que lo integran (esquema 2.2), así, por ejemplo, el sistema tegumentario proporciona protección a todo el organismo. El sistema nervioso participa en la regulación del funcionamiento de los demás sistemas, pues la información detectada por los órganos de los sentidos le permite al organismo dar respuestas ante los cambios del medio ambiente, logrando, como un director de orquesta, armonizar su funcionamiento.



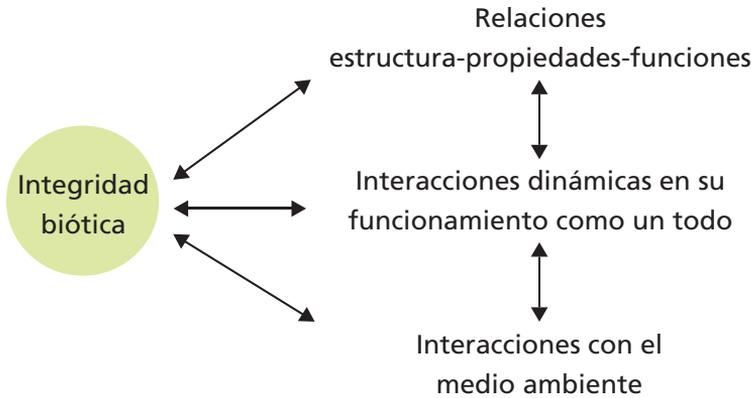
**Esquema 2.2** Modelo de las relaciones entre todos los sistemas de órganos y funciones del organismo humano

Como se observa en el ejemplo, la complejidad del organismo humano se evidencia en su integridad; así es como funcionan los sistemas vivos en interrelación con el medio ambiente.

Se puede entonces definir la integridad biótica de la siguiente manera:

La **integridad biótica** no es más que la manifestación del entramado de relaciones, interacciones o nexos, existentes entre los componentes de un sistema vivo, que posibilitan su funcionamiento dinámico como un todo, en interrelación con el medio ambiente.

En el estudio de la integridad biótica es necesario analizar tres aspectos de este fenómeno, como se muestra en el esquema 2.3.



**Esquema 2.3** Componentes de la integridad biótica como expresión de la alta complejidad de los sistemas vivos

Esta cualidad de la vida ha sido identificada por la ciencia en todos los niveles bióticos en que se manifiesta, por lo que es posible hablar de la integridad celular, la integridad del organismo, de las poblaciones, las comunidades y de la biosfera. En cada uno de estos niveles es posible descubrir los tres aspectos antes presentados en el esquema 2.3, con lo cual se logra explicar la esencia de la vida y la causa de determinados fenómenos que se presentan ante la pérdida de dicha integridad, y que se pueden manifestar en las enfermedades o la extinción de las especies.



### Saber más

La palabra **integridad** significa unidad interna del objeto y de los procesos que transcurren en los sistemas complejos. Está vinculada también al concepto **interacción**, entendida como un proceso de influencia mutua de unos cuerpos o procesos sobre otros. En todo sistema íntegro, la interacción va acompañada del reflejo mutuo por los cuerpos de sus propiedades, en virtud de lo cual estos pueden experimentar cambios.

Para comprender la relación estructura-propiedades-funciones, es necesario precisar las definiciones de cada uno de los conceptos en esta implicados. Comenzaremos con el concepto estructura que has utilizado ya en tus estudios en la Educación Secundaria Básica.

La **estructura** es la forma como se organiza un sistema, mediante una red de conexiones internas entre sus componentes, las combinaciones y disposiciones de estos en el espacio.

La estructura de una célula consiste en la forma como se organizan, disponen en el espacio e interconectan las partes que la componen, como son la membrana citoplasmática, el material genético, el citoplasma, entre otras.

La propiedad es otro aspecto a considerar en el análisis de las relaciones involucradas en la integridad biótica.

**Propiedad** significa atributo o cualidad de alguien o algo, de la cual depende su función.

Como resultado de la evolución se originaron los niveles bióticos, en los cuales, además de las propiedades físicas y químicas, emergieron nuevas cualidades: las propiedades bióticas.



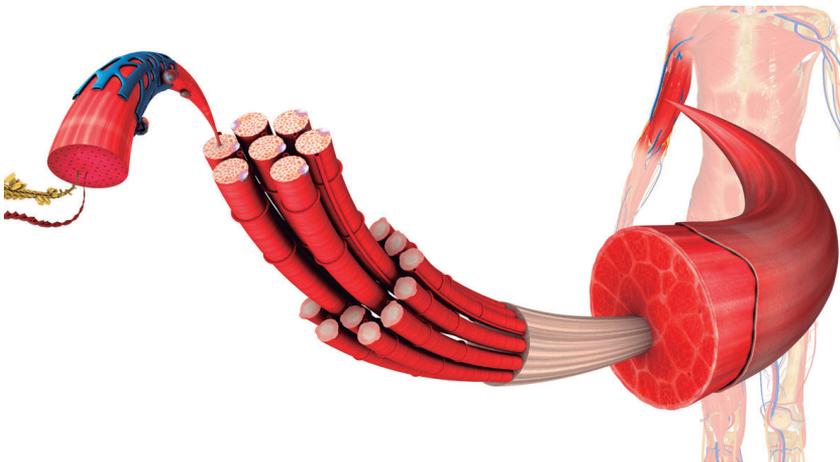
### Recuerda que...

Entre las propiedades físicas estudiaste la temperatura, la presión, la velocidad, el volumen específico, la ebullición, la fusión, la densidad, la dureza, la concentración, la solubilidad, entre otras.

Entre las propiedades químicas estudiaste la acidez, la alcalinidad, el carácter reductor u oxidante, la volatilidad, el carácter desecante o diluyente, la polaridad, la apolaridad o dipolaridad, la solubilidad, la valencia, la catalítica, la electrolítica, entre otras.

Entre las propiedades bióticas emergentes estudiaste la irritabilidad de las células ante los estímulos del ambiente, la contractilidad y conductibilidad de las fibras musculares, entre otras.

Las propiedades de un sistema viviente dependen de la estructura que poseen las biomoléculas, las células, los órganos que los constituyen. Así, por ejemplo, la propiedad de contractibilidad de los músculos depende de cómo están organizadas ciertas miofibrillas en el interior de cada una de las células (fig. 2.3), es decir, depende de la estructura de la fibra muscular.



**Fig. 2.3** Contracción de los músculos: causas del movimiento muscular

En la Educación Media Superior estudiaste las funciones que realizan los organismos vivos como la regulación, la nutrición, la ventilación, entre otros.

La **función** es la manifestación externa de las propiedades de un sistema.

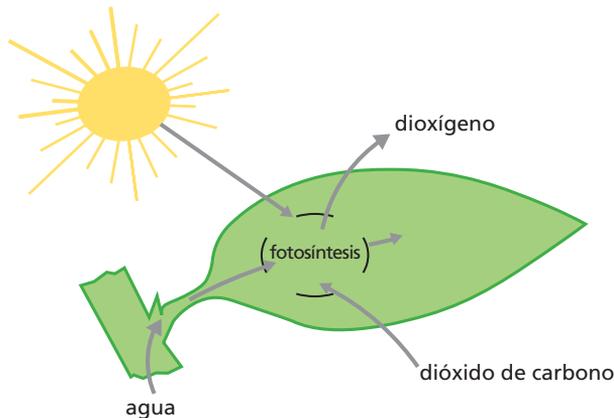
Como hemos visto, la realización de una función depende de las propiedades que poseen las moléculas, las células y los órganos. Por ejemplo, la función de locomoción depende de las propiedades de excitabilidad,

contractilidad y conductibilidad de las células o fibras musculares que conforman a los músculos.

Como ejemplo de una función muy importante en los organismos se pudiera recordar la nutrición, estudiada en grados anteriores. Tanto una planta de mango, una mosca, un pez o una bacteria incorporan a su organismo sustancias del medio ambiente que constituyen los alimentos, de los cuales pueden obtener la energía y la materia que necesita su cuerpo, permitiéndoles crecer y desarrollarse.

Sin embargo, no todos se nutren de la misma forma. Si comparas la nutrición de una planta con la de un animal enseguida notas la diferencia dentro de los aspectos comunes de esencia. Los diversos tipos de nutrición de los organismos se pueden clasificar en dos grandes grupos: autótrofos y heterótrofos.

Los **organismos autótrofos** son aquellos que elaboran las sustancias alimenticias a partir de sustancias más simples, como el agua o las sales que toman del medio ambiente, esto hace que no dependan de otros organismos al nutrirse. Este es el caso de las plantas que, mediante la **fotosíntesis**, producen sus propias sustancias alimenticias como azúcar, almidones y grasas (fig. 2.4).



**Fig. 2.4** Modelo de nutrición autótrofa en la hoja de una planta verde

Los **organismos heterótrofos** son los que utilizan sustancias elaboradas por otros organismos, de los cuales depende su nutrición. Ejemplos de estos pudieran mencionarse la ameba, los hongos, los peces, los humanos, entre muchos otros. Aún entre estos organismos existe diversidad, ¿se nutre un pez igual que un hongo de sombrerillo?

Muchos organismos heterótrofos, como el ser humano, el tiburón, el tocororo y la jutía, por ejemplo, ingieren sustancias alimenticias que toman de otros organismos vivos o muertos y que digieren dentro de su cuerpo. A esta forma de nutrición heterótrofa se le llama **ingestiva**.

Otros heterótrofos, como el hongo de sombrerillo, no ingieren las sustancias nutritivas, sino que las absorben ya simplificadas, directamente del medio donde habitan, procedentes de restos de otros organismos, de sus desechos, de productos elaborados por ellos, o de organismos vivos como es el caso de los parásitos. Debes recordar que a esta forma de nutrición heterótrofa se le denomina **absortiva**, pues como bien alude su nombre los organismos absorben los nutrientes después de digerirlos en el medio, a diferencia de la nutrición de los animales que comen su alimento y los digieren en su interior mediante un sistema de órganos especializados.

Como ves, la nutrición, como el resto de las funciones vitales, se presenta en la naturaleza en una amplísima diversidad de adaptaciones que han posibilitado la supervivencia de los organismos a muy diversas condiciones ambientales, lo que origina una gran diversidad biótica.

El **funcionamiento dinámico como un todo**, de un sistema viviente íntegro, está en dependencia del estado de las relaciones que se producen entre sus componentes estructurales y funcionales (ver esquema 2.2 que modela las relaciones en el organismo humano estudiadas en noveno grado).

Por último, las relaciones con el medio ambiente están dadas por el intercambio de materia, energía e información entre los sistemas vivientes y el medio ambiente, como se puede comprobar al analizar cualquiera de las funciones que caracterizan a un organismo, pues no pueden realizarse sin la presencia o la incidencia de algún recurso ambiental. La información acerca de los cambios que ocurren en el medio, constituye estímulos en la autorregulación del sistema viviente.

### Comprueba lo aprendido

1. A continuación te damos una serie de términos científicos de la biología: respiración, temperatura, nutrición, difusión, contractibilidad, permeabilidad, presión, movimiento, reproducción, defensa, regulación endocrina, concentración, irritabilidad y homeostasia.
  - a) Clasifícalos en los grupos siguientes: propiedades y funciones.

2. Selecciona uno de los objetos que estudia la biología, por ejemplo, el organismo de un gato, de una planta de marpacífico o de un paramecio.
  - a) Identifica en el ejemplo seleccionado las partes o componentes que lo constituyen. Representalo en una llave o esquema lógico.
  - b) A continuación, describe cómo es la estructura del organismo seleccionado.
  - c) Intenta mencionar algunas de sus propiedades y funciones.
  - d) Elabora un cuadro con los componentes, la descripción sintética de la estructura de cada uno, luego sus propiedades derivadas y finalmente la función que realiza. ¿Se evidencian las relaciones estructura-propiedades-funciones? Argumenta.
  
3. Argumenta la siguiente expresión basándote en los tres componentes del concepto integridad biótica: "La integridad biótica es una característica esencial en todos los seres vivos, y su pérdida puede conllevar su muerte".

## **2.4 La autorregulación del funcionamiento de los sistemas vivientes en interacción con el medio ambiente, posibilita el mantenimiento de la vida**

Ante la visión de una presa, un animal carnívoro en un bosque se abalanza atrapándola con sus garras y dientes, comportamiento que solo dura unos segundos, sin embargo, en el interior de su organismo han ocurrido un sinnúmero de procesos y funciones que posibilitan su supervivencia, al poder encontrar alimento y así mantenerse vivo, ¿cuáles son esas funciones, y qué propiedades de la vida la posibilitan?

En cada ser vivo, normalmente, la compleja organización se logra mantener estable y en estado funcional con el decurso del tiempo en que prolonga su vida. Así se mantienen las reacciones metabólicas que le proporcionan las sustancias nutritivas y la energía necesarias en los procesos vitales. También se mantiene el equilibrio del medio interno u homeostasia, sin el cual el sistema se desorganizaría. Por otra parte, sin información del medio externo o interno el organismo no puede regular su funcionamiento, esto lo hace posible la irritabilidad.

La **homeostasia** es la propiedad de los sistemas bióticos de mantener en equilibrio su medio interno.

El suministro de los materiales del medio ambiente y de la energía que se utiliza en el metabolismo, se logra mediante las **funciones vegetativas**, llamadas así por mantener la vida del sistema viviente. Estas funciones son: la nutrición, la respiración, el transporte de sustancias por medio del sistema y la excreción de los desechos del metabolismo.



### Recuerda que...

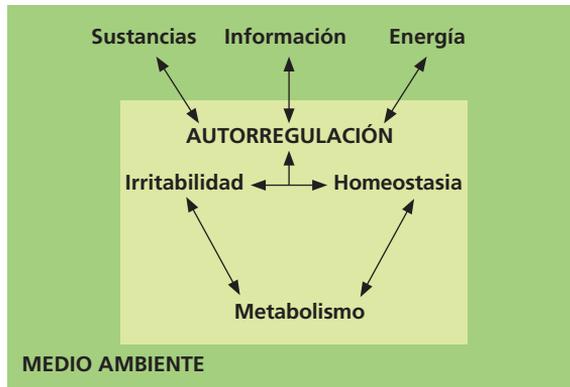
El **metabolismo** es una expresión del movimiento en la materia viva, constituido por el conjunto de reacciones bioquímicas acopladas y reguladas por enzimas, que ocurre en las células en interacción con el medio ambiente, en las que se degradan y se sintetizan sustancias.

Por su parte, la homeostasia está estrechamente relacionada con la **irritabilidad**, la cual constituye la propiedad básica de la función de regulación nerviosa.

La **irritabilidad** es la propiedad de la materia viva de percibir y responder ante los cambios que ocurren en el medio externo e interno.

Estas tres propiedades de la materia viva (metabolismo, homeostasia e irritabilidad) hacen posible que emerja una nueva cualidad única de los seres vivos: la autorregulación de su funcionamiento en interacción con el medio ambiente (esquema 2.4).

La **autorregulación** es una propiedad esencial de los organismos vivos de utilizar la información proveniente del medio interno y externo, modificando así su funcionamiento en relación con los cambios que en este se producen.



**Esquema 2.4** Dinámica del funcionamiento de los sistemas vivos en el mantenimiento de la vida

En los animales la autorregulación integra tres funciones de regulación: nerviosa, endocrina e inmunitaria, las cuales fueron objeto de estudio en la Educación Secundaria Básica, y podrás profundizar en octavo grado. Estas, junto a las funciones vegetativas, hacen posible el mantenimiento de la vida.

Como observas en el esquema, los sistemas vivos intercambian sustancias, energía e información con el medio ambiente, lo que les posibilita el mantenimiento de su vida. Este intercambio se manifiesta en todos los niveles bióticos de organización de la materia viva, desde las células hasta las comunidades.

### Comprueba lo aprendido

1. Elabora un esquema lógico con los conceptos involucrados en la autorregulación que aparecen en el texto del epígrafe. Explica las diferencias entre ellos.
2. A partir de tus estudios de Biología en la Educación Secundaria Básica, analiza cómo se autorregulan: un microorganismo unicelular, una planta y un animal. Elabora un resumen que evidencie cuáles son las diferencias entre ellos.
3. Fundamenta el planteamiento de que la autorregulación de los sistemas vivos junto a las funciones vegetativas hacen posible el mantenimiento de la vida.

## 2.5 La autopropagación de los organismos vivos se debe a su reproducción y desarrollo, en interacción con el medio ambiente

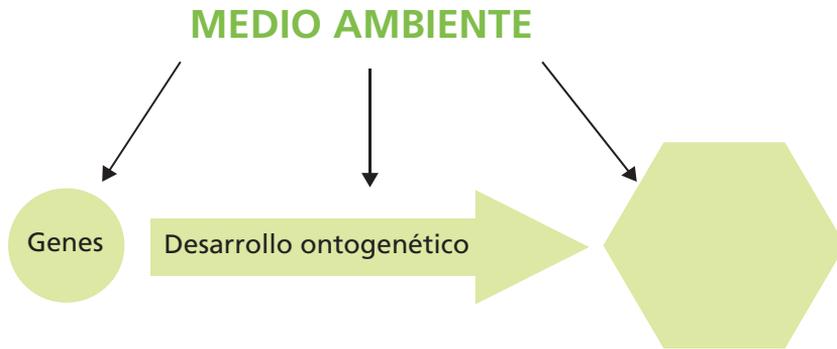
Cada sistema viviente individual atraviesa por una serie de estadios de desarrollo, desde el nacimiento hasta su muerte, al que se denomina desarrollo ontogenético (fig. 2.5).



**Fig. 2.5** Transformaciones en el desarrollo individual del organismo humano como sistema viviente

El **desarrollo ontogenético** es el proceso de cambios que tienen lugar en un organismo de manera individual durante toda su vida, como resultado de la acción de los genes heredados de sus progenitores, y la influencia de factores ambientales.

Los **genes** son un tipo especial de biomoléculas presentes en las células donde está contenida la información acerca de sus características. Así, durante la reproducción se transmiten los genes de los padres a sus descendientes y, con estos, las características que influirán en su desarrollo a lo largo de toda su vida. El medio ambiente influye también sobre los genes, sobre el organismo en general, y en su desarrollo individual (esquema 2.5).



**Esquema 2.5** El desarrollo de un individuo dado por factores internos y externos

Los cambios que ocurren en los organismos durante su desarrollo ontogenético pueden ser anatómicos (forma, tamaño, color, disposición de sus partes, estructura, entre otros), funcionales (metabólicos, hormonales, nerviosos, circulatorios, etc.), ecológicos (hábitats, relaciones intraespecíficas, entre otros) y etológico o conductuales (comportamientos, relaciones sociales, reproductivas, culturales, etcétera).

En el desarrollo individual también se manifiestan las relaciones entre los niveles de organización de la materia. Los cambios que suceden en los organismos están en relación con la síntesis de determinadas biomoléculas y componentes celulares, procesos metabólicos y mecanismos de regulación de las células.

La materia viva es la única capaz de autoperpetuarse, se expande por medio del globo terrestre, ocupa los diferentes hábitats y ha perdurado con el decurso de los tiempos de generación en generación, lo cual ha sido posible por la función de reproducción (fig. 2.6).



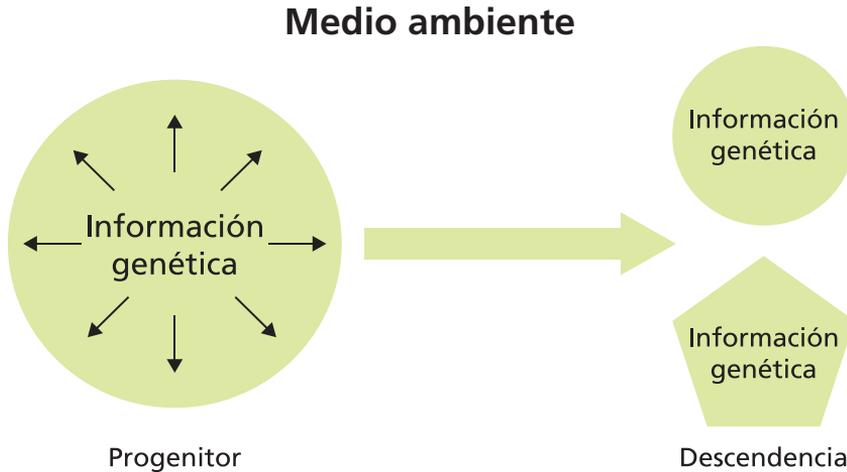
**Fig. 2.6** La función de reproducción como vía de autoperpetuación de las especies



**Recuerda que...**

La reproducción es la función en la cual los organismos originan nuevos individuos.

En la reproducción se manifiesta el fenómeno de la herencia, es decir, la transmisión de la información. La descendencia de este proceso no siempre es homogénea, lo que evidencia que la transmisión puede ser estable o modificada (esquema 2.6).



**Esquema 2.6** Transmisión de la información genética mediante la reproducción

Durante la perpetuación de la vida se manifiestan también las relaciones entre los niveles de organización de la materia; por ejemplo, a nivel celular la reproducción consiste en la división de las células, en la cual intervienen las biomoléculas que conforman su estructura, tanto en el núcleo como en el citoplasma y la membrana citoplasmática. Asimismo, la reproducción sexual a nivel de organismo requiere, la integración de células especializadas denominadas gametos (óvulos y espermatozoides en los animales).

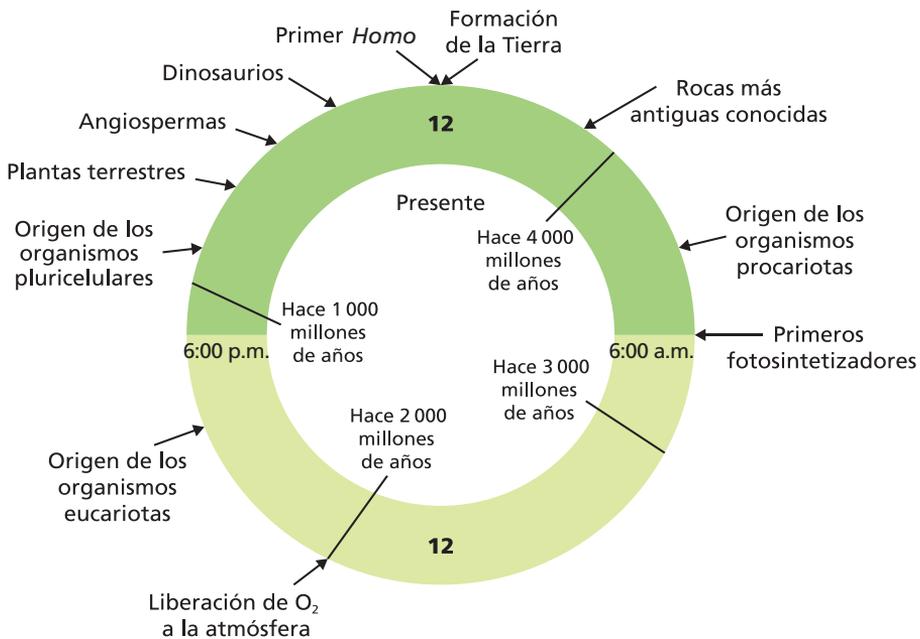
**Comprueba lo aprendido**

1. ¿Por qué la reproducción y el desarrollo individual de los organismos pudieran considerarse funciones que se complementan?
2. Demuestra mediante un ejemplo de un organismo seleccionado por ti, que la reproducción y el desarrollo ontogenético mantienen un estrecho vínculo con el medio ambiente abiótico y biótico.

3. ¿Se podría plantear que la reproducción y el desarrollo son características esenciales de la vida en el planeta Tierra? Argumenta.

## 2.6 Los organismos evolucionan a través del tiempo, y originan una extraordinaria biodiversidad adaptada a disímiles condiciones ambientales

El medio ambiente en que los organismos vivos desarrollan su vida no es siempre estable. En esto actúan fuerzas geológicas, meteorológicas, cósmicas, entre otras, provocando cambios en las condiciones físicas, químicas y bióticas de los lugares en los que estos habitan. Estos condicionan cambios en las especies y demás grupos sistemáticos con el decurso del tiempo, reflejados en su evolución (fig. 2.7).



**Fig. 2.7** Simulación de la sucesión de cambios evolutivos en los organismos en la metáfora de un día

Para muchos grupos de individuos estos cambios no tienen ninguna consecuencia, pues sus funciones vitales no se afectan en las nuevas condiciones ambientales, pero otros pudieran ser afectados y hasta llegar a morir, e incluso extinguirse como especie.

Sin embargo, otros grupos heredan de sus progenitores ciertos cambios que en determinadas condiciones ambientales pueden resultar beneficiosos, los que les permitirían reproducirse más y sobrevivir por muchas generaciones. A este proceso se le denomina selección natural, que es una de las causas de la evolución. El proceso en que transcurren estos cambios se denomina desarrollo evolutivo o filogenético.

El **desarrollo filogenético** es la sucesión de cambios que ocurren en las poblaciones de las especies durante miles y millones de años, en interacción con el medio ambiente, ocasionando la adaptabilidad y diversificación de estas.

En la figura 2.7 puedes observar que este desarrollo transcurre a través de tiempos geológicos muy largos, en el que se originan nuevos tipos de organismos, mientras otros desaparecen. Los nuevos tipos de organismos ocupan los hábitats y nichos ecológicos liberados por los que se extinguieron.

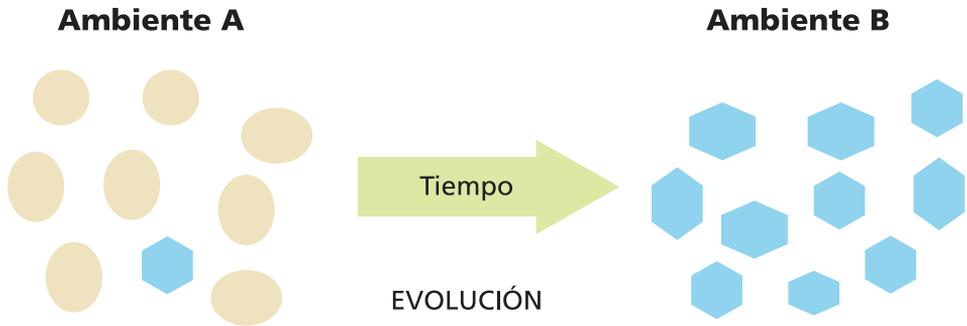


**Recuerda que...**

En la evolución se distinguen tres rasgos esenciales:

1. Ocurren cambios continuos en los grupos de organismos.
2. Se produce durante largos períodos de tiempo.
3. Sus resultados son la adaptabilidad y la diversificación de los seres vivos.

Se puede comprobar que la evolución es un hecho en la naturaleza. Esto lo podemos apreciar en la gran diversidad de formas, tamaños, colores, órganos, tejidos, funciones, conductas, entre otras características, exhibidas por la inmensa cantidad de razas, especies y otras agrupaciones de organismos vivos que pueblan nuestro planeta desde hace millones de años. Estas características constituyen adaptaciones a las cambiantes condiciones del medio ambiente (esquema 2.7).



**Esquema 2.7** Cambios evolutivos de una población de organismos ante cambios ambientales

La evolución es un complejo fenómeno en el que se involucran todas y cada una de las anteriores características de la vida.

Como puedes observar en el esquema 2.8, estas fuerzas actúan de manera interrelacionada: primero deben ocurrir las **variaciones hereditarias** en los organismos o sus poblaciones, a continuación, ocurre algún evento que afecte el medio ambiente en donde estaban previamente adaptados los organismos, introduciendo nuevas condiciones de vida que pueden llevar a la selección natural. El resultado de este proceso es la adaptabilidad de la población a las nuevas condiciones ambientales y su diversificación.

CAMBIOS EN EL MEDIO AMBIENTE



**Esquema 2.8** Representación gráfica de la acción de las fuerzas evolutivas y sus resultados durante el proceso evolutivo

Los organismos que poseen las características más adecuadas al nuevo medio ambiente, podrán sobrevivir y continuar reproduciéndose, mientras que otros organismos, cuyas variaciones hereditarias no son las adecuadas a este nuevo medio ambiente, no podrán reproducirse o morirán sin dejar descendencia, esta es la **selección natural** (esquema 2.9).



**Esquema 2.9** Representación gráfica del proceso de selección natural

Las fuerzas evolutivas actúan sobre los organismos y sus poblaciones, mientras que los cambios en el medio ambiente se deben a fenómenos externos que ocurren por azar. La integración de todos estos factores es la que hace posible la evolución.

Los factores externos que provocan la selección natural son denominados **agentes selectivos**. Entre estos se encuentran factores vivos y no vivos que forman parte del medio ambiente. Como agentes selectivos pueden actuar otros organismos vivos que habitan en la comunidad, con los cuales compiten por los alimentos, o que le afectan como predador o parásito.

También pueden ser agentes selectivos los cambios en la humedad o en el medio acuático donde viven ciertos organismos, que con el paso del tiempo puede transformarse en un pantano o por el contrario en tierra firme; cambios en la iluminación por crecer un bosque donde antes había una sabana; o cambios geológicos, como puede ser la formación de una montaña, o los movimientos de un terremoto; cambios atmosféricos como el paso de un huracán; cambios climáticos que generan variación de temperatura como son el calentamiento global o la glaciación. Todos estos factores no vivos del medio ambiente pueden provocar cambios evolutivos en los organismos, las especies y las comunidades.

Los resultados del proceso evolutivo son la diversificación y la adaptabilidad de las poblaciones a las más variadas condiciones de vida, lo cual abordamos a continuación.

### La adaptabilidad al medio ambiente

Si observas las fotografías de la figura 2.8 podrás recordar que cada organismo vive en un hábitat determinado, en el cual se han adaptado su nutrición, ventilación, reproducción, desarrollo, entre otras funciones. Por ejemplo, los peces se adaptan utilizando el dioxígeno disuelto en el agua, mientras que el cactus lo hace tomando el que se encuentra en el aire; por otra parte, la piel de los peces está cubierta de escamas, las cuales constituyen una adaptación protectora ante la pérdida de agua en el medio acuático salado, por lo que el cactus lo hace mediante las espinas que posee en su superficie, que los protege en el medio seco de las regiones desérticas donde habitan.



**Fig. 2.8** Adaptación a diferentes condiciones ambientales. De izquierda a derecha, los peces en el medio acuático y los cactus a un medio terrestre seco



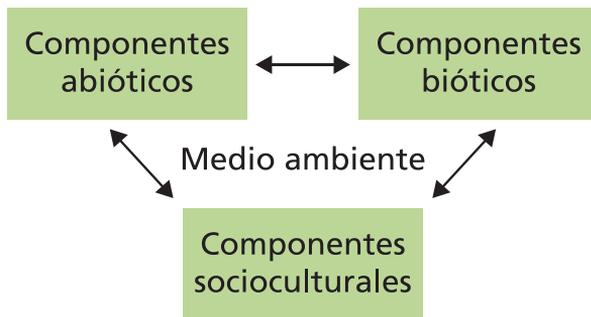
#### Recuerda que...

La **adaptación** es la correspondencia entre la estructura y funciones de los seres vivos con un medio ambiente determinado.

Para una mejor comprensión de este concepto debes recordar la concepción de **medio ambiente**, que incluye los componentes comúnmente denominados “naturales”, como el suelo, las aguas, el aire, los microorganismos,

las plantas, los animales y los seres humanos como el resultado natural más complejo que se ha desarrollado en el planeta. Además, se considera que, si los seres humanos somos parte de la naturaleza, entonces el resultado de nuestra actividad creadora es parte también del medio ambiente, a lo que se le denomina **componentes socioculturales**, pues son el resultado de la actividad humana, tales como los aspectos tecnológicos, socioeconómicos, políticos, históricos, culturales, morales, éticos y estéticos.

La integración que han alcanzado los componentes bióticos, abióticos y socioculturales del medio ambiente es muy grande, y cada día su interdependencia aumenta más a medida que se desarrolla la sociedad (esquema 2.10). Sin el medio natural la humanidad no puede sobrevivir, y a su vez la actividad humana impacta de tal manera sobre la naturaleza, que puede llegar a transformarla y hasta a destruirla.



**Esquema 2.10** Interdependencia de las relaciones entre los componentes del medio ambiente

El medio ambiente es el entorno que condiciona la forma de vida de los organismos y de la sociedad humana. Los organismos se adaptan al mismo, lo cual es una condición necesaria en su subsistencia.

**La diversificación de los organismos**

Otro resultado del proceso evolutivo es la gran diversidad de organismos que existen y han existido en nuestro planeta, los cuales pueden poseer una sola célula (patrón unicelular) o multitud de estas (patrón pluricelular), abarcando millones de especies y subespecies diferentes (fig. 2.9).



**Fig. 2.9** Diversidad de organismos vivos como resultado de la evolución

### ¿Sabías que...?

El 22 de mayo de cada año se celebra a nivel mundial el Día de la Diversidad Biológica, instituido por la UNESCO para contribuir a tomar conciencia hacia el cuidado y la conservación de la biodiversidad, ante la pérdida de muchas especies de importancia en el mantenimiento del equilibrio de la naturaleza y para el desarrollo sostenible de la sociedad.

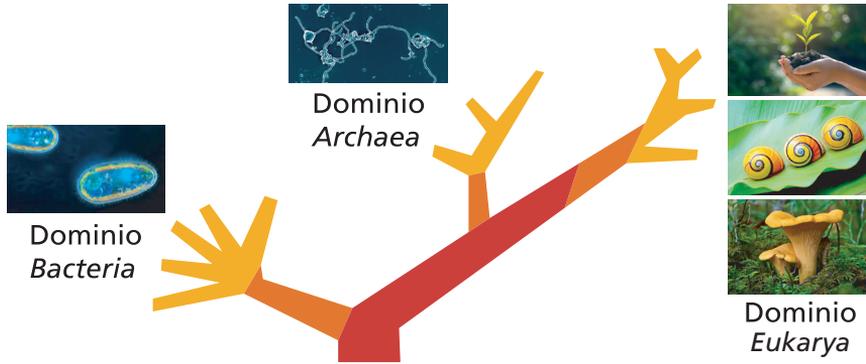
### Recuerda que...

Muchos microorganismos son unicelulares, entre los cuales las bacterias, los protistas y las levaduras son los más conocidos, pero existen millones de estos desconocidos por la población y hasta para los científicos. Muchos de los organismos más conocidos son pluricelulares como son las plantas y los animales, estos poseen miles de células agrupadas en tejidos, órganos, e incluso, sistemas de órganos.

Como consecuencia del elevado número y la gran diversidad de organismos vivos, sería prácticamente imposible estudiarlos de manera aislada. Con el objetivo de resolver este problema, desde tiempos remotos los humanos han sentido la necesidad de reunirlos en grupos más o menos similares, de acuerdo con sus patrones estructurales y funcionales, en los que se establecen semejanzas y diferencias y, además, por su origen evolutivo y grado de parentesco.

Se ha intentado clasificar a los organismos en grandes grupos y, dentro de estos, en grupos cada vez más pequeños. Durante la historia de la biolo-

gía se han propuesto diferentes sistemas de clasificación en dos, tres, cuatro, cinco y más reinos, pero en la actualidad uno de los sistemas más generalizados y aceptados por la mayoría de los científicos, es el que los agrupa en tres dominios: **Bacteria**, **Archaea** y **Eukarya** (fig. 2.10).



**Fig. 2.10** Representación de los tres dominios propuestos por Woese, Kandler y Willis mediante la elaboración de conjuntos

El dominio **Bacteria** incluye los organismos unicelulares procariotas conocidos comúnmente con el mismo nombre. El dominio **Archaea** incluye microorganismos procariotas muy similares a las bacterias denominados comúnmente como arqueas, tal es así que hasta hace poco se consideraban como bacterias, sin embargo, tienen ciertas diferencias en su composición. Por último, el dominio **Eukarya** incluye todos los organismos cuyas células muestran el patrón eucariota, en el que se incluyen los organismos más conocidos como son los microorganismos unicelulares denominados protistas, hongos, plantas y animales. Este dominio incluye los reinos **Protista**, **Fungi**, **Plantae** y **Animalia**, respectivamente.

La clasificación de los seres vivos no es un proceso terminado y se perfecciona en la medida que el conocimiento humano aumenta. Nuestra forma de entender el mundo que nos rodea puede modificarse ante nuevos hallazgos y es posible, como parte del avance continuo de la ciencia, que se produzcan otros cambios en la organización de los grupos de organismos.

En los sistemas de clasificación se utiliza el término **categoría taxonómica** para designar a cada uno de los grupos en que esta se organiza. A continuación, se ejemplifica este sistema en la especie humana.

- Dominio: **Eukarya**
- Reino: **Animalia**

- Filo: **Chordata**
- Subfilo: **Vertebrata**
- Superclase: **Tetrapoda**
- Clase: **Mammalia**
- Orden: **Primate**
- Familia: **Hominidae**
- Género: **Homo**
- Especie: **Homo sapiens sapiens**

Los organismos que forman parte de cada uno de los dominios y reinos son extremadamente diversos, llegando a miles de especies diferentes, cada una de las cuales posee un nombre específico, asignado por los científicos que los descubren y estudian sus características.

Los nombres de las especies se escriben en latín y consisten en dos palabras: la primera es el nombre del género y la segunda es el de la especie. El nombre del género y de la especie se ha de escribir en letra cursiva si se trata de un escrito digitalizado, y subrayado si se trata de un manuscrito. Estos dos nombres se han de escribir siempre en minúscula, excepto la primera letra del género que se ha de escribir con mayúscula. En ocasiones se agrega además el apellido del científico que describió y nombró a ese organismo (una abreviatura o la letra inicial, si es muy conocido). Por ejemplo, el nombre científico del maíz es ***Zea mays*** L. (el género es ***Zea***, la especie ***mays*** y la L se refiere a Linneo).

El nombre científico del tocororo (ave nacional) es ***Priotelus temnurus*** (el género es ***Priotelus*** y la especie es ***temnurus***); así mismo, el nombre científico de la palma real es ***Roystonea regia*** y el de la mariposa es ***Hedichium coronarium***. Esta forma de nombrar a los organismos es adoptada universalmente y permite a la comunidad científica comunicarse con precisión en cuanto a cualquier organismo.

## Comprueba lo aprendido

1. Analiza la figura 2.10 y selecciona la respuesta correcta:

a) Los primeros organismos vivos que aparecieron en la Tierra fueron: \_\_\_ las plantas, \_\_\_ los procariontes, \_\_\_ los dinosaurios.

b) Las angiospermas o plantas con flores surgieron: \_\_\_hace 3 000 millones de años; \_\_\_después de liberarse dioxígeno a la atmósfera; \_\_\_antes de aparecer las primeras plantas terrestres.

c) Los organismos eucariotas surgieron: \_\_\_ antes de que aparecieran los procariotas; \_\_\_ después que aparecieran los procariotas; \_\_\_ antes de los primeros fotosintetizadores.

2.

Durante la evolución de las plantas, los helechos constituyen uno de los primeros grupos en independizarse completamente del medio acuático, adaptándose al medio ambiente terrestre como resultado de la formación de raíces verdaderas con funciones más eficientes, como es la fijación al suelo y la absorción de agua. Tomando en consideración este ejemplo, escribe en la línea correspondiente los siguientes aspectos que incidieron en su proceso evolutivo:

a) Variación hereditaria: \_\_\_\_\_

b) Agente selectivo: \_\_\_\_\_

c) Selección natural: \_\_\_\_\_

3.

Elabora un cuadro en el que compares los patrones celulares procarionta, eucariota animal y eucariota vegetal a partir de criterios seleccionados por ti. Ilustra con ejemplos en cada caso. Recuerda llegar a conclusiones acerca de la unidad, la diversidad y su origen.

4.

Compara los patrones de nutrición autótrofa, heterótrofa absorptiva y heterótrofa ingestiva que muestran los organismos. Para ello selecciona los criterios y crea una tabla donde organices tu comparación. Ilustra con ejemplos en cada caso y arriba a conclusiones.

5.

¿Por qué se puede afirmar que el tallo de una planta que vive en un medio ambiente terrestre constituye una adaptación a la vida en tierra firme? Demuéstralo analizando relaciones estructura-función en cada uno de estos órganos.

6.

Elabora un cuadro sinóptico en el que compares los tres dominios en los que se pueden clasificar a las especies de organismos que han vivido en nuestro planeta. ¿Qué relaciones evolutivas guardan estos grupos entre sí?

7.

¿Podría considerarse a la evolución como una característica esencial de la vida en la Tierra? Argumenta tu respuesta.

Para concluir este capítulo podemos decir que la vida es una cualidad solamente inherente a los seres u organismos vivos, los cuales se distinguen de los objetos no vivos o inanimados por la presencia en estos de ciertas características que los hacen únicos y que si falta alguna la vida se pierde o no se alcanza a manifestar. Estas características esenciales aquí presentadas en una primera aproximación constituyen generalizaciones de partida para estudios más profundos de las ciencias biológicas en este nivel medio superior.

El estudio de estas se realizará de manera sistemática mediante los tres grados que este nivel abarca: la complejidad e integridad de la vida se analizará en décimo grado en cada uno de los niveles de organización de la materia; luego se profundiza y amplía en el oncenno grado en las características de autorregulación, mantenimiento, perpetuación y herencia con un enfoque integrador de los niveles anteriores y con una perspectiva ecosistémica, evolutiva y bioética. Por último, en duodécimo grado se estudia el desarrollo individual y evolutivo, el comportamiento animal y se concluye con la conservación de la biodiversidad.

La organización de tus estudios de Biología en la Educación Media Superior, a partir de estas características esenciales de la vida te posibilitará acceder a un mayor nivel teórico en tu formación científica iniciada en grados anteriores y te pondrá en mejores condiciones para comprender los fenómenos de la vida y para tu preparación con vistas a la selección de tu futura carrera universitaria.

## Desafíos

1. Cuando regreses a casa o a la escuela observa a tu alrededor y trata de identificar los niveles de organización de la materia que constituyen a los objetos que te rodean. Elabora un párrafo en el que los describas y establezcas relaciones entre estos.
2. Como debes recordar de tus estudios en la Educación Secundaria Básica, la diabetes es una enfermedad endocrina debido a que las células del páncreas no producen suficientemente una hormona llamada insulina; esto provoca que no se pueda asimilar la glucosa por las células del cuerpo, la cual entonces se acumula en la sangre, trayendo serias complicaciones al enfermo.

- a) En esta situación identifica los niveles de organización de la materia implicados.
- b) Establece relaciones entre los niveles identificados por ti.
- c) Selecciona una y explica en qué consiste la relación.

3.

En la evolución de los animales el origen del huevo amniótico, como es el de la gallina, constituyó un hecho importante, pues este almacena los alimentos que posibilitan un mejor desarrollo del embrión. Este tipo de huevo resultó ser más eficiente que los anteriores de insectos y reptiles, con relación al medio aéreo de los hábitats terrestres. Explica cómo se produjeron los acontecimientos que dieron origen a estos animales. Para ello debes aplicar las fuerzas evolutivas estudiadas.

4.

¿Por qué un pez como la tilapia puede vivir sumergido dentro del agua de una presa, sin embargo, las aves como las grullas que se encuentran en las orillas, no lo pueden hacer?



# CAPÍTULO 3

## La complejidad molecular y el origen de los sistemas vivos

*¿Qué es la vida, cuál es su origen? ¿Cómo han surgido los seres vivos que nos rodean? La respuesta a estas preguntas constituye uno de los problemas más grandes de las ciencias naturales. Consciente o inconscientemente, todos los hombres, cualquiera que sea el nivel de su desarrollo, se plantean estas preguntas y, mal o bien, les dan una respuesta. Sin responder a estas preguntas no puede haber ninguna concepción del mundo, ni siquiera la más primitiva.<sup>1</sup>*

A. I. Oparin

**S**egún la Organización Mundial de la Salud, la malnutrición es uno de los problemas más comunes de salud en el mundo. Se produce por carencias, excesos o desequilibrios de la ingesta de nutrientes por las personas. Se puede manifestar en dos grandes grupos. El primero es la desnutrición, que abarca las manifestaciones de la carencia de nutrientes en la alimentación, y el segundo grupo, que se manifiesta por el sobrepeso, la obesidad y por un conjunto de enfermedades no transmisibles relacionadas con el régimen alimentario, como las cardiopatías, accidentes cerebrovasculares, diabetes y cánceres.



### Reflexiona

¿Cómo asegurar una alimentación saludable que contribuya a evitar la mal nutrición?

¿Qué necesitamos saber sobre la composición química de los sistemas vivos para lograr una alimentación saludable?

<sup>1</sup>A. I. Oparin: *El origen de la vida*, p. 4.

En este capítulo estudiarás la complejidad molecular de los sistemas vivientes, pudiendo responder, además de las anteriores, otras preguntas como:

- ¿Existe unidad química en los diferentes sistemas vivientes o difieren mucho entre sí?
- ¿Cómo intervinieron las diferentes biomoléculas en el surgimiento de la vida en nuestro planeta?
- ¿Qué composición química tienen los virus y cómo se multiplican?

En este capítulo estudiarás las características generales de los componentes químicos de la vida y su importancia en el funcionamiento de los sistemas vivientes, a partir del estudio de la relación estructura-propiedades-funciones, lo que te permitirá adoptar una alimentación saludable sobre bases científicas. Asimismo, podrás continuar tu formación científica al valorar diferentes concepciones sobre el origen de la vida y las características y formas de multiplicación de los virus.

### 3.1 Los sistemas vivientes están constituidos por sustancias inorgánicas y orgánicas, de cuyas propiedades depende la vida

El análisis químico de la materia viva demuestra, en su composición, un buen número de átomos de diferentes elementos químicos, los cuales son llamados **elementos biogénicos**. Estos forman parte de las sustancias químicas presentes en los organismos y sus propiedades físicas y químicas le permiten su participación en las funciones bióticas. Los elementos biogénicos fundamentales son oxígeno (62 %), carbono (20 %), hidrógeno (9,5 %) y nitrógeno (3,3 %), por encontrarse en mayor proporción, pero otros se encuentran en muy poca proporción a pesar de ser muy importantes, como el calcio, el fósforo, el potasio, el azufre, el sodio, el cloro y el magnesio, entre otros.

Las sustancias químicas pueden ser de dos clases: sustancias químicas inorgánicas (agua y sales inorgánicas) y sustancias químicas orgánicas (carbohidratos, lípidos, vitaminas, proteínas, nucleótidos, ácidos nucleicos, entre otros). Del total de los componentes de las células de un 75 % a un 85 % es agua, entre el 20 % y el 30 % son sales inorgánicas, y el resto son sustancias químicas orgánicas.

Las **sustancias orgánicas** son aquellas que contienen, en su composición, átomos de carbono, formando enlaces químicos entre sí y con átomos de diferentes elementos, como los de oxígeno, hidrógeno y nitrógeno. La presencia del elemento químico carbono resulta esencial, pues le confiere propiedades de las cuales depende la vida.

### ¿A qué se debe que el agua y las sales inorgánicas sean tan importantes en los sistemas vivientes?

La vida se originó en el agua. Esta sustancia forma una gran parte de todos los organismos, y muchos de ellos aún viven en ella. Todas las reacciones químicas de la vida se efectúan en medios acuosos. ¿Por qué es tan especial esta sustancia? (fig. 3.1).



**Fig. 3.1** Importancia del agua en la vida

### ¿Sabías que...?

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

El agua es considerada como la sustancia más abundante en los sistemas vivientes, al constituir aproximadamente de un 75% a un 85% de estos. La proporción de agua depende de la actividad metabólica de las células y el estado funcional del organismo. En el 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.

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 químicas metabólicas, permite la regulación de la temperatura en los seres vivos y participa en las reacciones químicas de la fotosíntesis, entre otras. Estas funciones están en relación con las propiedades físicas y químicas de esta sustancia.

El carácter disolvente del agua es una propiedad muy importante en las reacciones químicas metabólicas, ya que esta sustancia no solo separa las moléculas de muchos cristales moleculares; además, ioniza sustancias moleculares con enlaces covalentes polares. El agua es el medio, tanto de los productos de asimilación como de los materiales de desecho, siendo notable su poder disolvente, pues ningún otro líquido conocido disuelve tantas y tan diversas sustancias.

La estructura dipolar de la molécula de agua es la que posibilita sus propiedades como disolvente. En las células se realizan numerosas reacciones químicas metabólicas y se transportan gran variedad de sustancias a través de la membrana citoplasmática; muchas de las sustancias que reaccionan y que atraviesan las membranas se encuentran disueltas en un medio acuoso.

Las fuentes principales de agua en los organismos vivos son: la que se bebe entre y en cada comida, las diferentes bebidas, el agua de constitución de los alimentos, el agua de oxidación o metabólica que procede de la degradación de biomoléculas en las reacciones químicas del metabolismo y la formada en la destrucción de los tejidos orgánicos.



### Aplicación práctica

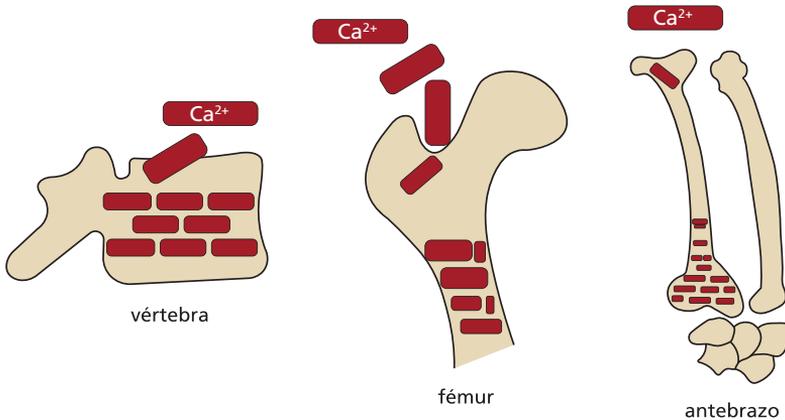
El ser humano necesita ingerir, como promedio, 2,5 L de agua cada día. Muchas personas prefieren beber refrescos gaseados, embotellados o en latas, que lejos de ser beneficiosos son dañinos, pues contienen sustancias como el dióxido de carbono, azúcares refinadas, cafeína y muchos otros aditivos artificiales que diferentes investigaciones científicas han demostrado ser perjudiciales a la **salud** cuando se toman en exceso.

## ¿Podrán sobrevivir los organismos sin las sales inorgánicas?

En 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 aniones y cationes. Entre los aniones podemos citar: cloruro ( $\text{Cl}^-$ ), sulfato ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), fosfato ( $\text{PO}_4^{3-}$ ), carbonato ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) y los cationes pueden ser de sodio ( $\text{Na}^+$ ), potasio ( $\text{K}^+$ ), magnesio ( $\text{Mg}^{2+}$ ) y calcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ). Estos participan en importantes funciones biológicas, pues actúan como activadores de enzimas, como componentes de moléculas orgánicas y contribuyen al mantenimiento del equilibrio osmótico, entre otras.

Por ejemplo, forman parte de diferentes biomoléculas como la clorofila (ion del elemento magnesio), los ácidos nucleicos (fosfato), la hemoglobina de la sangre (ion del elemento hierro), así como en ciertas partes de los organismos como es en los huesos, los dientes y la cáscara de los huevos —carbonato de calcio— (fig. 3.2).



**Fig. 3.2** Participación del elemento calcio en la construcción y mantenimiento de los huesos



### Aplicación práctica

Todos los tejidos animales y vegetales contienen sales inorgánicas que son fácilmente puestas en evidencia mediante la incineración. Por eso cuando se realiza la cremación de un cadáver, el agua se evapora, quedando en las cenizas las sales inorgánicas.

Otros iones de los elementos químicos magnesio, hierro, cinc, cobre, manganeso, selenio y molibdeno, participan en diferentes procesos celulares.

Los nutrientes inorgánicos son normalmente requeridos en pequeñas cantidades; en las sales minerales los requisitos varían en las diferentes especies de animales.



### Reflexiona

¿Alguna vez te has preguntado por qué el exceso en el consumo de sal de cocina como se le denomina comúnmente al cloruro de sodio (NaCl) es perjudicial para nuestro organismo? En Cuba ha habido un incremento de personas con presión arterial alta, la mayoría ingieren 20 veces más sal de la que necesitan, lo cual puede perturbar los procesos homeostáticos.

### Comprueba lo aprendido

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. ¿Qué consecuencias puede traer en la vida de una persona no ingerir suficiente cantidad de agua diariamente? Ejemplifica.
3. Si las sales inorgánicas son tan necesarias en la vida, ¿por qué se ha planteado que es dañino consumir alimentos con exceso de sales?

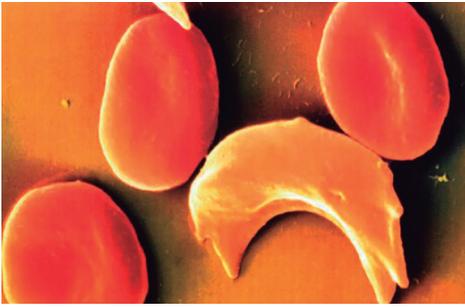
## 3.2 La integridad biótica y la salud de los organismos dependen de su compleja composición y estructura química

La enfermedad denominada sickleemia se caracteriza por dificultades en el transporte de dioxígeno en la sangre, lo cual es debido a un defecto en la configuración de los glóbulos rojos, los cuales adoptan una forma de media luna (fig. 3.3). Se ha descubierto que en la molécula de hemoglobina de estos pacientes existe un cambio estructural con relación a esta sustancia de los individuos normales.



### Reflexiona

¿Por qué la alteración en la estructura de una sustancia química puede producir una enfermedad como en este caso la sickleemia?



**Fig. 3.3** Glóbulos rojos de un paciente sicklémico vistos, con el microscopio

Al comenzar el estudio de las biomoléculas y sus interacciones, algunas cuestiones básicas requieren de nuestra atención. ¿De qué manera las moléculas presentes en las células vivas son especialmente adecuadas en sus funciones? ¿Funcionan aisladamente las biomoléculas? ¿Unas son más importantes que las otras?

Las biomoléculas son componentes de los organismos, por lo que su conocimiento es fundamental para explicar la complejidad de la vida y para mantener la salud humana.

### ¿? ¿Sabías que...?

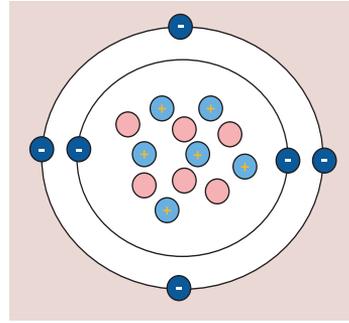
Las sustancias orgánicas tan abundantes en la materia viva, se encuentran en la corteza terrestre, en el agua del mar y en la atmósfera en cantidades muy pequeñas, incluso las llamadas rocas organógenas, como el carbón —carbono— y el petróleo, que proceden de la descomposición de sustancias orgánicas de épocas pretéritas.

Las biomoléculas están formadas principalmente por los elementos químicos carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno. Estas tienen funciones imprescindibles en los organismos vivos al formar parte de todos los componentes celulares, y en las reacciones químicas del metabolismo, entre otras.

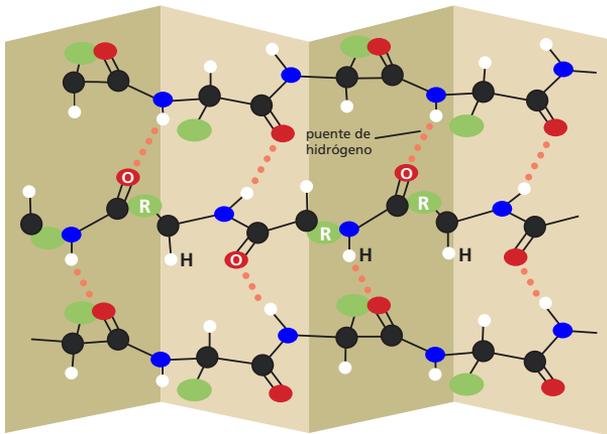
Algunas de las características químicas que determinan las propiedades de las biomoléculas son:

- La **presencia de átomos de carbono** (figura 3.4).
- El **enlace covalente entre moléculas de carbono** que le dan estabilidad a las moléculas (figura 3.5).

**Fig. 3.4** Representación de un átomo de carbono con estructura tetravalente y con cuatro electrones en el último nivel de energía



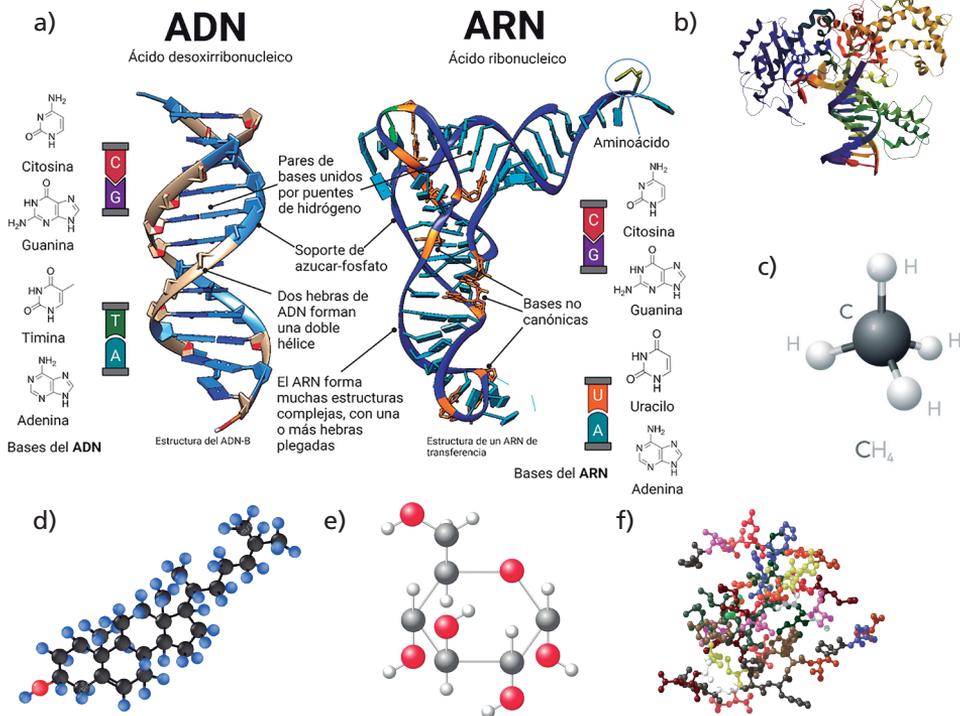
- Enlace por **puente de hidrógeno**, este tipo de atracción tiene solamente una tercera parte de la fuerza de los enlaces químicos covalentes, pero tiene importantes efectos sobre las propiedades de las sustancias en que se presentan (figura 3.5).
- Presencia de **átomos de otros elementos químicos**, como hidrógeno (color blanco), oxígeno (color rojo), nitrógeno (color azul); el carbono está representado por el color negro (figura 3.5). También fósforo, azufre, hierro, cobalto, así como átomos de otros elementos químicos pueden estar presentes en la estructura química de una proteína.
- La **conformación espacial tridimensional**, que está relacionada con sus funciones biológicas tal como se ilustra en la figura 3.5 en la estructura de una proteína llamada queratina que está presente en el pelo, los cuernos y las plumas.



**Fig. 3.5** Estructura de hoja plegada presente en la queratina

- La **autoorganización molecular**, como la propiedad que poseen las biomoléculas de interactuar y reorganizarse de manera autónoma e integrarse a una red de relaciones.

Estas se agrupan teniendo en cuenta su naturaleza química en: carbohidratos o glúcidos, lípidos o grasas, proteínas, ácidos nucleicos y vitaminas. Sus diferentes componentes químicos, estructuras y propiedades hacen posible la diversidad de sus funciones en los sistemas vivos (fig. 3.6). Su funcionamiento armónico es tan vital que de no mantenerse el equilibrio a este nivel molecular la vida de la célula se complicaría, apareciendo entonces las enfermedades, los trastornos y su muerte.



**3.6** Diversidad de las biomoléculas en cuanto a formas, composición, estructura y funciones. a) Ácido desoxirribonucleico y ácido nucleico; b) Enzimas; c) Metano; d) Colesterol; e) Glucosa; f) Insulina

Las biomoléculas pueden encontrarse en las células como unidades simples o **monómeros**, como el aminoácido alanina, o agrupadas formando **polímeros**, como la proteína histona, por la unión covalente de muchos

monómeros. Estos últimos pueden alcanzar un gran tamaño y masa molecular, por lo que se les denominan **macromoléculas**.

En los organismos vivos existen tres clases importantes de **polímeros** de acuerdo con el tipo de monómero que poseen (tabla 3.1).

**Tabla 3.1** Ejemplos de biomoléculas presentes en las células vivas que son polímeros

Tipos de polímeros	Monómeros que los constituyen	Ejemplos
Polisacáridos (carbohidratos complejos)	Monosacáridos como la glucosa, la fructosa y la ribosa	Celulosa, almidón y glucógeno
Polipéptidos (proteínas)	Aminoácidos como la alanina, el triptófano y el ácido glutámico	Hemoglobina, insulina e inmunoglobulinas (anticuerpos)
Polinucleótidos (ácidos nucleicos)	Nucleótidos como los ribonucleótidos y los desoxirribonucleótidos	Ácido ribonucleico, ácido desoxirribonucleico

Las vitaminas y los lípidos no forman polímeros. Los lípidos se unen entre sí o con otros tipos de biomoléculas conformando agregados moleculares como las lipoproteínas y los glucolípidos.

### 3.2.1 ¿Por qué los carbohidratos pueden proporcionarnos energía?

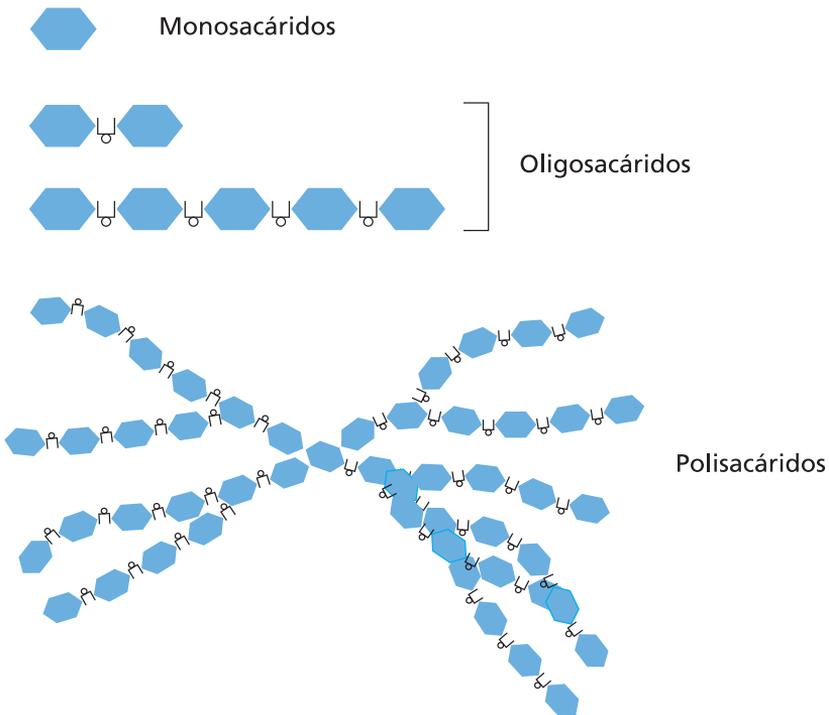
Al ingerir pan, refrescos, viandas, pastel, caramelos, entre otros alimentos similares, estamos incorporando a nuestro organismo nutrientes que nos proporcionan energía y se emplean en los procesos metabólicos y las actividades de la vida cotidiana como correr, pensar, caminar, entre otros. Si pasamos mucho tiempo sin comerlos nos sentimos sin energía, desfallecidos, lo cual disminuye hasta su desaparición al poco tiempo de ingerir o tomar algún alimento que contenga carbohidratos.



## Reflexiona

- ¿Qué características poseen estas biomoléculas que les permiten proporcionarnos energía?
- ¿Será conveniente alimentarnos con muchos carbohidratos o debemos evitarlos?

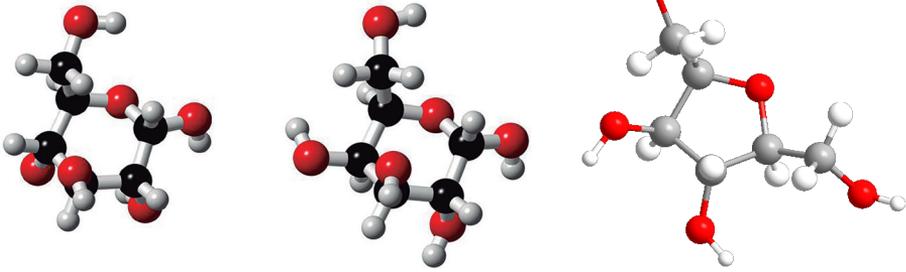
Los carbohidratos constituyen la principal fuente de energía en nuestra dieta, debido a que existe una mayor disponibilidad de estos compuestos, al ser más abundantes en la naturaleza. Estos se pueden clasificar en: monosacáridos, oligosacáridos y polisacáridos (fig. 3.7).



**Fig. 3.7** Clasificación de los carbohidratos atendiendo al número de unidades

Los **monosacáridos** son los carbohidratos más sencillos. La mayoría son hidrosolubles, o sea, se disuelven en agua, propiedad que les permite ser transportados con facilidad por el interior de los organismos. El más

abundante es la **glucosa** (fig. 3.8), molécula energética de gran importancia como sustancia inicial de la respiración celular y la fermentación.



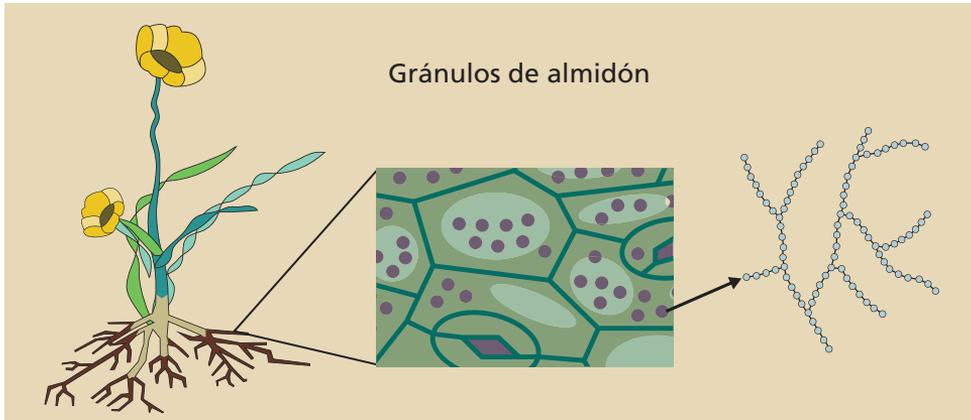
**Fig. 3.8** Modelos moleculares de diversos tipos de monosacáridos en los organismos. De izquierda a derecha: glucosa, galactosa y fructosa

Los **oligosacáridos** son los carbohidratos formados por cadenas cortas de unidades de monosacáridos. Los más conocidos son los disacáridos que poseen dos unidades de monosacáridos, por ejemplo: la lactosa, que es el azúcar de la leche y la sacarosa, que utilizamos en nuestros hogares para endulzar el café, la leche y los jugos. Los oligosacáridos pueden ser componentes de las membranas celulares al estar unidos a lípidos y proteínas, formando glucolípidos y glucoproteínas.

Los **polisacáridos** están formados por muchas unidades de monosacáridos, por ejemplo el almidón, el glucógeno y la **celulosa** (figura 3.7). Estos constituyen una fuente, y a la vez, una forma de almacenamiento de energía en numerosos organismos, pues tienen la propiedad de organizarse de forma compactada y ocupar poco espacio en las células como ocurre con el almidón en las plantas y el glucógeno en los animales.

### Aplicación práctica

La sacarosa, el azúcar de la caña, también se encuentra en otras fuentes como la remolacha. Además de edulcorante se utiliza como preservante (leche, frutas, jamones) y como mejorador de la apariencia (panadería, pastelería). El almidón (fig. 3.9) se utiliza en forma de harina en la preparación de productos alimenticios, como el pan y otros productos de panadería y dulcería.



**Fig. 3.9** Imagen de gránulos de almidón en el interior de células vegetales de la raíz y modelo estructural de la macromolécula

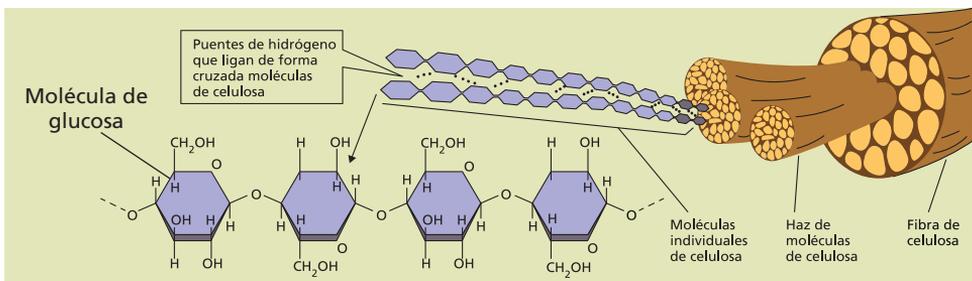


**Saber más**

Las plantas, mediante la fotosíntesis, producen glucosa a partir de la cual forman almidón que se almacena en las raíces, tallos y hojas (ver figura 3.9). Por ser insoluble, el almidón no puede ser transportado fuera de las células y distribuido a otras partes de la planta. Cuando los azúcares escasean, ciertas enzimas rompen los enlaces químicos entre las unidades de glucosa del almidón, de modo que pueden ser utilizados en las reacciones metabólicas.

En los animales, el **glucógeno** es el carbohidrato de reserva. Las células musculares y hepáticas lo almacenan.

La **celulosa**, principal material componente de la pared celular de las plantas, quizás sea la molécula orgánica más abundante en la biosfera (fig. 3.10). Está formada por unidades de glucosa.



**Fig. 3.10** Modelos de las macromoléculas de celulosa presentes en las fibras de las paredes celulares vegetales



### Aplicación práctica

La celulosa es utilizada en la industria ligera para la fabricación de papel destinado a la confección de libretas, periódicos, libros, revistas, entre otros. Cuando se recicla el papel, se evita la tala de los árboles de donde se obtiene la celulosa.

Aunque los carbohidratos son importantes, no existe uno que sea un requerimiento esencial para el ser humano, como ocurre con los aminoácidos esenciales. No obstante, debe ingerirse al menos una cantidad diaria en la dieta para evitar una complicación metabólica.



### Saber más

Está demostrado que el déficit de carbohidratos en el organismo induce la utilización de otra vía de obtención de energía, en este caso a partir de los lípidos. Esta idea sustenta la práctica de “quemar grasa” para disminuir el peso corporal mediante el ejercicio físico; sin embargo, esta experiencia debe complementarse con hábitos alimentarios relacionados al consumo de dietas bajas de carbohidratos como línea permanente de nutrición.

### 3.2.2 *¿Podría existir tan siquiera una posibilidad de existencia de vida sin los lípidos?*

Se conoce que la obesidad se produce generalmente por el consumo innecesario de alimentos ricos en carbohidratos y grasas, fundamentalmente por la ingestión de la llamada comida “chatarra”. Sin embargo, se plantea que el consumo de determinada cantidad de grasas es necesario para mantener nuestra salud.



### Reflexiona

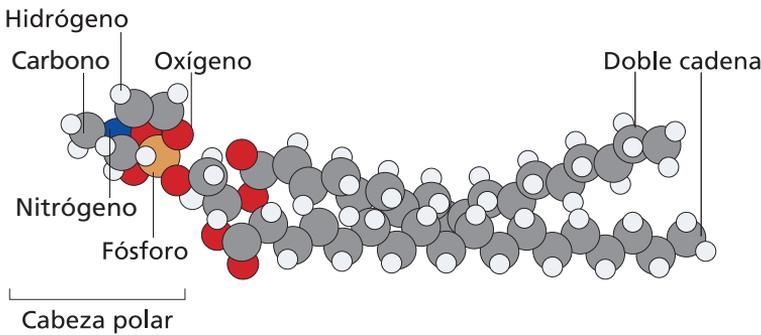
¿Por qué el consumo excesivo de grasas es dañino a la salud y a su vez es necesario consumirlas?

Los lípidos son un conjunto de moléculas orgánicas compuestas principalmente por los elementos químicos carbono, hidrógeno y poco oxígeno, lo que les infiere la propiedad de ser relativamente insolubles en agua y solubles en disolventes orgánicos, como la gasolina. Estructuralmente son

diversos: muchos de ellos están formados por ácidos grasos que les confieren la propiedad de repeler el agua (propiedad hidrofóbica), y en otros, como los triglicéridos comúnmente denominados grasas, los ácidos grasos están unidos a una molécula de glicerina; también pueden contener grupos fosfatos como los fosfolípidos, entre otros tipos.

Las funciones de estas sustancias en las células son también diversas. Ante todo están relacionadas con el almacenamiento de energía. Algunas plantas almacenan aceites, especialmente en las semillas y en los frutos. Las grasas y los aceites contienen una mayor proporción de enlaces covalentes ricos en energía que los carbohidratos y, en consecuencia, contienen más energía química.

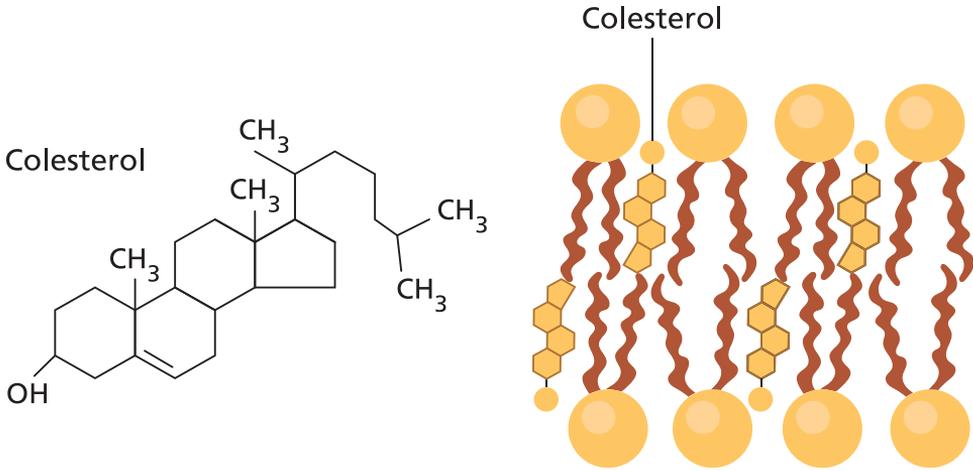
Los **fosfolípidos** son componentes de la membrana citoplasmática, interviniendo en su permeabilidad a las sustancias apolares (fig. 3.11). También son constituyentes de las vainas de mielina de los nervios, que poseen importancia en la transmisión del impulso nervioso.



**Fig. 3.11** Modelo de la estructura de un fosfolípido

Existen lípidos que se unen con oligosacáridos y forman los glucolípidos, los cuales también son componentes importantes de las membranas citoplasmáticas, en las que tienen funciones de reconocimiento celular.

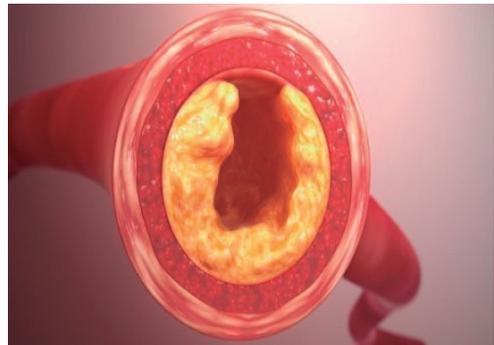
Otros lípidos importantes son los esteroides; entre los más destacados se encuentran los ácidos biliares, que participan en la digestión de las grasas, hormonas como la testosterona y la progesterona que intervienen en la regulación de la sexualidad, la vitamina D que promueve la absorción de calcio y fósforo en el intestino y el colesterol, que es uno de los componentes de la bicapa de las membranas citoplasmáticas (fig. 3.12), su presencia aumenta su viscosidad a 37 °C y mantiene su fluidez a bajas temperaturas.



**Fig. 3.12** De izquierda a derecha, modelo de la estructura de la molécula de colesterol y ubicación en la membrana citoplasmática

### Aplicación práctica

Las grasas saturadas contribuyen a elevar el nivel de colesterol y triglicéridos en sangre, lo cual pone a las personas en riesgo de sufrir aterosclerosis (fig. 3.13), ataque cardíaco, accidente cerebrovascular, u otros problemas de salud mayores. Estas grasas están presentes en el aceite de palma, el aceite de coco y el aceite de palmiche. En productos de animales, como la mantequilla, el queso, la yema de huevo, la leche entera, el helado, la crema y las carnes grasosas. Son insaturados los ácidos grasos omega-3 y omega-6 presentes en el aceite de pescado, que tienen efectos beneficiosos para la salud. Las grasas insaturadas, más comunes en los vegetales, contribuyen a disminuir el nivel de colesterol.



**Fig. 3.13** Corte transversal de un vaso sanguíneo con placas de ateroma en su pared

En la obesidad la síntesis de grasa corporal es excesiva y trae como consecuencia una masa superior a la normal para la talla del individuo. Aunque en este problema de salud intervengan diversos factores, siempre

está presente una ingesta calórica en exceso. En la mayoría de los casos, se debe a la ingestión sin control de alimentos de gran valor calórico y no existe una voluntad expresa del individuo para equilibrar el sobrepeso con ejercicios físicos, así como una dieta adecuada, donde destaquen alimentos hipocalóricos como las frutas y los vegetales.

### ¿? ¿Sabías que...?

Durante décadas se consideró que el aceite vegetal hidrogenado, que se convierte en manteca vegetal, como el que se utiliza en la elaboración de galletitas y otras golosinas, constituía una alternativa más saludable a las grasas de animales; sin embargo, ahora se sabe que los aceites vegetales hidrogenados aumentan el nivel de colesterol en la sangre más que cualquier otra grasa, afectando directamente el funcionamiento de nuestras arterias y venas. Una sola porción de papas fritas preparadas con aceite vegetal hidrogenado bastaría para incrementar los niveles de colesterol y, por consiguiente, el riesgo en la afectación del sistema circulatorio.

### 3.2.3 ¿Por qué las proteínas pueden realizar tan diversas funciones en las células y organismos vivos?

Existen personas que consumen en su dieta muchos azúcares y grasas, sin embargo, por diferentes causas además de vegetales, también dejan de consumir suficientes carnes, huevos y frijoles (fig. 3.14), que contienen más proteínas, rechazando además los alimentos enriquecidos con soja. Como conociste estos son alimentos constructores, pues son ricos en proteínas.



**Fig. 3.14** Alimentos ricos en proteínas



## Reflexiona

- ¿Qué relación tienen las proteínas con la salud?
- ¿Cuáles son sus funciones en las células y sus causas?

Los requerimientos de proteínas del ser humano están dados por la necesidad de la ingestión de los aminoácidos contenidos en estas. Además, los aminoácidos constituyen la fuente principal del nitrógeno metabólicamente útil del ser humano.

Las proteínas son los constituyentes fundamentales en los organismos vivos. Todas las células contienen proteínas. Se trata de combinaciones complejas de enorme masa molecular, cuyos componentes básicos son los aminoácidos. Por ejemplo: el pelo está constituido por un tipo de proteína llamada **alfa queratina, espidroina** es la proteína constituyente de las telas de arañas y el **fibrinógeno** es un tipo de proteína que participa en el mecanismo de coagulación de la sangre.



## Saber más

- ¿Se puede tener un normal desarrollo con una dieta vegetariana?

Los animales necesitan de 20 tipos diferentes de aminoácidos en la síntesis de las proteínas y la mayoría de las especies animales solo sintetizan algunos que se denominan **aminoácidos no esenciales**. Los restantes, aquellos que no pueden ser sintetizados, son los **aminoácidos esenciales**, que deben obtenerse de la dieta.

La mayoría de las proteínas presentes en la carne son "completas", ya que su proporción de aminoácidos satisfacen las necesidades nutricionales de un ser humano. Por el contrario, casi todas las proteínas vegetales son "incompletas", pues carecen de uno o más aminoácidos esenciales para los seres humanos.

Las proteínas, sin excepción, como polímeros que son, están constituidas por la unión de monómeros llamados **aminoácidos**, cuyo nombre alude a la presencia de un grupo **amino** ( $\text{NH}_2^+$ ), que le da carácter básico y uno o dos grupos **carboxilos** ( $\text{COOH}^-$ ), al que deben su propiedad de carácter ácido (fig. 3.15).



En cada cadena polipeptídica se presenta una determinada secuencia específica de los 20 tipos diferentes de aminoácidos, lo cual constituye su estructura primaria. Esta secuencia determina la configuración tridimensional específica que adopta la molécula en el espacio, la cual constituye su estructura secundaria y con ella su función específica en las células y los organismos, por eso las proteínas poseen la propiedad de especificidad. Esta propiedad tiene gran importancia en todas las funciones enzimáticas, en la resistencia a las enfermedades, en la identidad individual, entre otras.

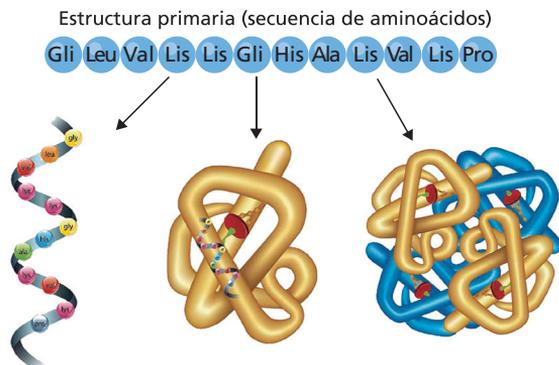
### Aplicación práctica

El conocimiento de la secuencia de los aminoácidos tiene una importancia clínica, ya que muchas enfermedades hereditarias se deben a un cambio de un aminoácido en una proteína.

La transferencia de proteínas de un organismo a otro significa una invasión de un cuerpo extraño a otro y puede ocasionar una enfermedad. Ejemplo de ello lo tenemos en la transfusión de sangre y la reacción química del receptor al no identificarlo como representante de su medio.

También las proteínas de las plantas (por ejemplo, polen) al penetrar en nuestro organismo puede determinar un tipo de alergia.

La estructura de las proteínas es compleja y se manifiesta en cuatro subniveles estrechamente relacionados y con una organización jerárquica donde los niveles superiores incluyen a los otros inferiores. No todas las proteínas alcanzan los cuatro niveles estructurales. Algunas como la insulina (ver figura 3.16) solo llega al primario, mientras otras como la hemoglobina (fig. 3.17) alcanzan los cuatro niveles estructurales, por lo que es una proteína muy compleja.



**Fig. 3.17** Determinación de la configuración tridimensional de la hemoglobina a partir de su secuencia de aminoácidos

Los diferentes niveles estructurales de las moléculas proteicas no dependen del azar, sino de su secuencia de aminoácidos, determinada genéticamente y son relativamente constantes. Los más pequeños cambios en esta pueden introducir alteraciones en su estructura, y por tanto también en sus propiedades y funciones.

### ¿? ¿Sabías que...?

Mediante programas informáticos de inteligencia artificial, se ha logrado predecir la compleja estructura tridimensional que adopta una cadena de aminoácidos al plegarse y formar una proteína funcional. Los investigadores solo tienen que ingresar en el sistema la secuencia de aminoácidos y esta tecnología crea el correspondiente modelo tridimensional con precisión, rapidez y a menor costo.

Las funciones de las proteínas dependen de sus propiedades. Entre estas se destacan la **especificidad**, las propiedades **catalíticas**, la **afinidad** a ciertos iones y moléculas, la **autoorganización**, entre otras. Estas propiedades son determinadas por su estructura y la presencia en esta de determinados iones como el de hierro en el caso de la hemoglobina (ver figura 3.17). Las funciones que desempeñan las proteínas son muy diversas, entre ellas:

- **Funciones catalíticas:** como enzimas (ver figura 3.18) que son reguladores biomoleculares que se encargan de acelerar la velocidad de las reacciones químicas metabólicas; ejemplo de estas son las enzimas digestivas como la **ptialina**, **proteasa**, **lipasa**, entre otros.
- **Funciones de reserva:** constituyen un medio de almacenamiento de sustancias necesarias al organismo; ejemplo de ello lo tenemos en la albúmina (ver figura 3.18) presente en la clara de huevo.
- **Funciones de protección:** ciertas proteínas actúan previniendo los daños que pudieran realizarse a las células y al organismo, por ejemplo, las **inmunoglobulinas** o **anticuerpos** (ver figura 3.18) que forman complejos con proteínas extrañas al organismo (antígeno), eliminando de esa forma su actividad nociva; también la **melanina** de la piel puede protegernos de los rayos solares.
- **Funciones mecánicas:** algunas proteínas presentes en las células y ciertos órganos sirven de soporte, conexión y resistencia a las tensiones y deformaciones provocadas por factores externos. Entre estas tenemos

la **queratina** presente en la epidermis de la piel, en las plumas, las pezuñas y el cabello en los que ofrece rigidez; también el **colágeno** presente en la piel, tendones, córnea, confiriéndole resistencia a la tracción, la compactación de las células o su estiramiento y la **elastina**, presente en los tejidos conjuntivos a los que le confiere elasticidad.

- **Funciones de regulación:** algunas actúan como reguladoras de la actividad metabólica ejerciendo su acción en diferentes células y órganos, por ejemplo, las hormonas en plantas y animales como la **insulina**, que ayuda a modular la concentración de azúcar en la sangre de los vertebrados y los neurotransmisores que transmiten el impulso nervioso entre las neuronas en el sistema nervioso de los animales, entre otras.
- **Funciones de transporte:** las proteínas de transporte desplazan iones y moléculas, incluyendo agua, a través de la membrana citoplasmática o en la sangre. Ejemplo de estas es la **hemoglobina** (figura 3.17) y algunas proteínas de las membranas que forman canales o son transportadores.
- **Funciones de movimiento:** hay proteínas que hacen posibles cambios celulares de contracción y relajación, produciendo el acortamiento o alargamiento de estas, ejemplo de estas son: la **actina** y la **miosina** (figura 3.18) de las fibras musculares; también producen los movimientos de los cromosomas durante la división celular como ocurre con las proteínas de las fibras del huso acromático.

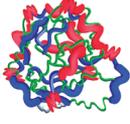
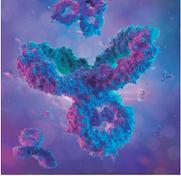
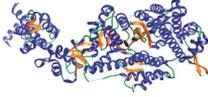
<p>Lisozima Pepsina Polimerasa</p> 	<p>Inmunoglobulina</p> 	<p>Miosina</p> 	<p>Albúmina</p> 
<b>catálisis</b>	<b>protección</b>	<b>movimiento</b>	<b>reserva</b>

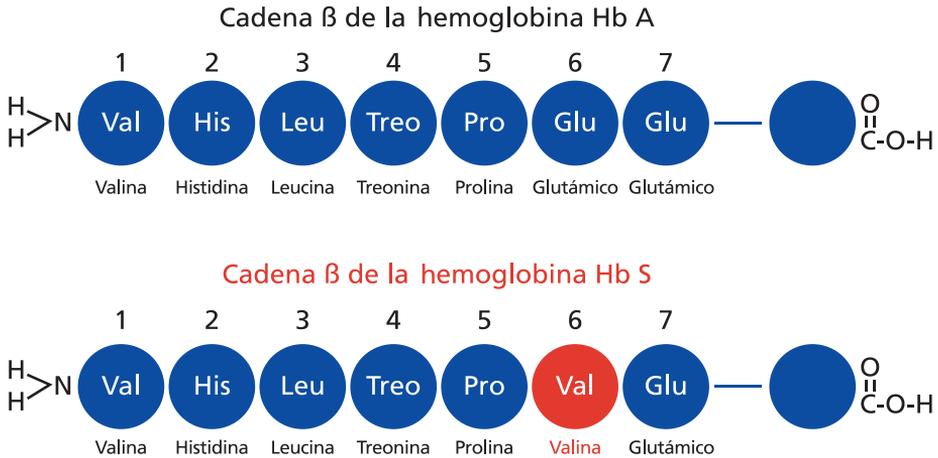
Fig. 3.18 Diversidad de funciones de algunas proteínas



### Saber más

Los detalles estructurales son clave en el funcionamiento de la molécula de proteína. Un buen ejemplo de esto lo encontramos en la hemoglobina, proteína constituida por cuatro cadenas polipeptídicas (figura 3.17).

En una de estas ocurre a veces un cambio de un aminoácido: el ácido glutámico es sustituido por otro llamado valina (fig. 3.19). El resultado de esta simple sustitución altera la estructura molecular de la hemoglobina, originando trastornos en los glóbulos rojos que dan lugar a una enfermedad llamada anemia falciforme o sicklemlia, en la cual los glóbulos rojos están deformados y con apariencia de una hoz (figura 3.3), lo que provoca dificultad en la circulación libre de estos en los vasos sanguíneos.



**Fig. 3.19** Comparación entre un fragmento de la secuencia de aminoácidos de la cadena β de hemoglobina de una persona normal (Hb A) y de un enfermo de sicklemlia (Hb S)

### 3.2.4 ¿Qué características de los ácidos nucleicos permiten sus funciones en la herencia?

Algunas gotas de sangre, semen o células de un folículo capilar en la escena de un crimen o de la ropa de un sospechoso proporcionan suficiente ADN (fig. 3.20) para amplificarlo y conocer la identidad de este. Se ha determinado que las huellas de ADN son exactas y no ambiguas, y se emplean a menudo como evidencia en una corte penal. Además, actualmente se presentan de manera rutinaria huellas de ADN como evidencia en disputas de paternidad.

**Fig. 3.20** Hito trascendental en la historia de la biología: el descubrimiento de la estructura, propiedades y funciones de la molécula de ADN (ácido desoxirribonucleico)



### Reflexiona

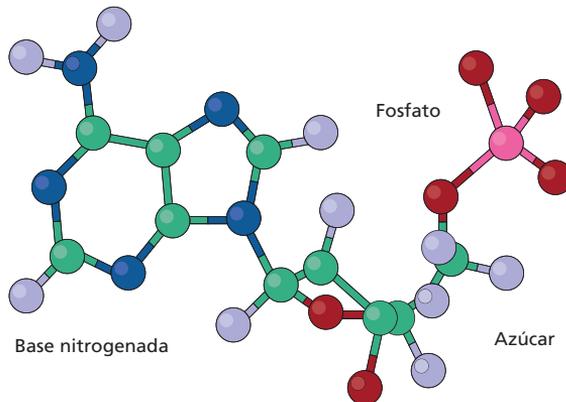
¿Por qué una muestra de ADN en manos de un investigador puede ser tan importante en la solución de un caso judicial?

¿Cómo pueden estas moléculas hacer que nos parezcamos tanto a nuestros padres?

¿Por qué son importantes los ácidos nucleicos en la regulación del funcionamiento celular?

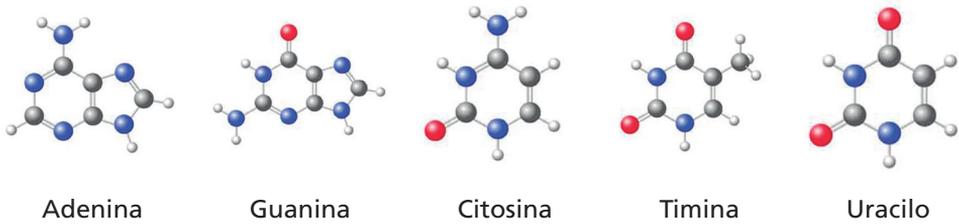
Los ácidos nucleicos son biomoléculas de gran tamaño (macromoléculas), polímeros que contienen como unidades estructurales los nucleótidos. Tienen como función esencial conservar y transmitir la información genética de una generación a otra.

De acuerdo con el significado de su nombre se creía que los ácidos nucleicos solo existían en el núcleo de la célula. Hoy se sabe que estos no solamente se encuentran en el núcleo. Los **nucleótidos** que los constituyen son moléculas orgánicas formadas por la unión covalente de dos moléculas (base nitrogenada y azúcar) y un ion fosfato (fig. 3.21).



**Fig. 3.21** Composición de los nucleótidos: base nitrogenada, un azúcar y un ion fosfato

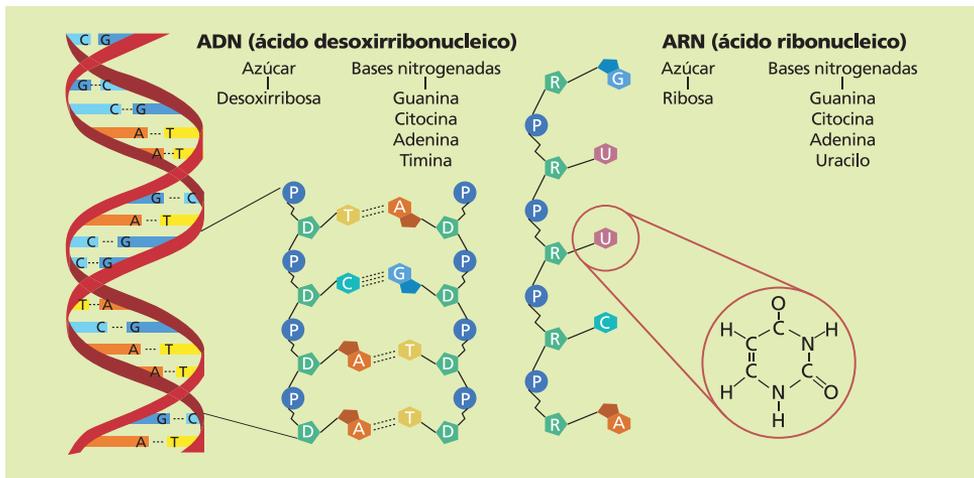
Las bases nitrogenadas más frecuentes que forman los nucleótidos son de dos tipos (fig. 3.22): **bases** de tipo **purina o púrica** (de dos anillos), a las que pertenecen la adenina (A) y la guanina (G), y **bases** de tipo **pirimidina o pirimídica** (de un solo anillo), a la que pertenecen la citosina (C), la timina (T) y el uracilo (U).



**Fig. 3.22** Diversidad de bases nitrogenadas en los ácidos nucleicos

Estas bases nitrogenadas, que son las mismas en todos los organismos, se ordenan de forma diferente en los ácidos nucleicos de cada especie. El azúcar presente en un nucleótido puede ser de dos tipos: la ribosa o la desoxirribosa. Cada nucleótido se une con otro adyacente a través del grupo fosfato y forman largas cadenas de **polinucleótidos**.

Existen dos clases de ácidos nucleicos: el ácido ribonucleico (ARN) y el ácido desoxirribonucleico (ADN). Estos se diferencian por el tipo de pentosa y bases nitrogenadas que forman sus nucleótidos, así como en su estructura molecular y en sus funciones en la célula (fig. 3.23).



**Fig. 3.23** Modelos estructurales de las moléculas de ADN y ARN

La estructura de una molécula de ADN está formada por dos cadenas de polinucleótidos, y tiene una forma tridimensional en “doble hélice”. Las dos cadenas polinucleotídicas se unen por sus bases nitrogenadas mediante un tipo de enlace químico denominado puente de hidrógeno.

Estos enlaces se establecen de forma específica entre las bases nitrogenadas de ambas cadenas: las bases de tipo purina (de dos anillos) se unen solamente con las de tipo pirimidina (de un solo anillo), pues de esta forma es que se pueden establecer los enlaces de hidrógeno entre las bases, pero de manera muy precisa, de modo que las bases adeninas se unen solamente con las timinas, mientras que las guaninas lo hacen solamente con las citocinas.

Esta precisión en la unión de las bases de una cadena con la de la otra, provoca que la secuencia de nucleótidos de ambas sea **complementaria**, y es uno de los fundamentos que explica los procesos que en esta tiene lugar.

El ADN constituye el material donde se **conserva de manera estable la información genética** en todas las células y algunos virus, lo cual constituye una de las funciones de esta biomolécula. Dicha información se conserva en la secuencia de bases nitrogenadas, pues el orden en que se organizan los cuatro tipos de nucleótidos es muy variable y específico.

La molécula de ADN se puede duplicar, auxiliada por proteínas presentes en el núcleo, y cada copia resultante pasar a las células hijas producto de la división celular. Esto hace posible la **transmisión de la información genética a las células hijas**, que es otra de sus funciones.



### Saber más

En las células eucariotas el ADN se localiza en el núcleo constituyendo a la cromatina y en algunos de los orgánulos citoplasmáticos, como las mitocondrias y los cloroplastos. En las células procariotas esta biomolécula es circular y constituye al cromosoma y a los **plásmidos**.

La información genética contenida en el ADN se encuentra en los **genes** (unidades de herencia) que están formados por segmentos de ADN que determinan las características hereditarias de cada individuo. A partir del ADN se sintetiza ARN y de este a su vez, proteínas. En esta cadena de síntesis se transmite **información genética** desde el ADN hasta las proteínas (esquema 3.1). En algunos virus la información fluye al revés del ARN al ADN.



**Esquema 3.1** Transmisión de la información genética del ADN al ARN y a la estructura de proteínas

Por eso se puede plantear que otra de las funciones del ADN es la ***codificación de la información genética al lenguaje del ARN***. Si tenemos en cuenta que las proteínas sintetizadas a partir de dicha información, son las que posibilitan el funcionamiento de las células, entonces podemos concluir que esta importante biomolécula también tiene como función la ***regulación genética del funcionamiento celular***.

El ácido ribonucleico (ARN) está formado por una cadena de polinucleótidos (ver figura 3.23). Está presente en todas las células, tanto en el núcleo como en el citoplasma (en los ribosomas, mitocondrias, cloroplastos) y es el único material genético de ciertos virus. La función del ARN es participar directamente en la síntesis de proteínas.

El ARN se forma a partir del ADN mediante un proceso de síntesis denominado ***transcripción***, en el cual a partir de una de las cadenas de ADN y la participación de enzimas, se sintetiza la cadena de ARN; la complementariedad de las bases hace que se ubiquen en el ARN las bases complementarias del ADN.

En las células existen otros ***nucleótidos*** que poseen mucha energía acumulada en los enlaces químicos de varios grupos fosfatos, por lo que son muy utilizadas en todo tipo de células durante la transferencia de energía en los procesos metabólicos. Ejemplo de estos nucleótidos es el trifosfato de adenosina (ATP). Cuando esta molécula cede la energía se degrada transformándose en difosfato de adenosina (ADP), y libera un ion fosfato.



### Reflexiona

El descubrimiento de la estructura de los ácidos nucleicos condujo al desarrollo de la biología molecular y al desarrollo posterior de biotecnologías modernas que favorecieron su estudio y aplicación, como las técnicas de ingeniería genética. Esto abrió nuevas perspectivas en la obtención de microorganismos, plantas y animales de interés económico y de aplicación en la medicina. 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 lo cual tú pudieras participar si estudias en nuestras universidades, alguna de las especialidades biológicas y otras ciencias naturales y exactas que se integran en las investigaciones biotecnológicas.

### 3.2.5 ¿Las biomoléculas funcionan en las células de manera independiente?

Cuando se ingiere en la dieta diaria muchos carbohidratos, como pan, dulces, refrescos, entre otras, algunas personas tienden a engordar, apareciendo mucha grasa debajo de la piel y en ciertas regiones como la barriga, glúteos, piernas, entre otros (fig. 3.24). ¿De dónde procede esa grasa si solo hemos comido alimentos ricos en carbohidratos?

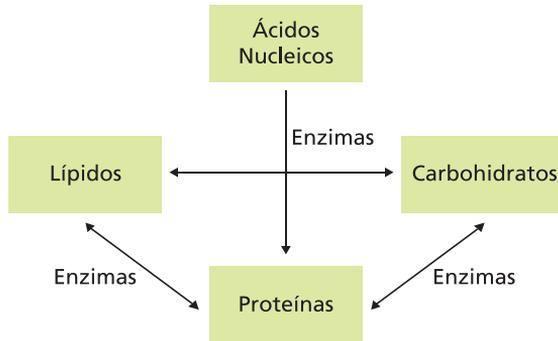


**Fig. 3.24** La ingesta excesiva de carbohidratos como uno de los factores fundamentales de la acumulación de grasa

Independientemente de la diversidad de biomoléculas, estas constituyen un sistema íntegro, el cual está dado por las interrelaciones que se manifiestan entre ellas (esquema 3.2). Si analizamos las relaciones entre los diferentes tipos de biomoléculas, podemos observar cómo unas se pueden transformar en otras mediante reacciones químicas de síntesis y

degradación que tienen lugar en el metabolismo celular. Las biomoléculas más complejas se pueden transformar en otras menos complejas y viceversa.

Así, por ejemplo, determinadas reacciones químicas metabólicas permiten que ciertos aminoácidos se transformen en carbohidratos, los lípidos en determinados carbohidratos y viceversa, entre otras. Todas estas reacciones químicas son catalizadas por enzimas sintetizadas bajo la regulación genética del ADN.



**Esquema 3.2** Interrelación entre los grupos básicos de biomoléculas

Por otra parte, las proteínas y los lípidos, que son componentes de las membranas citoplasmáticas permiten su función de intercambio de moléculas e iones necesarios en el metabolismo.

Entre las diferentes reacciones químicas que integran el metabolismo se establecen interrelaciones, aunque para una mejor comprensión las estudiarás por separado. En muchas ocasiones ocurre que los productos finales de una reacción son las sustancias iniciales de otra, de manera que el proceso de funcionamiento global se comporta como un todo.

El hígado como centro de distribución del organismo envía nutrientes en las cantidades necesarias a otros órganos, amortiguando las fluctuaciones metabólicas provocadas por la ingestión intermitente o deficiente de estos en las comidas, la insuficiencia o la total inacción de órganos encargados de funciones vitales relacionadas con el metabolismo. Por ejemplo, los carbohidratos, como el glucógeno pueden ser transformados en glucosa en el interior de las células.

Así tenemos, que las proteínas, mediante un complejo proceso de transformaciones, pueden ser fuente de glucosa a partir del glucógeno hepático. El proceso es particularmente intenso durante el ayuno (por la

degradación de las proteínas corporales), siempre que el organismo se empobrece de carbohidratos, o se ve incapacitado parcial o totalmente para consumirlo; aún en circunstancias normales, si se administran dietas ricas en proteínas con aminoácidos que se pueden transformar en glucosa, como la alanina y la serina, estos se transforman en carbohidratos.

En la síntesis de glucosa, a expensa de las grasas, se destaca la transformación de esta a partir del glicerol o glicerina.

### Comprueba lo aprendido

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. Las sales inorgánicas tienen una importante función en la vida. Argumenta la afirmación anterior.
3. ¿Qué importancia tienen los carbohidratos, los lípidos, las proteínas y los ácidos nucleicos como bases moleculares de la vida?
4. La mayoría de nuestra población comenta que la ingestión de pizza incide en el aumento de peso de las personas. Si el mayor porcentaje de sus ingredientes es la harina de trigo, ¿cuál es la causa del aumento de peso?
5. ¿Cuáles son los principales carbohidratos de la dieta humana? Menciona una fuente de cada uno de ellos.
6. Los polisacáridos más comunes son: celulosa, glucógeno y almidón. Todos ellos constan de unidades de glucosa, pero difieren en sus funciones biológicas. Argumenta esta afirmación.
7. ¿Por qué los carbohidratos fueron bautizados como: “combustibles de la vida”?
8. ¿En qué radica la importancia de los esteroides? Señala la relación que guardan estos con las denominadas “sustancias doping”.
9. ¿Consideras a las proteínas importantes como fuentes de energía en el organismo de los sujetos que realizan actividad física sistemática? ¿Por qué?
10. Establece semejanzas y diferencias entre los dos tipos de ácidos nucleicos, y explica cómo se relacionan entre sí.
11. Establece relaciones funcionales entre las biomoléculas siguientes:
  - a) Proteínas y ácidos nucleicos

- b) Proteínas y carbohidratos
- c) Carbohidratos y lípidos

12. ¿Por qué en el período de gestación es tan importante el consumo de alimentos proteicos?
13. Realiza un cuadro sinóptico de los principales tipos de biomoléculas y compáralos en cuanto a: componentes moleculares, estructura química, propiedades y funciones en que intervienen en los seres vivos.

### 3.3 La vida se originó como resultado de la evolución química en la Tierra primitiva hace más de tres millones de años

Todas las civilizaciones conocidas, pasadas y presentes, han tenido alguna clase de mito referido al surgimiento de los seres vivos y de todo lo que nos rodea en el planeta Tierra; la humanidad históricamente ha considerado su propio origen como un enigma.

Solamente en la era moderna ha sido posible considerar el origen de la vida en un marco científico, sometido incluso a comprobaciones experimentales donde se demuestran las reacciones químicas prebióticas que pudieron favorecer la formación de un sistema viviente.



#### Reflexiona

¿Cómo se originó la vida en la Tierra, por evolución de la materia o fue creada por un ser sobrenatural?

#### 3.3.1 ¿Cómo han variado las concepciones acerca del origen de la vida a lo largo de la historia?

La formación de la Tierra data de hace aproximadamente unos 4 600 millones de años; cerca de 1 000 millones de años más tarde, ya se albergaban en ella seres vivos. En este sentido han surgido muchas ideas y concepciones que tratan de explicar cómo surgió y se diversificó tan ampliamente la vida por todo el planeta. Actualmente, este es un tema del cual no se ha dicho la última palabra, pero la ciencia, y particularmente la teoría de Oparin-Haldane y sus evidencias, constituye la concepción más

acertada hasta el momento para la explicación de las complejas y graduales transformaciones de la materia.

La existencia de los restos fósiles más antiguos, encontrados entre las rocas, demuestran la presencia de bacterias, organismos rudimentarios procariotas y unicelulares, pero, ¿cómo surgió la vida de estos primeros organismos?

El materialismo dialéctico fundamenta que la vida surgió como una nueva cualidad del desarrollo de la materia y defiende la concepción de que todo está interconectado en un proceso continuo de cambios, que conducen a transformaciones graduales e irreversibles en la materia en constante movimiento y desarrollo, en correspondencia con los cambios ambientales específicos, trayendo como consecuencia la diversidad de los sistemas vivos y su adaptación a las más disímiles condiciones del medio ambiente.

¿En la Tierra siempre ha existido vida?; si no es así, ¿cómo surgió y cuáles son sus causas? Las complejas investigaciones sobre este problema, a lo largo de la historia de la ciencia, han estado fuertemente sometidas a una amplia diversidad de interpretaciones. Con relación a este enigma sería oportuno preguntarnos: ¿Qué concepciones han existido sobre el origen de la vida? ¿Todas están sustentadas en principios científicos?

En sus inicios fueron propuestas diferentes hipótesis y aunque ninguna de estas fue concluyente, analizaremos hasta este momento su fundamentación sobre la base de cuatro concepciones diferentes: el creacionismo o lo sobrenatural, la generación espontánea, la panspermia y la teoría físico-química.

### El creacionismo

La idea del origen de la vida como un acto de creación divina o **creacionismo** surgió del humano primitivo y se reformó en las primeras culturas antiguas egipcia y mesopotámica y más tarde dogmatizada por las religiones en la Edad Media.

A mediados del siglo XIX el arzobispo James Ussher y Georges Cuvier inspirados en doctrinas religiosas, retomaron estas ideas, según las cuales la Tierra, cada especie y ser vivo en su forma actual provenían de un acto de creación por uno o varios seres divinos, atribuyen la existencia de la vida a una "fuerza creadora".

Los defensores del creacionismo consideraban que la Tierra había sufrido una serie de catástrofes geológicas (a lo que denominan "diluvio universal" descrito en la Biblia) que produjeron capas de rocas e hicieron

desaparecer, sepultaron y, al mismo tiempo, fosilizaron a numerosos restos de seres vivos, donde las formas vivientes del mundo moderno fueron aquellos que sobrevivieron a la catástrofe. ¿Qué definición de la vida existía bajo aquellas ideas creacionistas?

Se creía que la vida era el resultado de sucesivas creaciones, que todo el cosmos y los seres vivos fueron originados por voluntad sobrenatural y, por lo tanto, los organismos eran inmutables desde su creación. En la Biblia se plantea la creencia de que la vida surgió de las manos de un ser divino, "Dios", pero los restos fósiles encontrados, así como investigaciones y exploraciones geológicas y biológicas ulteriores negaron terminantemente este dogma.

### La generación espontánea

Muchos filósofos naturalistas desde la antigüedad se habían referido al origen de la vida; tal es el caso de Aristóteles, quien enunció la teoría de la generación espontánea, quien defendía la idea de que la materia no viviente pudo originar vida por sí misma, que en determinadas condiciones los seres vivos surgen a partir de la materia inanimada.

En unidad de pensamiento, Platón y Aristóteles basaron sus ideas en la observación natural de la carne en descomposición, de la que al cabo de unos días surgían insectos y gusanos, e infirieron de esta forma, que estos seres vivos se formaron espontáneamente a partir de la materia orgánica putrefacta, por la acción de un "principio vital" que se encontraba en el aire y en el agua; además, creían que los gusanos, insectos y peces provenían de sustancias como el sudor o el rocío, como resultado de la interacción de la materia "no viva" con "fuerzas capaces de dar vida".

Estas concepciones se mantuvieron vigentes y fueron fuertemente defendidas durante siglos, y posteriormente por numerosos científicos; sus defensores realizaron diversos experimentos para demostrar y comprobar el origen de la vida según la idea que propugnaba la generación espontánea. En el supuesto experimento de Jean B. Van Helmont para obtener roedores, se colocaba una camisa sucia por veintiún días en granos de trigo, de lo cual aparecían gusanos y roedores supuestamente por medio de la generación espontánea; su error fue considerar solo el resultado y no tener en cuenta los agentes externos que pudieron afectar el procedimiento de dicha investigación.

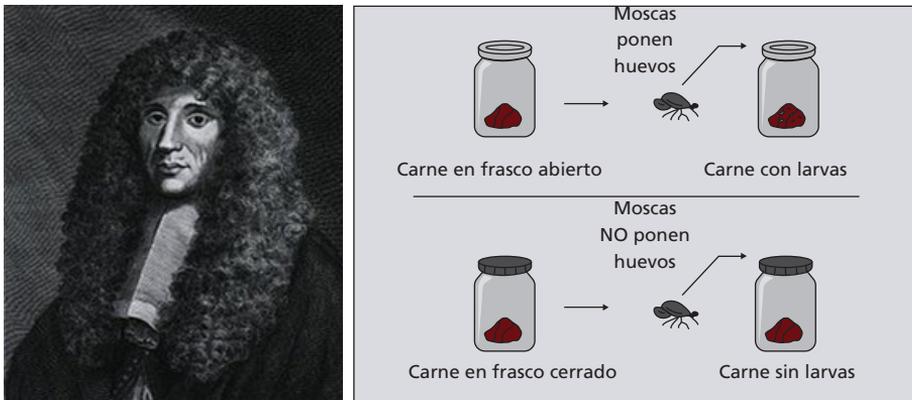
La falsedad de la teoría de la generación espontánea se demostró en la segunda mitad del siglo xvii mediante experimentos científicos. Entre estos se destacan Francesco Redi y Louis Pasteur.



**Saber más**

Redi en el año 1668, demostró que los gusanos blancos que colonizan la carne nacen en realidad de huevos depositados por las moscas, de este modo refutaba la existencia de la generación espontánea en las moscas. El experimento consistió en colocar pequeños trozos de carne dentro de recipientes tapados y otros trozos en recipientes destapados, para que sirvieran como "control". Unos días después, la carne que quedó descubierta tenía gusanos, mientras que la protegida no los tenía, pero en la superficie de la tapa que cubría la carne aparecieron huevecillos depositados por las moscas al no poder penetrar al recipiente.

El médico italiano Francesco Redi (1626-1698) y otros científicos, confirmaron mediante una sencilla investigación experimental (figura 3.25) que para los animales visibles la idea de la generación espontánea era falsa.

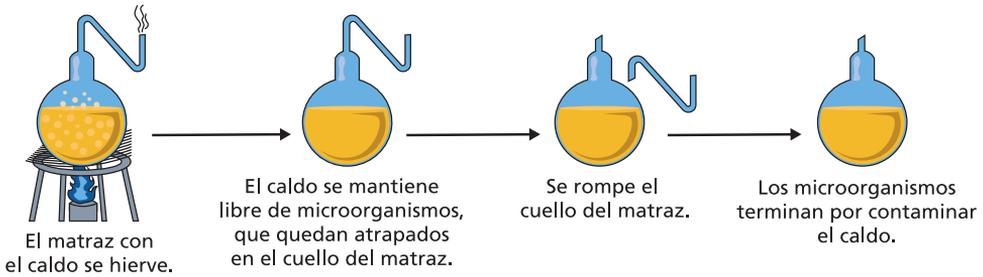


**Fig. 3.25** Esquema del experimento de Francesco Redi con el que refutó la generación espontánea

En el año 1862, Louis Pasteur realizó una serie de investigaciones experimentales que refutaron las ideas de Aristóteles al demostrar que los agentes causantes de la putrefacción de la materia orgánica eran microorganismos presentes en el aire.

Para demostrar su hipótesis, Pasteur diseñó unos matracos con cuello de cisne, en los cuales colocó líquidos nutritivos que después hirvió hasta esterilizarlos. Posteriormente observó que en el cuello de los matracos quedaban detenidos los microorganismos del aire y aunque el aire entraba en contacto con la sustancia nutritiva, no había putrefacción. Para

verificar sus observaciones, rompió el cuello de un matraz y comprobó que entonces sí se producía la descomposición de algunas sustancias (fig. 3.26).



**Fig. 3.26** Refutación de las ideas sobre la generación espontánea de microorganismos mediante los experimentos de Pasteur

El hecho de haber negado la idea de que los organismos podían surgir espontáneamente de materia inerte como los desechos y otros, constituyó uno de los descubrimientos que permitieron el impetuoso desarrollo de la biología como ciencia. Se considera indiscutible, a partir de entonces, un cambio conceptual sobre el surgimiento de los seres vivos a partir del principio científico de que todo ser vivo procede de otro, y se inició la técnica de esterilización de medios de cultivo de donde procede directamente la bacteriología moderna.

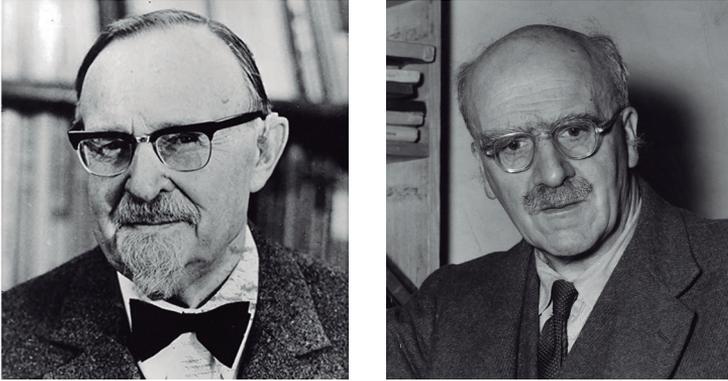
### La panspermia

En el año 1908, Arrhenius, Justus Liebig y Helmut von Helmont instauraron la idea del surgimiento de la vida a escala cósmica y suponían que la Tierra habría sido sembrada por gérmenes o esporas (entidades bióticas muy resistentes), las cuales inocularon formas de vida similares a las bacterias provenientes del cosmos. Estos debieron llegar mediante los meteoritos como vehículo de transporte en medio del polvo cósmico movido por la acción de las radiaciones y el viento.

Años más tarde, Becquerel refuta la hipótesis de la panspermia, señalando que no existe ser vivo capaz de resistir la falta de agua y la intensa radiación cósmica existente en el espacio sideral, que sería imposible que cualquier forma de vida pueda atravesar la atmósfera de la Tierra sin quemarse, debido a que se había comprobado que al penetrar al planeta se alcanzan elevadas temperaturas.



formaron compuestos más complejos como las biomoléculas y su agregación en sistema de mayor complejidad, hasta formar las primeras células.



**Fig. 3.27** Alexander Ivanovich Oparin y John Burdon Sanderson Haldane

La hipótesis planteada por Oparin y Haldane fue apoyada, comprobada experimentalmente y con éxitos en los laboratorios, destacándose los experimentos de los investigadores norteamericanos Stanley Miller, Harold C. Urey, Juan Oró, Sydney W. Fox y el mexicano Alfonso L. Herrera. Estos resultados abrieron camino a la producción, en condiciones de laboratorio, de numerosas moléculas orgánicas sencillas y a partir de ellas obtener otras más complejas, como aminoácidos, ácidos orgánicos y nucleótidos, aunque actualmente se ha conseguido sintetizar azúcares, glicerina, aminoácidos, polipéptidos, ácidos grasos o porfirinas, que son la base de la clorofila y la hemoglobina.

### ***3.3.2 ¿Cómo explica la teoría fisicoquímica el origen de la vida en la Tierra?***

El origen de la vida se considera como un proceso natural de autoorganización de ciertas moléculas orgánicas existentes hace más de 4 000 millones de años en aguas costeras y pantanosas o en el limo depositado a mayor profundidad y sometido al movimiento de las olas y a la radiación del Sol.

Estos investigadores destacan que los primeros sistemas vivientes en su conjunto estaban constituidos por componentes esenciales y compuestos orgánicos, y retomando las premisas propuestas por Charles Darwin y Friedrich Engels sobre la descendencia de todo organismo de un ancestro único.

La hipótesis retoma el conocimiento existente en la época sobre la evolución geológica del planeta y considera que estas características solo fueron premisas, que por su incidencia facilitaron el desarrollo de una serie de procesos evolutivos, donde se formaron compuestos que condujeron al surgimiento de las primeras formas de vida en la Tierra; aunque analizaremos cada uno de estos procesos de manera independiente, estos nunca ocurrieron así, pues se fueron superponiendo y desarrollando a la vez.

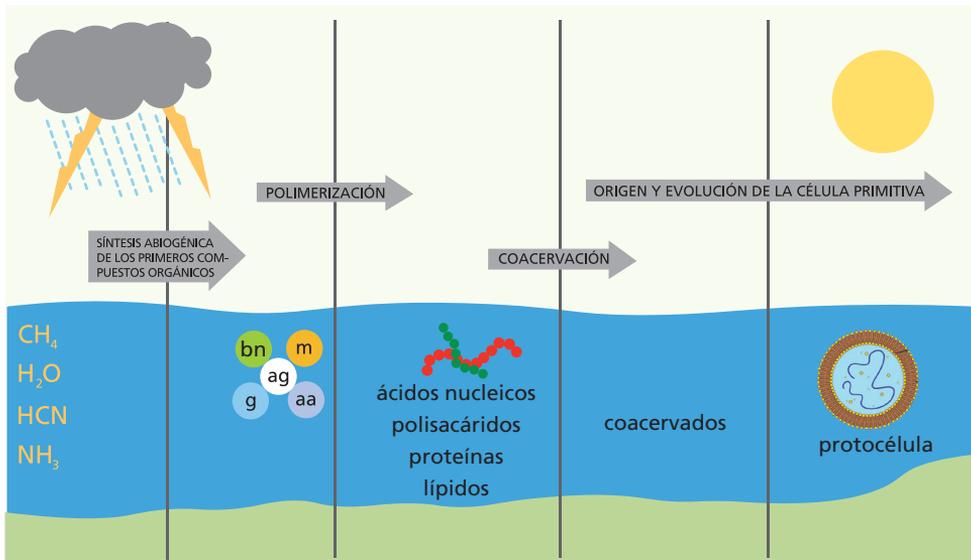
La atmósfera primitiva que formaba parte del espacio sideral, estaba constituida por vapor de agua y una mezcla de gases muy rica en hidrógeno pero pobre en dióxígeno y carbono; al combinarse estos últimos con el hidrógeno formaron abundante metano ( $\text{CH}_4$ ), amoníaco ( $\text{NH}_3$ ), agua ( $\text{H}_2\text{O}$ ) y cianuro de hidrógeno ( $\text{HCN}$ ); estos compuestos estaban expuestos al calor de numerosas fuentes de energía como: radiaciones ultravioletas intensas procedentes del Sol, descargas eléctricas y erupciones volcánicas producto de la constante actividad atmosférica.

La evidente naturaleza química y poder básicamente reductor que presentaba la atmósfera primitiva en sus inicios la hacían carecer de dióxido de carbono, dinitrógeno y el dióxígeno necesario en la respiración. La ausencia de dióxígeno en la atmósfera imposibilita la existencia de una capa de ozono como la que, afortunadamente, protege al planeta desde hace muchos millones de años y, por lo tanto, los rayos ultravioletas conseguían penetrar hasta la superficie de la Tierra primitiva.

### ¿Sabías que...?

El actual conocimiento geológico ha demostrado que las condiciones ambientales imperantes en la Tierra primitiva eran muy diferentes de las actuales y ninguno de los organismos que actualmente viven en ella, hubieran podido sobrevivir en aquellas circunstancias.

Para una mejor comprensión del origen de la vida es necesario analizar las etapas y resultados de la integración molecular, la cual facilitó el aumento gradual de complejidad de la materia; en este sentido se propone la siguiente representación esquemática de los diferentes procesos o etapas planteados por Oparin y Haldane en su hipótesis (figura 3.28).



**Fig. 3.28** Etapas del proceso de origen de la vida en la Tierra según la teoría de Oparin-Haldane

Las dos primeras etapas dependieron de las propiedades físicas y químicas de las biomoléculas, mientras que en la tercera etapa ya se manifestaron propiedades bióticas como consecuencia de la interacción de las biomoléculas complejas en nuevas condiciones. Debemos señalar que entre estas etapas existía cierta integración y dependencia a partir de la complejidad que iba alcanzando la materia en desarrollo y los consiguientes procesos que iban teniendo lugar.

### Síntesis abiogénica de los primeros compuestos orgánicos

El término abiogénica significa síntesis en condiciones no biológicas, pero: ¿cómo sería posible la integración de moléculas inorgánicas a compuestos orgánicos? ¿Qué significado tuvo este proceso en el origen de la vida?

El origen de la vida como fenómeno único está indisolublemente relacionado con la formación de compuestos orgánicos, debido a las condiciones y la presencia de determinadas sustancias existentes en la atmósfera primitiva mediante un proceso de abiogénesis.

La primera etapa (química) que se supone dio inicio al origen de la vida según esta teoría y corroborado por resultados de varias investigaciones y

experimentos es la síntesis abiogénica de los primeros compuestos orgánicos. Se plantea que el carácter reductor y la presencia de sustancias como el metano, agua y amoníaco contenidos en la atmósfera primitiva, bajo la influencia de fuentes de energía no bióticas existentes en aquella época, actuaron como catalizadores en la transformación de ciertas moléculas simples en otras moléculas orgánicas más complejas, como aminoácidos y azúcares (figura 3.28).

La **síntesis abiogénica** consistió en la formación de compuestos orgánicos sencillos a partir de las sustancias presentes en la atmósfera y los mares primitivos, por la acción de la energía proveniente de diversas fuentes existentes en la Tierra como la radiación solar y cósmica, los volcanes, las descargas eléctricas y la caída de meteoritos, entre otros.

Durante cientos de millones de años, producto a las torrenciales lluvias, grandes cantidades de sustancias de la atmósfera y los compuestos que se encontraban en la Tierra primitiva fueron arrastrados y acumulados durante mucho tiempo en los ríos, lagos, mares y océanos primitivos formando un caldo nutritivo. Como consecuencia del aumento en la concentración de los componentes presentes en la atmósfera primitiva y las reacciones químicas e interacciones que ocurrieron entre estos, se sintetizaron las primeras sustancias orgánicas.

Este proceso debió ocurrir tanto en la atmósfera como en los mares primitivos, siempre que existieran las condiciones requeridas y permitió la formación de la mayoría de los tipos de biomoléculas que conocemos actualmente. Las reacciones e interacciones químicas ocurridas y sus resultados pueden ser representadas mediante las ecuaciones siguientes:



En el origen de la vida, la síntesis abiogénica de las primeras moléculas orgánicas tuvo una trascendental significación, al permitir la formación de una amplia variedad de compuestos orgánicos como monosacáridos, glicerinas, ácidos grasos, aminoácidos y bases nitrogenadas, las cuales propiciaron la formación de otras moléculas orgánicas de mayor complejidad: las cadenas de aminoácidos y de nucleótidos que constituyen la base de la vida, al formar parte de las proteínas y los ácidos nucleicos respectivamente.

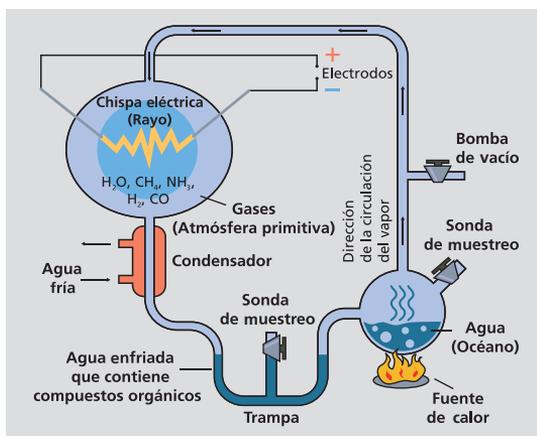
### ¿Sabías que...?

La formación de los compuestos orgánicos a partir de sustancias sencillas solo pudo ocurrir bajo las condiciones existentes en la Tierra primitiva o en condiciones similares, logradas experimentalmente en laboratorios de investigaciones. Como resultado de la evolución, actualmente este proceso solo es posible en organismos vivos, en los cuales, 17 elementos químicos de los 118 conocidos actualmente, intervienen en las reacciones químicas de nuestro metabolismo.

En el año 1953, Stanley Miller y Harold Urey retomaron los postulados de Oparin y Haldane, y diseñaron un experimento en el que lograba reproducir aquella presunta atmósfera reductora y luego de someterla a descargas eléctricas, que era una de las fuentes de energía seguramente más abundante en aquel tiempo, obtuvieron compuestos orgánicos a partir de sustancias sencillas. Este resultado fue inesperado, pues apareció en su matraz una serie de aminoácidos, de esta manera se confirmó experimentalmente lo planteado en la teoría de Oparin y Haldane (fig. 3.29). En otros experimentos posteriores estos investigadores ampliaron el rango de productos sintetizados, como bases nitrogenadas y nucleótidos.

### Saber más

Miller y Urey crearon un dispositivo, en el cual la mezcla de gases (metano, amoniac, vapor de agua y dihidrógeno) que simulaban la atmósfera primitiva, fue sometida durante una semana a la acción de descargas eléctricas, dentro de un circuito cerrado en el que hervía agua y se condensaba repetidas veces. Se produjeron así, moléculas orgánicas, como aminoácidos, ácidos orgánicos y nucleótidos, a partir de otras más sencillas.



**Fig. 3.29** De izquierda a derecha, Stanley Miller en su laboratorio y esquema de su diseño experimental para la síntesis abiogénica de biomoléculas

### La polimerización

Grandes cantidades de sustancias orgánicas sintetizadas abiogénicamente fueron acumuladas durante millones de años en los océanos, mares, ríos y lagos de la Tierra primitiva, las interacciones entre estas debieron ocurrir a partir del aumento de su concentración.

### ¿Sabías que...?

La mayoría de las moléculas orgánicas actuales tienen corta duración, ya que son devoradas por los organismos vivos o reaccionan con el dióxido de carbono atmosférico, sin embargo, la joven Tierra carecía de vida y dióxido de carbono, siendo así estas moléculas no estaban expuestas a dichas amenazas.

La concentración y agregación de los compuestos sintetizados abiogénicamente en los mares primitivos, favoreció la formación de polímeros.

La **polimerización** es la reacción química de síntesis en que, a partir de moléculas orgánicas sencillas, bajo la acción de diversas fuentes de energía, se sintetizan compuestos orgánicos más complejos llamados polímeros, entre los que se encuentran los principales biopolímeros que constituyen la materia viva (figura 3.28).

La síntesis de grandes moléculas por polimerización debió ocurrir sobre la arcilla existente en océanos y lagos. La acumulación de moléculas pequeñas en las superficies arcillosas pudo tener una carga eléctrica que absorbiera, condensara o atrajera a moléculas con cargas opuestas o disueltas. Estas moléculas, abiogénicamente formadas, debieron estar lo suficientemente cercanas como para provocar choques y reacciones químicas entre sí.

El comienzo de la polimerización no significó que la síntesis abiogénica se detuviera, sino impulsó el surgimiento continuo de compuestos orgánicos menos complejos, favoreciendo la formación de otros compuestos más complejos como los que se muestran a continuación:



El proceso de polimerización fue de gran importancia en el origen de la vida al formar los principales compuestos orgánicos complejos en forma de macromoléculas, que pudieron interactuar entre sí, posibilitando cambios graduales hacia formas prebióticas de existencia de la materia. Esto pudo llevarse a cabo debido al aporte de energía, la concentración de moléculas por evaporación y condensación, y la presencia de catalizadores (arcillas).

Las proteínas lograron sintetizarse por procesos de condensación. Se estima que al aumentar el número de aminoácidos en las costas de los mares primitivos, estos pudieron ser absorbidos por partículas de arcillas y formarse condensaciones de estos compuestos, donde la radiación solar pudo provocar la deshidratación de estos conglomerados de aminoácidos y suministrar la energía necesaria en la síntesis de los polipéptidos.

Las primeras proteínas debieron desempeñar muchas funciones en aquellas condiciones iniciales y esto debió ser posible debido a su variedad estructural. Cientos de enzimas (proteínas) diferentes debieron dirigir y activar casi todas las reacciones químicas que posteriormente ocurrieron en el interior de las células primitivas.

Durante el proceso de polimerización ocurrieron otras reacciones químicas que formaron compuestos de mayor complejidad como los lípidos y los ácidos nucleicos con reacciones químicas semejantes a las representadas a continuación:

bases nitrogenadas + azúcares + fosfatos  $\xrightarrow{E}$  nucleótidos +  $\xrightarrow{E}$  ácidos nucleicos

ácidos grasos + glicerina + ...  $\xrightarrow{E}$  lípidos

Procesos de condensación y deshidratación similares a los que propiciaron la síntesis de proteínas debieron ocurrir en la formación de los ácidos nucleicos, por probable unión de nucleótidos bajo la acción de enzimas y fuentes energéticas.

Los ácidos nucleicos son solo largas cadenas de nucleótidos. Al ser portadores de la información genética, facilitaron la evolución de los procesos de la herencia. Es posible que se hayan autoensamblado, formando grandes complejos moleculares apilados, mediante interacciones que favorecerían la formación de moléculas similares al ARN. Por las propiedades genéticas y catalíticas del ARN, es muy probable que este fuera el primer ácido nucleico en originarse; podría asegurarse que mientras estas moléculas se desarrollaban, pudieron haber adquirido las propiedades requeridas en la transferencia de información genética, siendo un paso clave en el origen de la vida, pues sin esta, la vida no existiría.

Un nucleótido importante formado en la etapa de polimerización fue el ATP (trifosfato de adenosina) el cual constituyó una fuente estable de energía metabólicamente utilizable que permitió el desarrollo de la polimerización y de las restantes etapas que le sucedieron; esto posibilitó, sin lugar a dudas, un hito importante en el proceso de evolución química.

Las reacciones químicas entre los ácidos grasos y las gliceras debieron originar algunos lípidos con funciones similares a los polisacáridos, quienes debieron servir como componentes de membranas formadas durante la próxima etapa de coacervación. Los lípidos constituyen una fuente de almacenamiento de la energía, funcionan como mensajeros químicos al transportar nutrientes y cuando se combinan con los carbohidratos conllevan la formación de los glucolípidos.

Al formar parte de los lípidos, es posible que los ácidos grasos tuvieran puntos de contacto en sus funciones en el origen de la vida, siendo la causa de muchas de las propiedades físicas y químicas de los primeros; por ejemplo, condicionan muchas de las propiedades y funciones de los lípidos en la formación de las membranas, además, pueden ser fuentes de energía o precursores de otras moléculas.

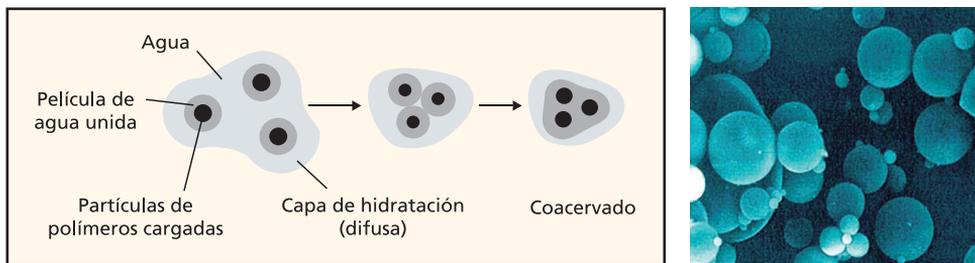
## La coacervación

El agua de los océanos primitivos sirvió como medio en la unificación de compuestos como carbohidratos, proteínas y ácidos nucleicos, los cuales se fueron acumulando y al combinarse, debieron formar entidades precursoras de las células primitivas denominadas coacervados (ver figura 3.28).

Los **coacervados** son agregados moleculares de diferentes polímeros dispersos en agua, separados del medio circundante por una película parecida a las membranas citoplasmáticas actuales (figura 3.30).

Estos quedaron establecidos de forma espontánea mediante un proceso de coacervación. Ante el continuo desarrollo y complejidad de la materia, sería oportuno preguntarnos: ¿qué significado tuvo la formación de coacervados en el proceso de origen de la vida?

La formación de agregados moleculares prebióticos sencillos, denominadas por Oparin como **coacervados**, debió ocurrir en un medio ideal en presencia de alguna fuente de energía, como las descargas eléctricas. A partir de la integración de polímeros, entre los cuales los lípidos, las proteínas y los ácidos nucleicos debieron desempeñar funciones decisivas, se debió constituir un glóbulo con agua y estas sustancias en su interior, delimitado este por una membrana rudimentaria constituida por lípidos y proteínas (fig. 3.30).



**Fig. 3.30** De izquierda a derecha: proceso de formación de agregados moleculares o coacervados y microfotografía de estos últimos

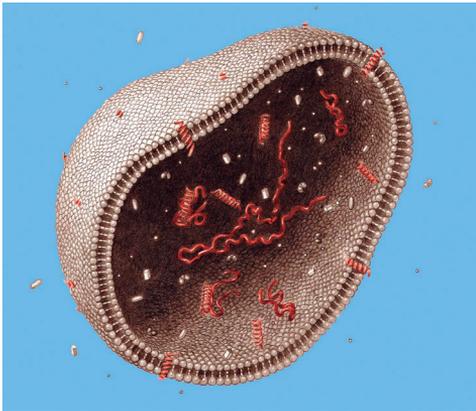
Esta nueva membrana formada por polímeros es mucho más selectiva en las moléculas e iones a incorporar, permitiendo intercambiar sustancias y energía con su medio ambiente, similar a como lo hace una célula;



en las condiciones existentes en el medio ambiente, dando origen a las células primitivas.

Las células primitivas al igual que los coacervados se formaron por la acción condensante y absorbente de los minerales arcillosos en los mares y océanos primitivos. La complejidad de las células primitivas o protocélulas con respecto a los coacervados estuvo marcada por la realización de un metabolismo autorregulado. El intercambio con el medio ambiente se realizaba de forma organizada, garantizando el desarrollo de procesos vitales como la nutrición y la excreción.

Las células primitivas (fig. 3.31) carecían de núcleo definido, semejantes a las procariotas más sencillas actuales. Se supone que la base fundamental de su nutrición la constituían las moléculas orgánicas que se encontraban en los mares primitivos. Dada la rápida proliferación de las células, surgió la competencia por el alimento y estas moléculas comenzaron a escasear, sobreviviendo las más adaptadas, por lo que se multiplican más.



**Fig. 3.31** Modelos probables de las protocélulas en los mares primitivos

Las protocélulas o células primitivas se suponen fueran simples, al tomar sustancias del medio podrían tener la capacidad de crecer y luego de alcanzar cierto tamaño fragmentarse en otras más pequeñas, a las que se podrían llamar descendientes; estas últimas se supone que conservaban muchas características de sus progenitores, a su vez iban creciendo y, posteriormente también, se fragmentaban, siendo este el inicio de la reproducción.

Probablemente la capacidad de autoensamblado apareció primero en forma de un autorreplicador de ARN (una molécula de ARN que se copiaba a sí misma); este paso dio origen al denominado "mundo del ARN" en el cual se postula que esta molécula era la que realizaba el almacenamiento de la información genética, se copiaba a sí misma y se llevaban a cabo funciones metabólicas básicas, contrario a como es en la actualidad, donde estas funciones las realiza el ADN.

En la próxima unidad vas a poder continuar con esta historia evolutiva al analizar el desarrollo que más tarde debió suceder con la evolución de

la célula primitiva hasta alcanzar la formación de organismos eucariotas y pluricelulares.

### Comprueba lo aprendido

1. Realiza un cuadro resumen donde reflejes las principales creencias, ideas o hipótesis que tratan de explicar el origen de la vida, sus limitaciones científicas y principales representantes.
2. Determina a qué hipótesis o idea del origen de la vida hacen referencia los siguientes enunciados.
  - a) La vida de las especies en su forma actual es el resultado de una fuerza creadora sobrenatural.
  - b) En condiciones favorables se originan seres vivos de materia inanimada.
  - c) La vida ha sido sembrada en la Tierra por esporas que llegaron con los meteoritos e inocularon formas de vida parecidas a las bacterias.
  - d) La capacidad de interacción y autoorganización de los elementos químicos dieron lugar, gradualmente, a compuestos más complejos hasta formarse las células primitivas.
3. Argumenta cuáles fueron los aportes de Alexander I. Oparin y John B. Sanderson Haldane en la comprensión científica del origen de la vida en la Tierra.
4. Diseña un esquema lógico de contenido donde reflejes la respuesta a la interrogante siguiente:
 

“El origen de la célula primitiva en la Tierra estuvo precedido de la evolución gradual de la materia inorgánica hacia la orgánica y la formación de entidades prebióticas”.
5. “Los mares primitivos sirvieron de escenario en la síntesis de numerosos compuestos orgánicos simples y complejos”.
  - a) ¿Con cuáles procesos de la teoría de Oparin y Haldane se relaciona lo planteado?
  - b) Ejemplifica estos tipos de compuestos orgánicos y explica la importancia de los mismos en el posterior origen de la vida en la Tierra.
  - c) Menciona algunas fuentes de energía que propiciaron la síntesis de estas moléculas en las condiciones de la Tierra primitiva.

6. Explica la importancia que tuvo el proceso de origen de la vida los siguientes hitos: síntesis de ATP, la fotosíntesis, la membrana citoplasmática y los coacervados.
7. ¿Por qué habría sido necesaria la presencia de fuentes de energía no biológicas en las síntesis de moléculas orgánicas simples?
8. Valora la importancia que tiene el estudio del origen de la vida en la Tierra sobre bases científico-materialistas en tu formación como educando de preuniversitario.

### 3.4 Los virus parasitan ciertas células, afectando la integridad biótica de los organismos

Un adolescente acude al médico y le plantea sentir ardor y dolores provocados por lesiones en sus órganos genitales. Expresa que ha mantenido relaciones sexuales desprotegidas y cambia con facilidad de pareja. El médico diagnostica una enfermedad viral.



#### Reflexiona

- ¿Por qué los virus pueden transmitirse de un ser humano enfermo a otro sano?
- ¿Cómo se multiplican los virus dentro de nuestro cuerpo y nos producen enfermedades?

En este epígrafe recordarás las características de estos agentes infecciosos denominados virus. Con anterioridad ya estudiaste las relaciones de los virus con las bacterias, plantas, animales y seres humanos y aprendiste que muchos provocan enfermedades. Ahora que conoces las bases moleculares de la vida podrás profundizar en aspectos muy interesantes de la organización molecular de los virus y en cómo se multiplican en el interior de las células.

Muchas de las infecciones que comúnmente contraemos desde pequeños como la gripe, la papera, el sarampión, la rubeola (fig. 3.32), así como otras que afectan a la economía de los pueblos al provocar enfermedades en los animales domésticos, las plantas de cultivo y pandemias como la de COVID-19 son causadas por virus.



**Fig. 3.32** Manifestaciones en los humanos de infecciones virales. De izquierda a derecha: herpes zóster, rubeola, conjuntivitis y sarampión

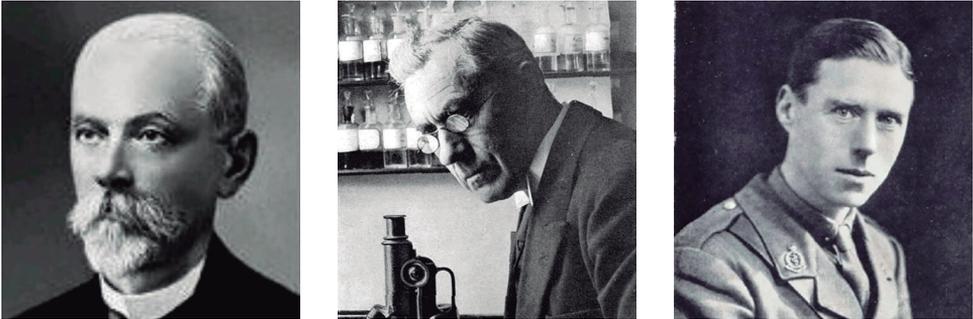
### 3.4.1 ¿Cuál es la composición y la estructura molecular de los virus?

El diminuto tamaño de los virus, que alcanza escalas nanométricas, los mantuvo invisibles a los ojos y ajenos al conocimiento científico, incluso después del auge de la microbiología como consecuencia del perfeccionamiento de los microscopios ópticos compuestos y las técnicas microbiológicas.

#### De la historia

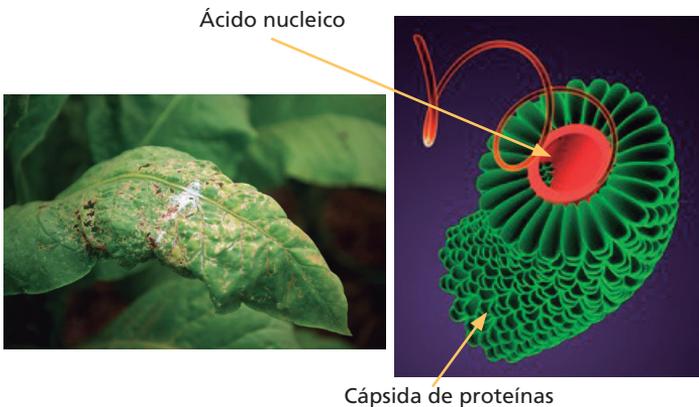
En 1892 el científico ruso Dimitri Ivanovski (1864-1920) (figura 3.33), al realizar investigaciones en las plantas de tabaco afectadas por la enfermedad conocida como mosaico del tabaco (ver figura 3.34), encontró que el líquido obtenido de las hojas afectadas, contagiaba a otras plantas. Al observarlo en el microscopio óptico y no encontrar ningún microorganismo, se le ocurrió entonces pasar el líquido por filtros más pequeños hasta usar la porcelana. Luego inoculó plantas sanas con el líquido filtrado y obtuvo en todos los casos resultados positivos, lo que demostró que los causantes

de la enfermedad eran tan pequeños que no se observaban en los microscopios de la época. En 1898, el botánico holandés Martinus Beijerinck (1851-1931), consideró que el propio líquido tenía las propiedades infectivas, y le dio el nombre de virus (fig. 3.33). En 1914 el microbiólogo Frederick W. Twort (1877-1950) (fig. 3.33) descubrió a los **bacteriófagos**, virus que solo infectan a las bacterias, conocidos generalmente como fagos (ver figura 3.39), quien lo utilizó para la cura de enfermedades infecciosas bacterianas, con lo que dio inicio a la fagoterapia



**Fig. 3.33** Científicos que aportaron al conocimiento de los virus. De izquierda a derecha: Dimitri Ivanovsky, Martinus Beijerinck y Frederick Twort

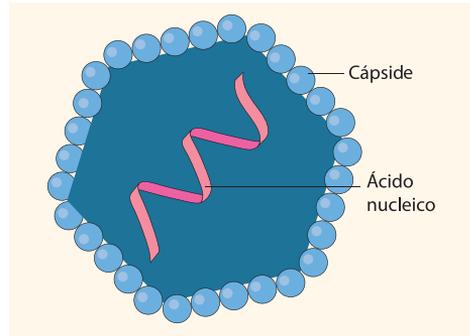
El empleo del microscopio electrónico, unido al descubrimiento y avance de las técnicas de cultivo de tejidos, así como el empleo de centrifugas y ultracentrifugas abrió nuevas perspectivas que posibilitaron llegar hasta el análisis de la ultraestructura y composición de los virus, lo que contribuyó a profundizar en el estudio de sus características, pues se pudieron aislar y multiplicar en condiciones de laboratorio, lo que favoreció el desarrollo de métodos para el control de enfermedades virales y para las investigaciones biológicas (fig. 3.34).



**Fig. 3.34** Virus mosaico del tabaco. De izquierda a derecha: afectación de hojas de tabaco por el mosaico, microfotografía electrónica del virus causante de la enfermedad y modelo de su estructura

Como resultado de estas investigaciones se determinó que los virus están formados por un ácido nucleico, el cual puede ser ADN o ARN y una cubierta de proteínas denominada cápsida. Las proteínas de la cápsida están dispuestas de forma ordenada y estable para cada tipo de virus (fig. 3.35).

**Fig. 3.35** Modelo general de la estructura de los virus



Como pueden observar, los virus no presentan el patrón de organización celular, pues carecen de núcleo, membrana citoplasmática y citoplasma, por lo que son considerados entidades acelulares. Se multiplican únicamente dentro de alguna célula, a la que le ocasionan grandes daños, fuera de estas son totalmente inertes y su tamaño es extremadamente pequeño.

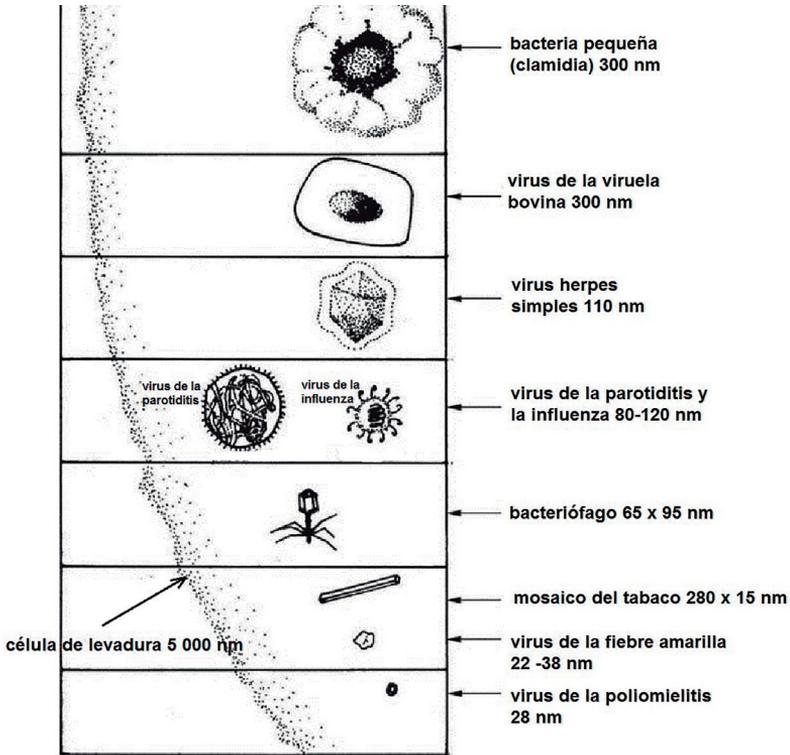


### Saber más

Los virus no constituyen las únicas entidades acelulares que causan daños a los organismos. Los **viroides** y los **priones** son aún más simples que los virus, y como estos, tampoco poseen estructura celular. A estos muchos autores los llaman patógenos subvíricos.

Estas entidades acelulares son ultramicroscópicas, su tamaño oscila entre 10 nm y 250 nm (nanómetro). Hoy se conocen virus de mayor tamaño, como el de la viruela bovina (300 nm), que es más pequeño que la cuarta parte de la bacteria causante de la fiebre tifoidea y que existen muchos más pequeños como el de la poliomielitis (28 nm) (fig. 3.36).

Esta característica de los virus de multiplicarse dependiendo del metabolismo de las células hospedadoras los hacen ser considerados parásitos intracelulares obligados.



**Fig. 3.36** Comparación del tamaño de diversos virus con una bacteria muy pequeña y una levadura

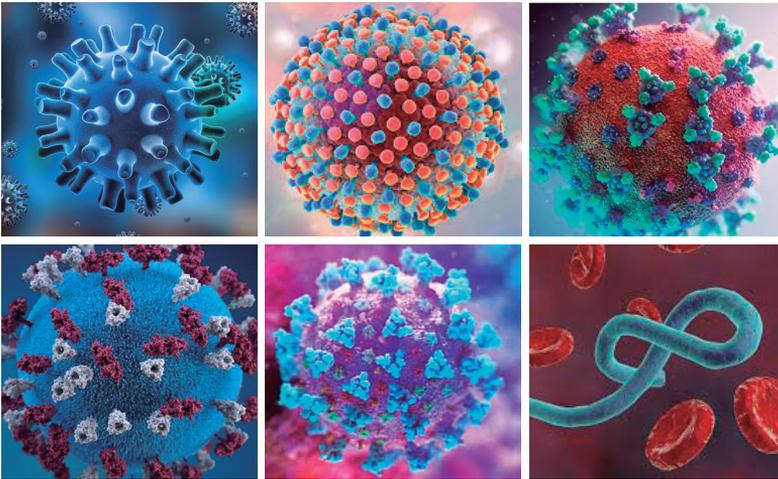
Los **virus** son entidades acelulares, constituidos por un tipo de ácido nucleico rodeado de una cápsida proteica, que se multiplican como parásitos intracelulares obligados.

En estado extracelular los virus mantienen su integridad durante un tiempo limitado, que varía en dependencia del tipo de virus, por lo que transcurrido ese tiempo se altera su estructura y pierde en consecuencia sus propiedades infectivas. Estas entidades submicroscópicas infecciosas, poseen marcada **especificidad**, propiedad determinada por las proteínas que conforman su cápsida. Esto significa que cada tipo viral parasita solamente a un tipo de célula específica.

¿Sabías que...?

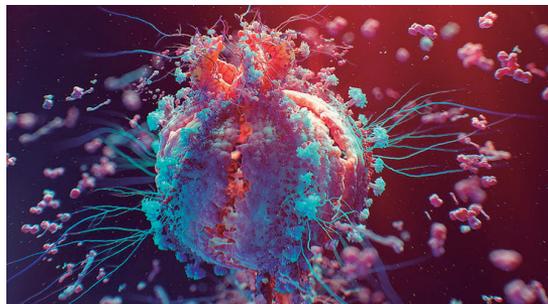
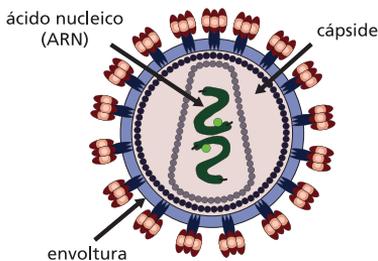
La falta de organización celular y metabolismo propio, hace que muchos científicos no los consideren formas vivas, aunque otros sí los consideran como tal, para lo cual toman en cuenta su propiedad de multiplicación intracelular. Como puedes ver, esto constituye una controversia científica en la biología actual.

Existe una amplia diversidad estructural entre los virus vinculada con las células hospederas (fig. 3.37).



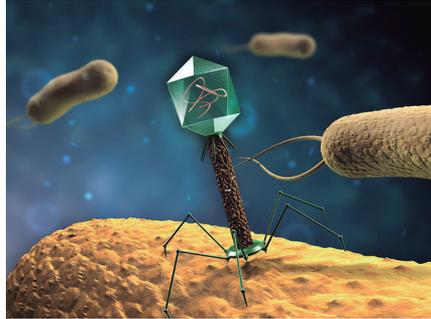
**Fig. 3.37** Diversidad de formas y presencia de componentes macromoleculares en los virus

Los virus que parasitan animales pueden presentar por fuera de la cápsida una membrana exterior de lipoproteínas llamada **envoltura** como es en el de la inmunodeficiencia adquirida (VIH) (fig. 3.38).



**Fig. 3.38** De izquierda a derecha, modelo estructural del VIH y microfotografía de un virus

Otros que infectan bacterias, poseen aditamentos en su cápsida como **colas** y **filamentos** (fig. 3.39), vinculados con su capacidad de infectar diferentes tipos de células específicas.



**Fig. 3.39** Infección de una bacteria *Escherichia coli* por un bacteriófago T<sub>4</sub>

### 3.4.2 ¿Cómo se pueden multiplicar los virus si son entidades acelulares?

Existen virus como el papiloma de las verrugas (fig. 3.40) y otros, que producen algunos tipos de **cáncer** pudiendo seguir durante generaciones sin que el virus se manifieste, mientras otros se propagan rápidamente como el virus que produce la gripe.



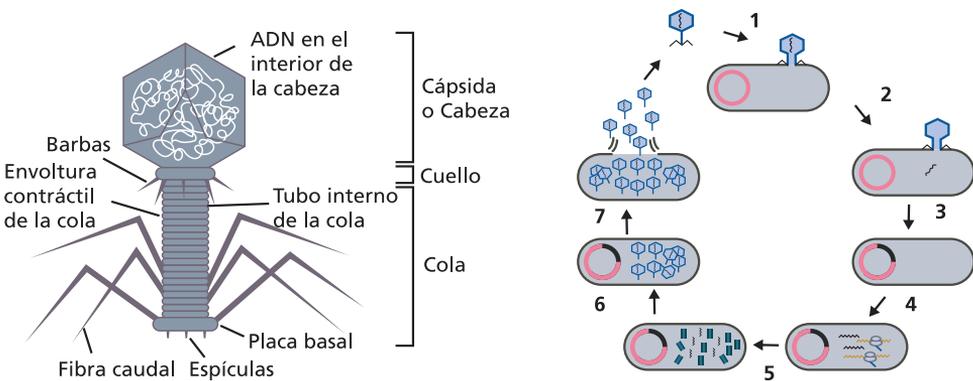
**Fig. 3.40** Verrugas genitales causadas por el virus del papiloma y muestra de tejido enfermo

¿Qué mecanismos de multiplicación presentan los virus por los cuales unos se multiplican en un período corto de tiempo y otros no?

La multiplicación viral solo puede ocurrir en el interior de una célula hospedera. La replicación del ácido nucleico viral depende de las fuentes de energía del metabolismo del hospedero, los sistemas enzimáticos y otros componentes que participan en el funcionamiento de la célula infectada, afectando su integridad biótica, esto causa el debilitamiento o muerte de la célula hospedera y la propagación de las formas virales, de ahí su carácter patógeno.

Aunque cada virus tiene sus particularidades en la forma de multiplicación, podemos estudiar diferentes fases o etapas que pueden ser generalizadas en lo que denominamos ciclo lítico. En la figura 3.41 se representa la estructura y el ciclo lítico del bacteriófago  $T_4$  que ha sido uno de los más estudiados.

- Unión del virus a la superficie de una célula (1).
- Penetración del virus al interior de la célula (2) y neutralización del ácido nucleico celular (3).
- Replicación del ácido nucleico viral (4) y síntesis de las subunidades proteicas de las cápsidas (5).
- Ensamblaje de las partículas virales (6).
- Liberación de los virus hacia el exterior de la célula (7).



**Fig. 3.41** De izquierda a derecha, modelo estructural del bacteriófago  $T_4$  y representación esquemática del proceso de multiplicación del virus en un ciclo lítico

En la primera fase se establece una interacción entre el virus y receptores específicos de superficie celular. Este proceso hace posible que solo infecte a su huésped específico.

Posteriormente tiene lugar la **penetración**. Esta consiste en que el virus o solamente el material genético del virus penetra al interior de la célula.

En el caso de un bacteriófago  $T_4$ , lo hace por medio de la cola (fig. 3.41), cuyas proteínas contráctiles se retraen y se introducen en el interior de la pared bacteriana. Como la cola tiene la forma de un tubo hueco, puede permitir, a manera de una inyección, que el ácido nucleico viral la atraviese y se desplace hacia el interior del citoplasma bacteriano. Los virus que parasitan a los animales, son incorporados mediante endocitosis por la membrana citoplasmática de las células, utilizando su envoltura lipoproteica, y una vez en el interior de las mismas, se disuelve la cápsida proteica.

Durante la **multiplicación o replicación** se produce gran cantidad de nuevos virus. En esta fase el material genético viral, una vez en el citoplasma, mediante complejos procesos, provoca la síntesis de nuevas copias de su ácido nucleico y se sintetizan las proteínas, que conforman la cápsida viral.

Como resultado, el material genético viral, utilizando el metabolismo celular sirve de base en la síntesis de las proteínas de los nuevos virus y debido a la propiedad de autorganización que poseen estas moléculas, se ensamblan las diferentes partes virales de la cápsida alrededor de una molécula del ácido nucleico viral, constituyéndose las nuevas entidades virales. De esta manera se organizan cientos de nuevos virus en el interior de la célula hospedera.

En la **liberación** las nuevas entidades virales son expulsadas de la célula hospedera. Una de las formas de liberación puede ser por lisis celular, en la cual ocurre la ruptura de la célula al romperse la pared celular y disolverse la membrana citoplasmática de la célula. Como resultado se liberan cientos de nuevos virus, los cuales, al salir de la célula, están ya en condiciones de infectar a otras. En los virus que parasitan animales, estos pueden salir mediante exocitosis a través de la membrana citoplasmática, sin ocasionar su ruptura ni la desintegración inmediata de la célula hospedera.

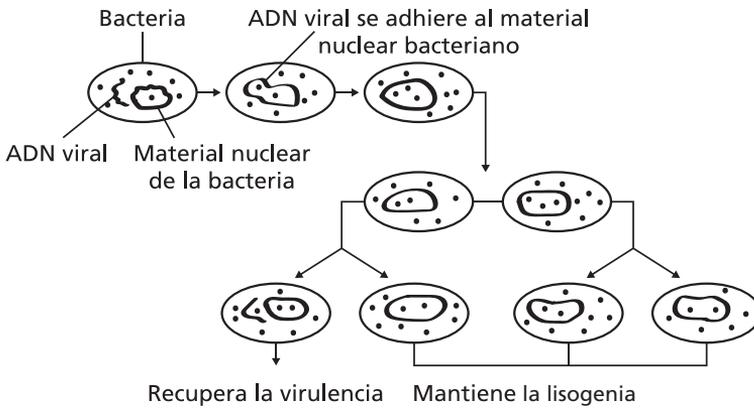
### ¿Sabías que...?

La multiplicación del fago  $T_4$  concluye aproximadamente unos 30 min después de ocurrir la penetración del material genético. Al ocurrir la lisis bacteriana emergen 200 o 300 nuevos fagos.

Por las características de este ciclo de multiplicación viral, en el cual generalmente ocurre la ruptura de la pared celular y se disuelve la

membrana citoplasmática se le denomina ciclo **lítico** (“lisis”, ruptura, desintegración).

Se conoce otro proceso de interacción virus-hospedero llamado **virogenia**, que en el caso especial de los fagos se conoce como **lisogenia**. En esta, al penetrar en la célula, el ácido nucleico viral no se multiplica, sino que su ácido nucleico se integra al ADN de la célula sin causar daños aparentes ni afectar en sus procesos vitales durante mucho tiempo. Sin embargo, en determinadas condiciones, el ácido nucleico viral se separa e inicia los procesos de multiplicación propios del ciclo lítico, que conducen a la lisis y muerte celular (fig. 3.42).



**Fig. 3.42** Esquema del proceso de interacción lisogénica entre una célula bacteriana y un fago

Durante la lisogenia los virus se mantienen en estado latente, sin que el organismo **hospedero** presente síntomas de la infección, pudiendo ser más o menos prolongado en dependencia del tipo de virus. En cambio, durante el ciclo lítico la multiplicación del virus ocurre en un tiempo más corto.

### Comprueba lo aprendido

1. Valora la trascendencia en la historia de las ciencias biológicas y en la medicina las investigaciones científicas realizadas por Dimitri Ivanovsky, Martinus Beijerinck y Frederick Twort desde finales del siglo XIX e inicios del siglo XX.
2. Auxiliándote de las figuras de este capítulo y teniendo en cuenta las características de los virus: ¿qué los diferencia de una célula, por lo

cual se plantea que son formas acelulares? ¿por qué son considerados parásitos intracelulares obligados?

3. Analiza en la composición de un virus seleccionado por ti, cómo se evidencia las relaciones estructura-propiedades-funciones en las biomoléculas que lo constituyen. Puedes auxiliarte de una tabla.

4. Haz una tabla en la que precises de cada fase del ciclo lítico de multiplicación de los virus los siguientes aspectos: componente molecular del virus que participa, propiedad de la biomolécula que la hace posible, parte de la célula que participa y resultado.

5. Compara los dos modos de interacción virus-célula (lítica y lisogénica) y establece semejanzas y diferencias. Establece tus conclusiones.

6. Si no posees una actitud sexual responsable, ¿qué virus ocasionantes de una infección de transmisión sexual puedes contraer?

a) Elabora una lista en tu libreta con los que son curables y otra, con los que tienes que convivir de por vida.

b) De aquellos que descubras que son incurables, expresa: ¿qué daños causan a tu organismo?

c) Debate con tus compañeros de grupo qué medidas puedes tomar para mantener tu cuerpo libre de estas infecciones.

d) Ejemplifica cómo el Estado cubano ha prestado especial atención a las medidas para prevenir enfermedades virales.

Como conclusión podemos decir que en este capítulo aprendiste que los organismos vivos están formados por biomoléculas y sustancias inorgánicas, entre las cuales el agua es fundamental, junto a algunas sales minerales. Las principales biomoléculas se clasifican en proteínas, ácidos nucleicos, carbohidratos y lípidos. Durante el funcionamiento de las células se manifiesta una estrecha interacción, en cuyo estudio es necesario tener en cuenta la relación estructura-propiedades-funciones que se manifiesta en cada una.

El origen de las biomoléculas transcurrió en un proceso de evolución química donde las moléculas sencillas reaccionaron en los mares primitivos, dando lugar a las biomoléculas complejas, que por mecanismos de polimerización originaron macromoléculas poliméricas. Estas constituyen la base del proceso prebiótico que dio origen a agregados moleculares como los llamados coacervados, donde ya se inician algunas de las propiedades de la vida. Por último, al cabo de millones de años, la materia

inanimada desarrolló funciones más complejas que la diferenciaron del mundo inanimado, surgiendo así las células primitivas.

Los virus están constituidos por biomoléculas de proteínas y ácido nucleico, cuya organización tan sencilla en el mundo científico aún se debate su carácter de organismos vivos. No obstante, a pesar de no realizar metabolismo, estos son capaces de multiplicarse por su interacción con las células hospederas, en las cuales utilizan sus componentes y funciones.

### Desafíos

1. ¿Puede cebarse a un animal nutriéndolo con alimentos ricos en almidón? Fundamenta tu respuesta.
2. Describe brevemente las relaciones que se establecen entre las biomoléculas citadas en cada uno de los casos siguientes:
  - a) Los lípidos y la enzima lipasa presente en el jugo intestinal.
  - b) Los carbohidratos del pan y la enzima ptialina presente en la saliva.
  - c) El ADN y el ARN presentes en el núcleo de una célula eucariota.
  - d) Las proteínas y los ácidos nucleicos.
  - e) La hemoglobina de la sangre y las moléculas de dioxígeno que penetran por los pulmones a la sangre.
3. Algunos científicos piensan que en otros planetas de nuestra galaxia pudieran existir ciertas formas de vida semejantes a las del planeta Tierra. Argumenta esta afirmación.
4. Si tuvieras que encontrar planetas donde exista vida: ¿qué características deberías buscar en ellos? Justifica tu respuesta.
5. Elabora un plan de divulgación de las características de la transmisión del VIH y el condiloma y desplégalo en tu escuela.
6. Los fármacos antivirales prolongan la vida de las personas infectadas por VIH, pero en los países capitalistas están patentados y son costosos, trayendo como consecuencia que muchos seres humanos no puedan comprarlos y fallezcan rápidamente.
  - a) Investiga cómo y cuál es el tratamiento de los infectados por VIH en nuestro país.
  - b) ¿Qué acciones realiza el Estado cubano para aumentar la calidad de vida de los contagiados con el VIH?

7. Localiza en internet algunos artículos de revistas o sitios de divulgación científica escritos en idioma inglés que traten acerca de las biomoléculas, los virus o el origen de la vida. Con ayuda de un **Diccionario inglés-español**, y basándote en tus estudios de idioma, trata de comprender la esencia de lo que se analiza en tres o cuatro párrafos de estos. Realiza con tus palabras un resumen acerca de lo comprendido y compártelo con tus compañeros y con el docente.
8. Elabora un fichero con recortes de artículos de periódicos y revistas cubanas o de otros países que traten sobre los contenidos de la unidad, fundamentalmente sobre los últimos descubrimientos, las aplicaciones en la medicina, la agricultura, la ganadería, las biotecnologías, etc. Clasifícalos en diferentes carpetas de acuerdo a su contenido. En cada recorte debes escribir el nombre de la revista o periódico de donde lo extrajiste, así como la fecha.

### Actividades prácticas

#### Práctica de laboratorio: Presencia de carbohidratos en los organismos vivos

**Materiales:** papa, ramas de ítamo real, cardón o corona de cristo, portaobjetos, cuchilla o bisturí, cubreobjetos, gotero, papel de filtro, disolución lugol y microscopio óptico.

#### Técnica operatoria

1. Coloca una o dos gotas de la disolución lugol en un portaobjetos.
2. Obtén un raspado de papa 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.
4. Observa al microscopio óptico. Localiza los granos de almidón. Dibuja lo observado.
5. Deposita en otro portaobjetos una o dos gotas de lugol.
6. Rompe una rama de cualquiera 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 de la misma forma que en el paso tres.
8. Observa los granos de almidón, dibújalos y compara con lo observado en el paso cuatro.

## Conclusiones

1. ¿A qué conclusiones puedes llegar con la comparación realizada en el paso ocho?
2. Desde el punto de vista práctico. ¿Qué importancia tiene el uso de colorantes para el trabajo con el material biológico?
3. ¿Qué relación puede establecerse entre lo observado en la actividad y la importancia de los carbohidratos en los organismos?

## Tarea extraclase de modelación

### Elaboración de modelos tridimensionales de polisacáridos, lípidos, polipéptidos, ADN y diferentes partículas virales

**Materiales:** semillas de plantas de diferentes formas y colores; tapas de pomos plásticos desechables con aberturas; palitos de madera finos; alambre o cables de poco calibre; poliespuma; papel, cartulina, cartón de cajas desechables; lápices de colores; pincel y tempera; tijera, bisturí o cuchilla; porciones extraídas de pomos plásticos desechables (champú, colonias, entre otros) de diferentes colores y otros materiales que consideres necesarios.

**Forma de organización:** por equipos

## Actividades

1. Colecta los materiales de desecho que se van a utilizar en la comunidad, el centro o en el hogar.
2. Realiza una indagación bibliográfica acerca de los componentes y las estructuras de las biomoléculas y los diferentes tipos de virus que vas a modelar.
3. Anota en tu libreta los aspectos más importantes que te serán indispensables representar en el modelo, es decir, los aspectos de su composición y estructura.
4. Realiza la representación de cada tipo de biomoléculas y virus sustituyendo los elementos esenciales con los materiales de diversos tipos recolectados.
5. Elabora una ficha para cada una de las biomoléculas y virus modelados donde presentes el título, materiales utilizados, y la relación estructura-propiedades-funciones.

6.

Entrega puntual al docente de los modelos y las fichas realizadas.

*Nota: los modelos mejor representados serán ubicados en una exposición en el laboratorio de Biología y en la Feria de Ciencias de tu escuela.*

## Tarea extraclase investigativa

### **Biomoléculas y nutrición humana. Hábitos alimentarios en la comunidad escolar y local. Consecuencias y acciones preventivas**

**Objetivo:** Determinar los hábitos alimentarios presentes en la comunidad escolar y en la comunidad, sus consecuencias y las acciones preventivas que posibiliten un estilo de vida saludable en la población.

**Métodos para la gestión de los conocimientos:** entrevistas, encuestas y revisión bibliográfica en diferentes fuentes

**Forma de organización de los educandos:** por equipos

**Materiales:** libros, revistas, periódicos, computadora e internet

### **Sugerencias**

- Realiza una búsqueda bibliográfica acerca de las funciones e importancia de cada uno de los tipos de biomoléculas que se encuentran contenidas en los alimentos que forman parte de la dieta actual de la población cubana. Puedes tomar fotos de los alimentos para ilustrar tu informe y la presentación electrónica.
- Realiza una encuesta o entrevista a una muestra de educandos, docentes y personas de la comunidad para indagar sus hábitos alimentarios. En esta puedes incluir los siguientes indicadores u otros que consideres: cantidad de agua diaria ingerida, cantidad de alimentos ricos en carbohidratos, grasas animal y vegetal, tipos de carnes naturales, carnes procesadas, pescados y mariscos; consumo de vegetales y frutas; consumo de bebidas alcohólicas, consumo de refrescos y otras bebidas gaseadas, consumo de azúcar, alimentos con harina refinada, entre otros. Puedes realizar videos de las entrevistas.

### CAPÍTULO 3

- Realiza un debate en el equipo acerca de las causas de los problemas nutricionales encontrados en la población por malos hábitos alimentarios y finalmente proponer medidas y acciones que pueda realizar el equipo dentro de la escuela o en la comunidad.



# CAPÍTULO 4

## La célula como unidad estructural y funcional de los organismos vivos

*Este descubrimiento sentó una base firme para la investigación de los productos orgánicos, vivos, de la naturaleza, tanto para la anatomía y la fisiología comparadas como para la embriología.<sup>1</sup>*

*Federico Engels*

**E**n ciertas ocasiones, ante la sospecha de cáncer, los médicos realizan una biopsia para precisar el diagnóstico. La biopsia es un procedimiento mediante el cual se extrae una muestra de **tejidos** del cuerpo, que después se estudia al microscopio, para observar las características de las células y deducir, a partir de los cambios en sus características normales, si hay cáncer u otra enfermedad. Es interesante cómo la observación de los cambios en la estructura de células y tejidos permite determinar su correspondencia con procesos patológicos diversos.

Este procedimiento constituye uno de los métodos de diagnóstico de mayor precisión y fiabilidad con los que cuenta la medicina. Esta técnica, que contribuye a salvar muchas vidas, se basa en un conocimiento esencial de la biología: la teoría celular (fig. 4.1).



**Fig. 4.1** Procedimientos de una biopsia. De izquierda a derecha, extracción de la muestra, preparación de cortes de la muestra obtenida y observación por un especialista en patología

<sup>1</sup> Federico Engels: *Dialéctica de la naturaleza*, pp. 166-167.



## Reflexiona

¿Cómo se llegó a elaborar la teoría celular y qué importancia tiene para el desarrollo científico y tecnológico de la humanidad?

¿Por qué es tan importante el estudio de la célula al explicar la integridad de los organismos?

¿Qué aplicaciones prácticas tiene el conocimiento de la complejidad celular?

En este capítulo aprenderás, esencialmente:

- La trascendencia de la teoría celular en el desarrollo de la biología a partir del conocimiento de sus principales postulados.
- Las semejanzas y diferencias en la complejidad de las células procariotas y eucariotas y sus relaciones evolutivas, como base de la explicación de la unidad y diversidad de la vida.
- La integridad biótica y el dinamismo de las células a partir de la relación ultraestructura-propiedades-funciones y la interacción con el medio ambiente.
- La relación entre los niveles celular y de organismo en la comprensión de la integridad biótica.

Estos aprendizajes te servirán para interpretar y resolver problemas vinculados con la vida, en los que podrás aplicar los conocimientos sobre la complejidad del nivel celular en situaciones relacionadas con la salud humana, la seguridad biológica, así como, en la conservación y uso sostenible de la biodiversidad, lo que te permitirá valorar su impacto en diferentes ramas de la ciencia y la tecnología, por ejemplo: la medicina, las biotecnologías y la agricultura, entre otras.

### 4.1 La teoría celular es una importante generalización de la biología que fundamenta la unidad y la diversidad de la vida

La humanidad siempre se ha hecho preguntas muy vinculadas a su propia existencia y a la solución de problemas cotidianos de la vida; pero hasta el siglo xvii los estudiosos de la vida no fueron más allá de la observación a simple vista de la estructura de los organismos vivos y sus funciones.

Fue necesario esperar la invención de los primeros instrumentos ópticos, para comprender la composición y estructura microscópica de los seres vivos.

**Reflexiona**

- ¿Cómo se descubrió la existencia de las células?
- ¿Qué trascendencia tiene la teoría celular en el desarrollo de la biología como ciencia?
- ¿Qué es la célula? ¿Todas son iguales?

El término célula proviene del griego *kytos* y del latín *cella*, y significa: espacio vacío. El primero en utilizarlo fue el físico inglés Robert Hooke (1635-1703) al describir sus observaciones de capas delgadas de corcho, en 1665, mediante un sistema de lentes (fig. 4.2). En realidad, lo que observó Hooke fueron las paredes de las células muertas que forman un tejido de protección que se desarrolla en los tallos de algunos árboles, como por ejemplo, el alcornoque. Pero no pudo, ni remotamente, imaginar la verdadera naturaleza de las células.

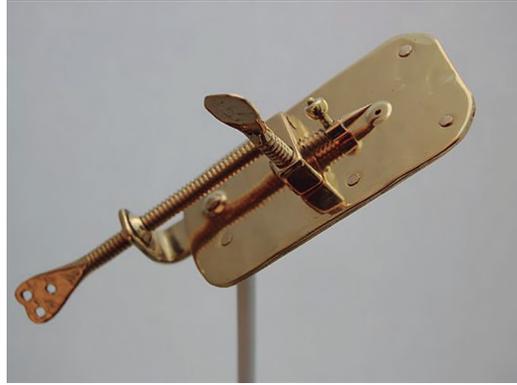


**Fig. 4.2** De izquierda a derecha, Robert Hooke y dibujo de las paredes de las células de corcho e instrumento óptico del físico inglés

Fue un fabricante holandés de microscopios, llamado Anton van Leeuwenhoek (1632-1723), el primero en dar a conocer sus observaciones de la circulación en vasos capilares y de agua estancada, en la que descubrió microorganismos a los que llamó animálculos (fig. 4.3). Sin embargo, mantuvo muy en secreto el arte de construir microscopios, por lo que no se realizaron nuevas observaciones hasta que se desarrolló el microscopio compuesto en el siglo XIX.

Estas observaciones y descripciones se produjeron de forma aislada, por lo que, por más de un siglo, no se establecieron relaciones entre ellas que permitieran el desarrollo de una teoría para explicar la estructura de los seres vivos. No fue hasta finales de la década de los años treinta, del

siglo XIX, que las investigaciones acumularan suficientes evidencias para llegar a conclusiones que permitieron una de las generalizaciones más trascendentales de la biología: la teoría celular.



**Fig. 4.3** Anton van Leeuwenhoek y su microscopio

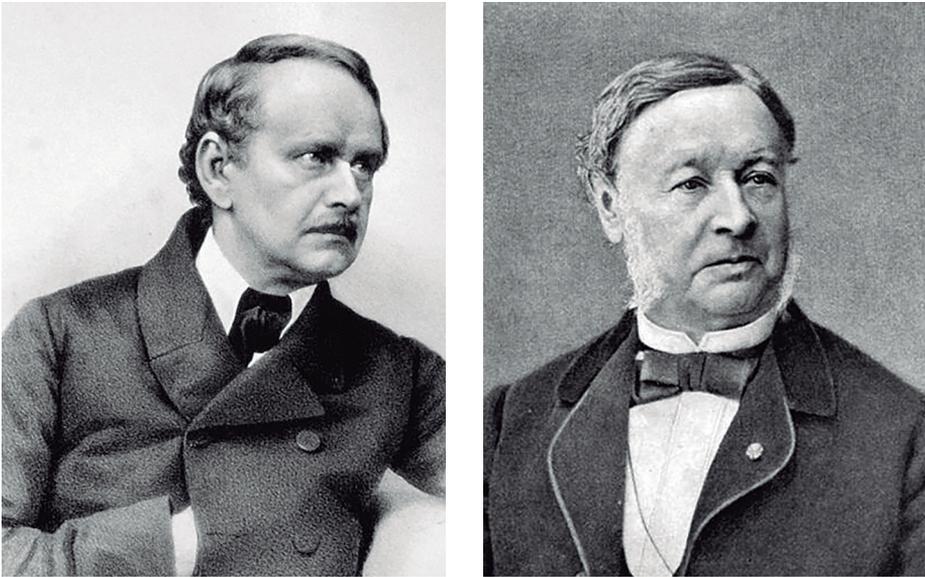
### 4.1.1 ¿Por qué la teoría celular ha tenido una gran trascendencia?

En 1838, el botánico alemán Mathias Schleiden (1804-1881) al estudiar a los tejidos vegetales propuso que la célula constituía la unidad estructural común de las plantas. Un año más tarde, el alemán Theodor Schwann (1810-1882) hizo extensiva esta generalización a los animales y afirmó que todos los seres vivos están formados por células y sus productos.

#### De la historia

Schleiden y Schwann (fig. 4.4) eran amigos y estudiaron muchos tipos de tejidos en sus campos respectivos: la botánica y la zoología, lo que les permitió colaborar, intercambiar los resultados de sus estudios y llegar a la conclusión que todo organismo vivo está constituido por una o por multitud de células.

Más tarde, en 1859 el médico patólogo alemán Rudolf Virchow demostró que toda célula procede de otra célula anterior y estableció que la división celular es un proceso fundamental en la reproducción de los organismos, y que las células eran fundamentales en los procesos de crecimiento, desarrollo y continuidad de estos.



**Fig. 4.4** Creadores de la teoría celular. De izquierda a derecha, Mathias Schleiden y Theodor Schwann

La teoría celular, inicialmente se acogió con bastantes reservas; sin embargo, continuó enriqueciéndose por el aporte continuo de las investigaciones científicas. Las ideas esenciales de esta pueden sintetizarse en los postulados siguientes:

1. Las células constituyen las unidades estructurales y funcionales de todos los organismos vivos.
2. Las propiedades de un organismo dado dependen de las células individuales.
3. Las células se originan únicamente a partir de otras células y su continuidad se mantiene a través del material genético.
4. La unidad más pequeña de la vida es la célula.

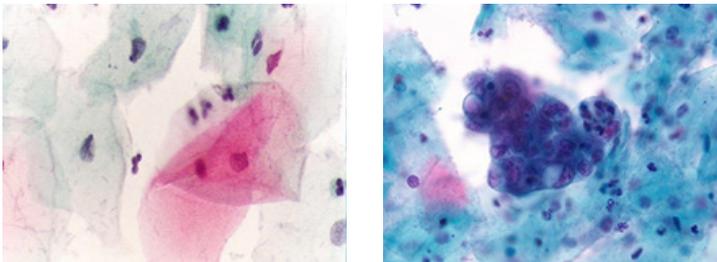
En la actualidad, estos postulados nos parecen muy evidentes, pero debemos considerar que fueron realizados en una época en la que no existía el desarrollo actual de la tecnología, por lo que revelan una gran intuición por parte de los investigadores que, desde Hooke, Leeuwenhoek, Schwann, Schleiden y Virchow, entre otros, fueron aportando a dicha teoría. Estos postulados fueron adquiriendo cada vez mayor relevancia y sus repercusiones fueron inmensas en todos los campos de la biología y sus aplicaciones.

En primer lugar, esta teoría constituyó una interpretación radicalmente nueva de la naturaleza, que enfatiza en la unidad de los seres vivos. El hecho de que todos los organismos estén constituidos por células, permite reforzar la idea de que los organismos tienen un origen común y que los pluricelulares han evolucionado a partir de los unicelulares. Por otro lado, tuvo un gran impacto en la búsqueda de explicaciones científicas a la diversidad de los organismos y abrió nuevas perspectivas al desarrollo de ciencias como la **anatomía**, la **fisiología**, la botánica, la zoología, entre otras ramas de la biología.

También contribuyó al desarrollo impetuoso de la medicina y la agropecuaria, entre otras, que aplican estos conocimientos en la solución de problemas, como los relacionados con la alimentación y la salud humana. Además, la teoría celular sentó las bases que marcarían el desarrollo de nuevas ramas de la biología, como la biología celular, ciencia que estudia a la célula, y la **histología**, especializada en estudiar los tejidos.

### Aplicación práctica

Entre las aplicaciones de la teoría celular se puede citar el desarrollo de la especialidad de anatomía patológica, que permite el diagnóstico de enfermedades como el cáncer. Por ejemplo, la prueba citológica se efectúa a partir de un raspado para obtener una muestra del tejido del cuello del útero o de la vagina a la que se le realiza la prueba de Papanicolaou. El objetivo fundamental de este test es el diagnóstico precoz de alteraciones celulares que conduzcan al cáncer de cuello uterino. Con ello se puede realizar el pesquiasaje masivo del cáncer de útero y contribuye a salvar las vidas de muchas mujeres al detectar lesiones malignas o premalignas, y aplicar a tiempo tratamientos adecuados (fig. 4.5).



**Fig. 4.5** Microfotografía de células de cuello uterino. De izquierda a derecha: normales y cancerosas

Los principales y más novedosos logros de la biología actual, como la ingeniería genética y las biotecnologías, la clonación, la medicina regenerativa, basada en el uso de células madre, la producción de vacunas y otros logros de la inmunología, tienen sus bases en la teoría celular y en el estudio de los fundamentos moleculares del funcionamiento de las células, que amplían, profundizan y actualizan constantemente esta teoría.

Esta teoría ha permanecido abierta a la revisión y enriquecimiento constante. El planteamiento de sus postulados debió esperar la invención del microscopio, pero es peculiar que, a su vez, ejerció una extraordinaria influencia en el desarrollo de la tecnología, para poder profundizar aún más en el estudio del nivel celular.

Podemos concluir que la teoría celular dio un aporte trascendental al desarrollo de la biología como ciencia: la comprensión de la unidad y la diversidad de los sistemas vivos. Permitió no solo encontrar las características esenciales que definen a las células, sino también contribuyó a orientar el estudio de la diversidad de células que forman a los organismos, tanto unicelulares como pluricelulares.

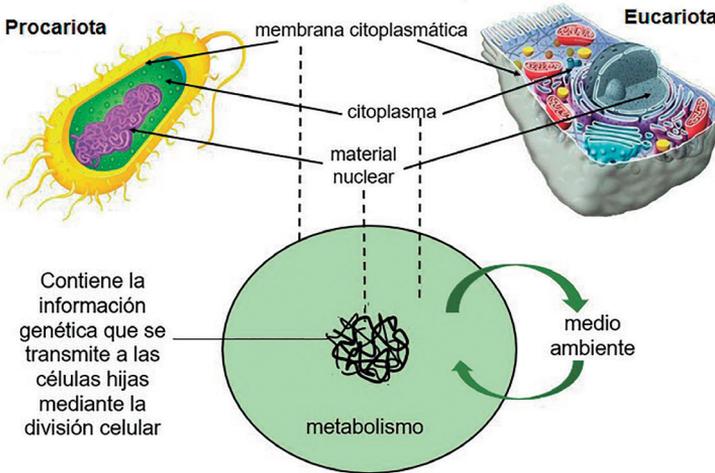
#### ***4.1.2 ¿Por qué se plantea que la célula es la unidad estructural y funcional de la vida?***

Ya has estudiado que existen dos tipos de células: la procariota y la eucariota que se diferencian, esencialmente, porque en la célula eucariota el material genético está rodeado por una envoltura nuclear. Sin embargo, en el nivel celular es mucho mayor la diversidad de formas, tamaños y características estructurales que determinan, a su vez, su diversidad funcional.

La teoría celular se desarrolló continuamente con el estudio de esta diversidad, lo que contribuyó, a su vez, a identificar cuáles son las características esenciales que distinguen la unidad dentro de esta y que permiten llegar a una definición de célula. Al observar la figura 4.6, podrás identificar las características esenciales que tiene cualquier célula, porque están presentes, tanto en las procariotas como en las eucariotas.

Como puedes comprobar, en ambos patrones de células se identifican como componentes básicos: la membrana citoplasmática, el citoplasma y el material genético que posibilita la herencia. Otra característica esencial de todas las células es el intercambio de sustancias, energía e información

con el medio ambiente, lo que les permite el **metabolismo** y su división, como base del mantenimiento y la perpetuación de la vida. Estas características se manifiestan como rasgos esenciales en cualquier célula, por lo que expresan la unidad en este nivel.



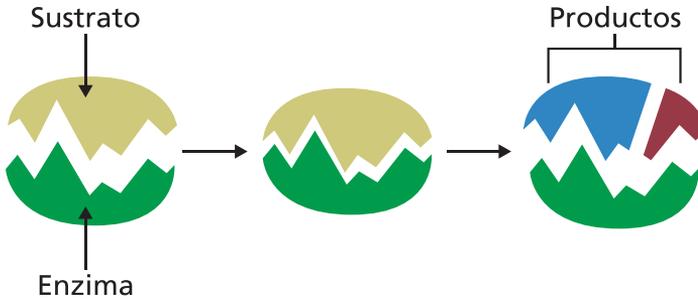
**Fig. 4.6** Rasgos esenciales de las células presentes en los dos patrones celulares

**Recuerda que...**

La célula es la unidad básica de estructura y función de los organismos vivos, constituida por el material genético, el citoplasma y una membrana citoplasmática que la delimita, a través de la cual intercambia con el medio, sustancias, energía e información, lo que permite el metabolismo y la división celular.

En todas las células, ya sea de **organismos unicelulares** como de pluricelulares, se realizan funciones que permiten el mantenimiento de la vida, mediante el metabolismo, así como un continuo recambio sobre la base de reacciones bioquímicas, en las que intervienen las sustancias químicas que las componen.

Las reacciones bioquímicas que componen el metabolismo no ocurren espontáneamente, pues se desarrollan en condiciones del ambiente intracelular que no las favorecen, por lo que podrían ser muy lentas. Las enzimas son catalizadores bióticos, cuya función fundamental es la regulación del metabolismo (fig. 4.7).



**Fig. 4.7** Representación de la acción de una enzima específica



### Saber más

En el estudio del **metabolismo** se utiliza el término, **vía metabólica**, para designar a cada serie de reacciones bioquímicas consecutivas reguladas enzimáticamente, y se les denomina **metabolitos** a las sustancias reaccionantes, intermediarias y productos.

Las reacciones químicas que integran el metabolismo pueden ser clasificadas, como reacciones de degradación o catabolismo, y de síntesis o anabolismo.

El **catabolismo** comprende reacciones bioquímicas de degradación, en las que a partir de sustancias químicas más complejas se obtienen otras más simples y se cede energía que permite formar ATP y otras sustancias.

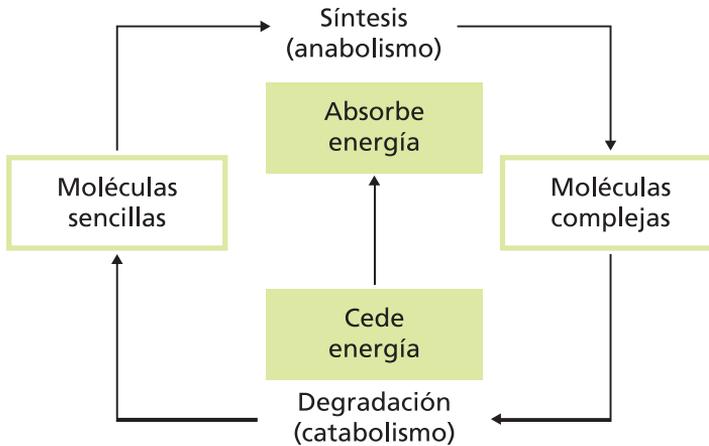
Un ejemplo de reacciones catabólicas es el proceso de respiración, en el cual la glucosa se degrada hasta dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) y agua ( $\text{H}_2\text{O}$ ).

El **anabolismo** comprende las reacciones bioquímicas de síntesis de las biomoléculas más complejas a partir de otras más sencillas. Estas reacciones utilizan la energía contenida en los enlaces de compuestos como el ATP, entre otros.

Entre las biomoléculas que son sintetizadas en el anabolismo están las proteínas, los lípidos, los carbohidratos y los ácidos nucleicos, entre otras, que contribuyen a la formación de los componentes de las células, el crecimiento y el recambio celular. Un ejemplo de proceso metabólico de síntesis es la fotosíntesis. En ella se obtienen sustancias orgánicas comple-

jas a partir de sustancias inorgánicas como el  $\text{CO}_2$  y el  $\text{H}_2\text{O}$ . En este proceso, la energía radiante del Sol es utilizada en producir compuestos como el ATP y otros, que ceden la energía necesaria en las reacciones de síntesis.

Entre el anabolismo y el catabolismo existe una estrecha interacción dinámica en el funcionamiento de la célula, ya que los resultados o productos de unas reacciones pueden ser las sustancias precursoras de otras (esquema 4.1).



**Esquema 4.1** Esquema de la relación entre el anabolismo y el catabolismo

Todos los procesos y transformaciones fisiológicas, ya sea a nivel de célula, tejido, órgano o del organismo como un todo, desde su nacimiento hasta la muerte, están relacionados con el metabolismo. La contracción muscular, la conducción del impulso nervioso, la producción de hormonas en el organismo, el mantenimiento del equilibrio hídrico en los tejidos y en el organismo, son ejemplos de procesos inherentes a la vida que tienen en su base el intercambio de las células con el medio ambiente y el metabolismo.

El metabolismo es la expresión del movimiento de la materia viva y del dinamismo celular, ya que permite el recambio de las células, siendo indispensable en el mantenimiento de la vida, el funcionamiento y el desarrollo de los organismos.

El **recambio** es la renovación constante de los componentes moleculares y celulares que tienen como base reacciones químicas de síntesis y degradación.

En el intercambio con el medio ambiente, las células reciben información, tanto de los cambios externos como de los que ocurren en su interior, y responden ante estos, mediante la propiedad de irritabilidad que, posibilita los ajustes metabólicos que permiten dar respuestas adaptativas y mantener la homeostasia ante las variaciones del medio ambiente.

La base de la perpetuación de la vida también se encuentra en el nivel celular. Las células contienen en el material genético (ADN, ARN), la información genética que se transmite de generación en generación, al dividirse y originar células hijas.

Toda célula pasa por etapas sucesivas por las que nace, crece, se divide y da origen a nuevas células. A este ciclo se le denomina **ciclo celular**.

La división como parte de este ciclo, está estrechamente relacionada con los procesos de desarrollo, crecimiento y reproducción de todos los organismos vivos.

La **muerte celular** ocurre cuando cesan sus funciones metabólicas, lo cual puede ser el resultado de un proceso natural de recambio en el que las células nuevas reemplazan a las que mueren, o puede ser causada por alguna afectación en su interacción con el medio ambiente, como la falta de nutrientes, de dioxígeno, presencia de sustancias tóxicas, por una enfermedad, una lesión localizada o la muerte del organismo, del cual las células forman parte. La muerte celular debe comprenderse como un proceso inherente a la vida que permite la renovación de tejidos en organismos pluricelulares.

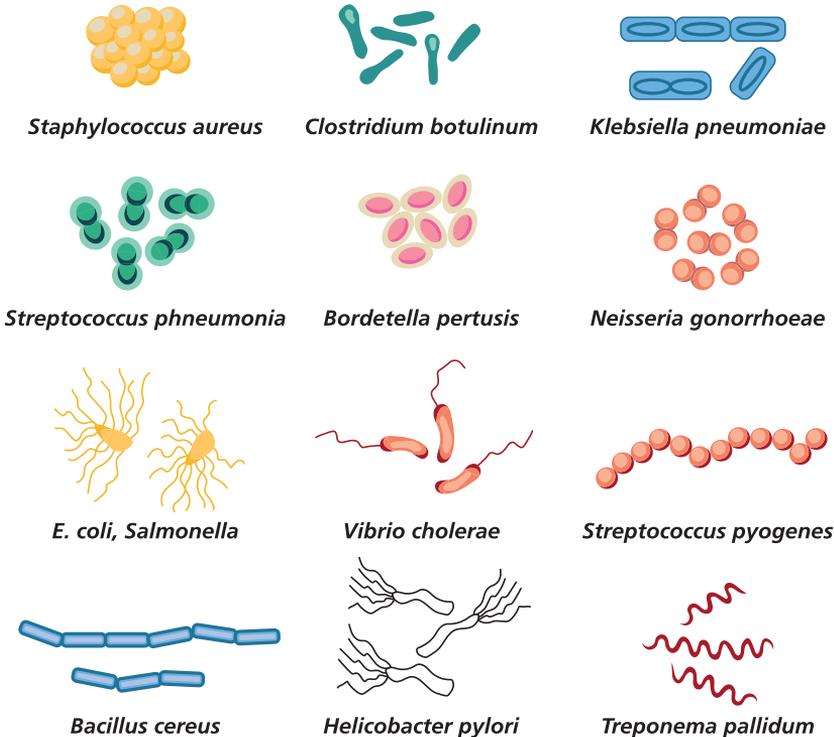
### Comprueba lo aprendido

1. ¿Cuáles son los postulados de la teoría celular? Argumenta la importancia de cada uno para la comprensión de la unidad y la diversidad de la vida.
2. Valora los aportes de Hooke, Leeuwenhoek, Schwann, Schleiden y Virchow en la comprensión de la organización de la materia viva, así como la unidad y la diversidad del mundo vivo.
3. Valora el impacto de la teoría celular para el desarrollo de la biología como ciencia y en sus aplicaciones tecnológicas.
4. Argumenta la idea siguiente: "El desarrollo de la teoría celular demuestra la estrecha relación que existe entre la ciencia y la tecnología".

5. Identifica en la definición de célula, cuáles son sus rasgos esenciales. Explica en cada caso por qué.
6. Elabora un párrafo en el que exprese la relación que existe entre metabolismo, anabolismo y catabolismo.

## 4.2 Las células procariotas muestran menor complejidad, y su diversidad es indispensable en la adaptación a la vida en nuestro planeta

Los organismos con patrón celular procariota son tan numerosos que, junto con los hongos que son eucariotas, representan aproximadamente la mitad de la biomasa de la Tierra. Algunos son patógenos a las plantas, los animales y los humanos, sin embargo, la vida sería imposible sin su existencia. El desarrollo de la microscopía, permitió el descubrimiento de un mundo colmado de microorganismos procariotas, que viven en el suelo, los océanos, el aire, las aguas termales y hasta en nuestro cuerpo (fig. 4.8).



**Fig. 4.8** Diversidad de formas entre los microorganismos procariotas (observación con un microscopio óptico)

**Reflexiona**

¿Son realmente tan simples las células procariotas como se observan al microscopio óptico?

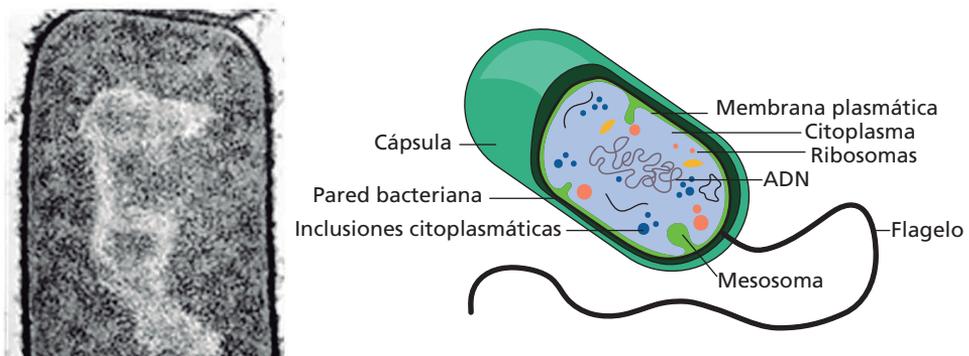
¿Qué impacto tendría en la vida de nuestro planeta la pérdida de la biodiversidad de los organismos procariotas?

¿Qué aplicaciones prácticas tiene el conocimiento de la diversidad de los procariotas?

La comparación de la célula procariota con la eucariota revela que poseen componentes y funciones que son comunes y otras que difieren. Obviamente, en ambas se manifiestan los rasgos esenciales que son semejanzas entre todas las células: sin embargo, un análisis más profundo evidencia que ambos tipos de patrones celulares exhiben una gran complejidad en componentes, estructuras, propiedades, funciones y funcionamiento como sistemas íntegros que son.

**4.2.1 ¿En qué consiste la complejidad de las células procariotas?**

Las células procariotas no pueden observarse sin un microscopio óptico, ya que en su mayoría, su diámetro no es mayor que un micrómetro ( $\mu\text{m}$ ), sin embargo para un estudio profundo de su complejidad es necesario su observación mediante un microscopio electrónico. El material genético en estas células está constituido por un cromosoma único, formado por una molécula de ADN circular que está ubicado en una región llamada nucleóide. Como se observa en la figura 4.9 no presenta una envoltura nuclear.



**Fig. 4.9** De izquierda a derecha: microfotografía electrónica de un ejemplar de bacteria y modelo de una célula procariota

Si se observa la ultraestructura de una célula procariota podemos comprobar su complejidad. Presentan una membrana citoplasmática constituida, fundamentalmente, por lípidos y proteínas, que funciona como una barrera selectivamente permeable en el intercambio de sustancias entre el interior y el medio extracelular. Esto es posible porque la composición química determina que sea permeable a algunas sustancias y a otras no.

Muchas de las enzimas y otras sustancias que participan en las reacciones químicas propias del metabolismo, se encuentran asociadas a la membrana citoplasmática; por ejemplo, ciertas bacterias fotosintéticas, presentan prolongaciones de la membrana citoplasmática situadas en el interior de la célula, que tienen pigmentos y enzimas cuyas propiedades físicas y químicas como la oxidación-reducción, les permiten la transformación de la energía radiante contenida en la luz, en energía potencial de los enlaces químicos de las moléculas de ATP.

También en la membrana se encuentran enzimas de oxidación-reducción implicadas a la respiración. Es posible observar en algunos organismos procariotas una invaginación de la membrana citoplasmática, llamada **mesosoma**, que tiene relación con la división celular y contiene las enzimas que participan en determinados procesos metabólicos.



### Saber más

Las membranas citoplasmáticas de las bacterias difieren de las que forman a las arqueas en el tipo de lípidos, debido a la presencia de diferentes tipos de enlaces entre los ácidos grasos y la glicerina. Además, se diferencian en que forman una monocapa, a diferencia de la bicapa de las bacterias. Estas características les confieren mayor estabilidad y rigidez, propiedades que les permiten vivir en ambientes extremos de temperatura, de salinidad, entre otros.

El citoplasma de los procariotas contiene ribosomas que participan en la síntesis de proteínas como las enzimas, que poseen la propiedad de regular las reacciones en el metabolismo, así como otras biomoléculas de carbohidratos y lípidos que constituyen metabolitos. A diferencia de las células eucariotas, generalmente no se observa la presencia de sistema de membranas, ni orgánulos membranosos, por lo que no está dividido en compartimentos. También suelen observarse inclusiones citoplasmáticas de nutrientes, que generalmente se producen por la acumulación de sustancias abundantes del medio, que pueden constituir una reserva en momentos de escasez.



### Aplicación práctica

El abuso de los antibióticos en el tratamiento de las enfermedades infecciosas ha provocado resistencia a los mismos por las bacterias. Esto es debido a que la mayoría de los procariotas presentan en su citoplasma pequeños fragmentos de ADN circular adicionales, denominados **plásmidos**, con genes que transmiten esta característica adaptativa. En la biotecnología los plásmidos han sido utilizados para introducir genes extraños en ciertas bacterias, haciéndolas producir sustancias de interés económico.

En casi todos los procariotas, con excepción de los micoplasmas, existe una pared celular, que posibilita la protección de la célula. La pared de las bacterias está formada, generalmente, por un polímero constituido por péptidos y polisacáridos llamado peptidoglucano, con algunas excepciones, como las clamidias.



### ¿Sabías que...?

Las lágrimas y la saliva pueden ser la primera barrera de protección contra las infecciones bacterianas porque contienen una enzima, la lisozima, que rompe determinados enlaces del peptidoglucano destruyendo la pared celular, lo que provoca la entrada de agua y la lisis o ruptura de las bacterias, de ahí su acción bactericida.

Las arqueas no poseen peptidoglucano, pero tienen paredes compuestas por otros polisacáridos o por proteínas. Las propiedades de rigidez y resistencia ante diferentes agentes adversos del ambiente que la infiere el peptidoglucano que contiene las paredes celulares, les permiten su función protectora.



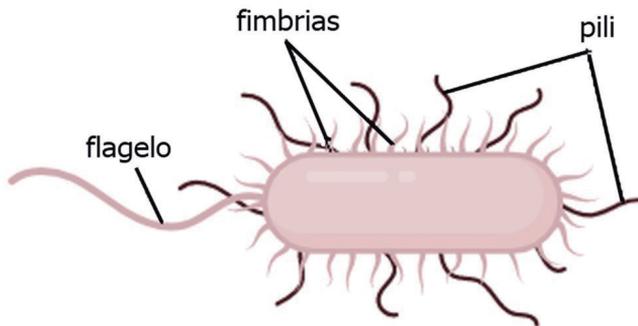
### Saber más

Para prescribir antibióticos los médicos tienen en cuenta ciertas características de la pared celular, pues esta difiere en ciertos tipos de bacterias denominadas Gram positivas de otras denominadas Gram negativas. Para las primeras pueden suministrar penicilina, mientras que para las segundas no, pues este antibiótico no funciona, ya que sus paredes presentan por fuera de la capa de peptidoglucano, una membrana con abundantes lípidos y polisacáridos, que impiden la acción de dicho antibiótico.

Algunos organismos procariotas pueden tener uno o más **flagelos** que se proyectan más allá de la pared celular, con composición química y pro-

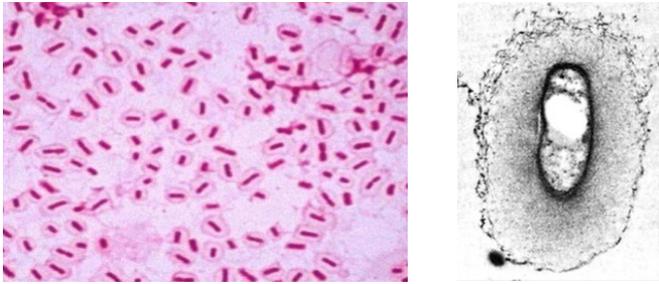
riedad de flexibilidad que le permiten el movimiento, impulsando a la célula en su desplazamiento en medios líquidos, lo que posibilita su locomoción y contribuyen a su adaptación al medio ambiente (fig. 4.10).

También pueden encontrarse filamentos de proteína que se proyectan de la superficie de algunas especies de bacterias, que reciben el nombre de **fimbrias** y de **pili** (pilus en singular). Las fimbrias son menos largas que los flagelos y favorecen la fijación a superficies (figura 4.10). Los pili son más largos y escasos que las fimbrias, y tienen como función la comunicación entre dos células, lo cual pueden realizar por la estructura en forma tubular en que se disponen las moléculas de proteína que la conforman. Durante la conjugación bacteriana los pili permiten la unión de una bacteria con otra y después se acortan, permitiendo el acercamiento entre ellas y la transferencia horizontal de material genético de una bacteria a otra, incluso entre cepas diferentes (fig. 4.10).



**Fig. 4.10** Dibujo de bacteria en el que se representa la presencia de flagelo, fimbrias y pili

El glucocálix es una capa de material extracelular formada fundamentalmente por polisacáridos y polipéptidos sintetizados por la propia célula. Constituye una cubierta protectora, además de ser un depósito de nutrientes y lugar de eliminación de sustancias de desecho. También permite la adhesión bacteriana a determinadas superficies y protege de la desecación, por su contenido de agua. Puede presentarse en forma de cápsula o de capa mucosa. Cuando los polisacáridos están más firmemente unidos a la pared celular constituyen cápsulas que tienen límites definidos (fig. 4.11). Cuando la capa se deforma con facilidad y no tienen límites definidos, se le denomina capa mucosa.



**Fig. 4.11** De izquierda a derecha, microfotografía de bacterias encapsuladas y célula vista al microscopio electrónico cubierta por una gruesa cápsula protectora

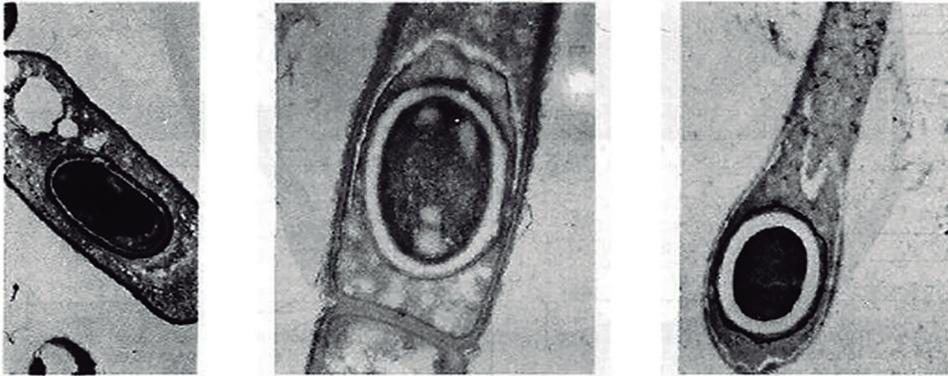
Los organismos procariotas se reproducen asexualmente por **fisión binaria**, que produce copias idénticas de la célula original. Esto ocurre debido a las propiedades del ADN que conforman el material genético o cromosoma, que hacen posible su duplicación y transmisión a cada una de las células hijas. En condiciones favorables ideales, algunas bacterias se duplican en cuestión de minutos, por lo que podrían reproducirse en poco tiempo una población de millones de bacterias (fig. 4.12).



**Fig. 4.12** Reproducción asexual de un organismo con célula procariota

Cuando las condiciones ambientales se tornan hostiles o desfavorables, en el interior de muchas bacterias se originan formaciones de protección

llamadas **endosporas**, las cuales contienen el material genético y las sustancias nutritivas que les permiten sobrevivir. Algunas son tan resistentes que permiten a la bacteria la supervivencia a altas temperaturas e incluso, durante largos períodos de tiempo, por lo que se les considera como adaptaciones a los cambios ambientales desfavorables (fig. 4.13).



**Fig. 4.13** Diferentes tipos de endosporas. De izquierda a derecha, *Bacillus megatherium*, *Bacillus anthracis* y *Clostridium tetani*

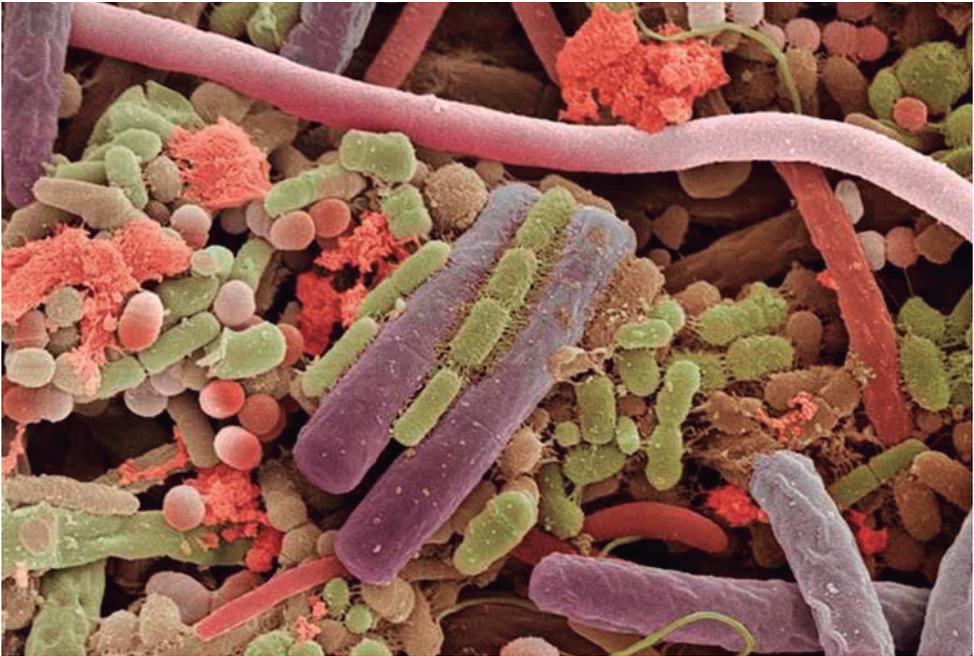
### ¿Sabías que...?

Las endosporas pueden resistir en estado latente durante largos períodos de tiempo. En 1955, un grupo de científicos publicó un trabajo en el que se explica cómo lograron "resucitar" endosporas de bacterias cuya edad se estimaba entre 25 y 40 millones de años. Estas endosporas fueron encontradas en los intestinos de una especie de abeja extinguida, fosilizada en ámbar.

## 4.2.2 ¿Cuál es la importancia de la gran biodiversidad de organismos procariontas?

Generalmente la diversidad de los organismos eucariotas es más visible, por lo que existe mayor conciencia y preocupación por los posibles efectos en la naturaleza, de la pérdida de su biodiversidad.

Muchas personas piensan que todos los procariontas son patógenos, sin embargo, dentro de nuestro cuerpo existen muchas más células procariontas (bacterias y arqueas) de las que imaginamos (fig. 4.14).



**Fig. 4.14** Microfotografía de bacterias en la superficie de la lengua humana



### Reflexiona

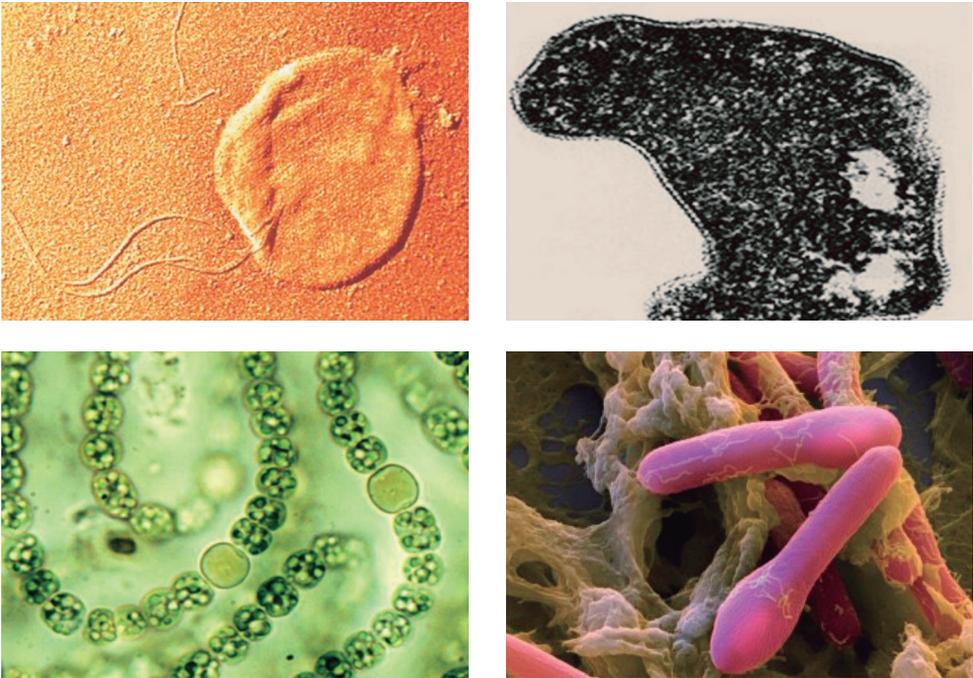
¿Qué impacto tendría en la vida de nuestro planeta y en nuestra salud la pérdida de la biodiversidad de los organismos con patrón celular procariota?

¿Todos los microorganismos procariotas son patógenos?

Se puede asegurar que no hay ningún ecosistema en la Tierra en el que no existan organismos procariotas, desde los desiertos hasta las profundidades oceánicas. Los procariotas realizan funciones indispensables en el mantenimiento del equilibrio de la vida en nuestro planeta.

Ya conoces que los organismos incluidos en los dominios **Archaea** y **Bacteria** poseen, en general, las características fundamentales de las células procariotas que hemos estudiado, pero se pueden diferenciar en la presencia o no de algunas adaptaciones (fig. 4.15). Por ejemplo: las arqueas no presentan peptidoglucano en la pared celular, no forman endosporas y su cromosoma circular se encuentra asociado a un tipo de proteínas llamadas histonas, que se encuentran también en los cromosomas de las células eucariotas, lo que refuerza la hipótesis sobre su

relación evolutiva. Las bacterias presentan peptidoglucano en su pared, forman endosporas y su cromosoma, también circular, no está asociado a proteínas histonas.



**Fig. 4.15** Diversidad de microorganismos con patrón celular procaríota. De izquierda a derecha: arquea *Methanococcus*, arquea *Sulfolobus*, cianobacteria *Nostoc* y bacteria *Clostridium botulinum*

### Aplicación práctica

Al multiplicarse, las bacterias pueden mantenerse aisladas o formando colonias que en muchos casos, se pueden observar a simple vista. El conocimiento de esta característica se utiliza en la práctica para realizar cultivos de bacterias y estudiarlos según el medio en que se desarrollan. En medicina se realiza el cultivo a partir de muestras de líquidos corporales para identificar qué bacterias son las causantes de una infección y determinar la terapia más adecuada (fig. 4.16).

Los procaríotas son microorganismos que poseen diferentes funciones en los ecosistemas de la Tierra. Una de las razones por las cuales son tan exitosos es por la diversidad metabólica que los caracteriza y que les permite

vivir tanto en condiciones ambientales con o sin dioxígeno, en bajas o altas temperaturas, en medios ácidos o básicos y utilizar una amplia variedad de fuentes de nutrientes. Esto les permite habitar en todos los ambientes de la Tierra y, sin dudas, son los seres vivos más numerosos del planeta.



**Fig. 4.16** Colonias de bacterias de la especie *Yersinia pestis* en una cápsula de Petri

El estudio de las formas de nutrición de los procariotas permite comprender su importancia desde el punto de vista ambiental por sus funciones en el intercambio dinámico de sustancias y energía en los ecosistemas, y en los ciclos de los elementos químicos, como el del carbono, el del azufre y el del nitrógeno, entre otros. Son indispensables como componentes de las **cadena de alimentación** y las redes tróficas, ya sea como productores, en el caso de los organismos procariotas autótrofos, o en el caso de los que son heterótrofos, como consumidores o descomponedores de compuestos orgánicos, lo que contribuye al reciclaje de sustancias.



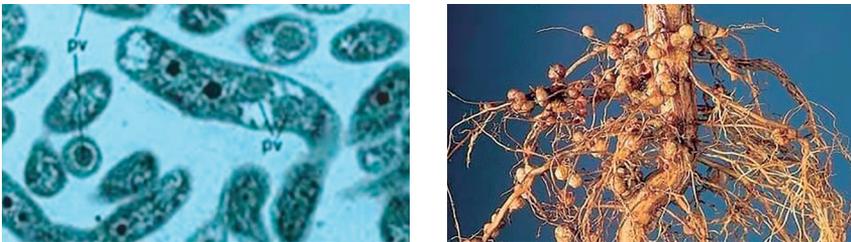
### Aplicación práctica

El 50 % de toda la fotosíntesis que se realiza en la Tierra se lleva a cabo por organismos procariotas, fundamentalmente, las cianobacterias (fig. 4.17).



**Fig. 4.17** Cianobacterias. De izquierda a derecha: **Anabaena sp** y **Chroococcus turgidus**

Entre los heterótrofos, muchos procariontas viven a expensas de otros organismos vivos y son consumidores en las redes tróficas. Algunos son parásitos y otros viven a expensas de un organismo hospedero sin hacerles daño, manteniendo una relación de comensalismo. Muchos son endosimbiontes, como por ejemplo, los que habitan en el tracto digestivo de los animales, incluyendo el ser humano, los cuales ayudan a procesar los nutrientes, que por sí solos serían incapaces de digerir. Las bacterias del género **Rhizobium** viven en simbiosis en las raíces de las leguminosas (figura 4.18), fijan el dinitrógeno y lo convierten en amoníaco.



**Fig. 4.18** De izquierda a derecha, microfotografía electrónica de bacterias del género **Rhizobium** y nódulos de plantas leguminosas

Algunos organismos procariontas que viven en condiciones en las que no hay dioxígeno, realizan una oxidación completa de los compuestos orgánicos, mediante la **respiración anaerobia**. Por ejemplo, las sulfobacterias pueden utilizar compuestos diferentes del dioxígeno, como el sulfuro de dihidrógeno ( $H_2S$ ).

Las arqueas metanogénicas, por ejemplo, *Methanospirillum hungatii*, viven en ambientes estrictamente anaerobios y producen metano a partir de dióxido de carbono y dihidrógeno, como parte de su metabolismo energético. Por eso tiene una gran importancia ecológica, ya que intervienen en la degradación de la materia orgánica en la naturaleza y en el ciclo del carbono. La emisión de metano (biogás) por parte de estos microorganismos es mayor que la originada por los pozos de gas natural y otras fuentes no bióticas, como la minería del carbón, los escapes industriales y de gasoductos o la combustión de biomasa; además, constituyen la base del funcionamiento de los biodigestores, contenedores en los que se deposita el material orgánico a fermentar, por la acción de las arqueas metanogénicas para obtener gas metano y fertilizantes orgánicos.



### Reflexiona

El uso controlado de biodigestores ayudaría a reducir el escape de metano a la atmósfera, que es un gas con efecto invernadero, lo que contribuiría a la reducción de los efectos del cambio climático, sin embargo, algunas personas consideran que los biodigestores son innecesarios y producen mal olor, otros defienden que son de gran utilidad y que ayudan a resolver la problemática energética ambiental.

¿Qué opinión tienes tú?

No hay dudas de que la vida en el planeta sería imposible sin la existencia de los organismos procariotas; por eso el conocimiento de su biodiversidad es indispensable en la aplicación de estrategias de protección, conservación y uso sostenible de los ecosistemas. Algunas especies tienen grandes potencialidades en el tratamiento de las aguas residuales y de las fuentes de contaminación, por lo que pueden ser utilizadas en tecnologías de restauración ecológica.

Ciertas especies de procariotas se utilizan en la **biorremediación** para la eliminación de contaminantes. La eliminación de pesticidas y fertilizantes químicos en aguas subterráneas, se ha logrado mediante la biorremediación; de la misma manera se han podido eliminar algunas sustancias tóxicas, como compuestos de los elementos químicos, mercurio, selenio y arsénico. Probablemente uno de los ejemplos de biorremediación más interesantes y más utilizados es la limpieza de los derrames petroleros; para ello, se agregan nutrientes inorgánicos que ayudan a bacterias como *Alcalinovorax borkumensis*, a su reproducción

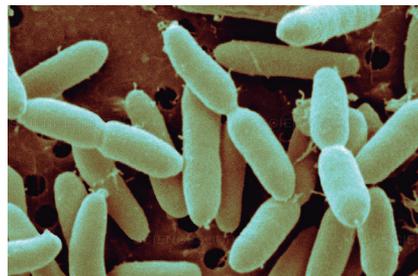
y crecimiento. Estas bacterias producen surfactantes que solubilizan el petróleo, mientras que otras especies degradan el petróleo a dióxido de carbono.

La **biolixiviación** es un método biotecnológico muy importante para obtener metales como el cobre, el cobalto, el níquel y el zinc de los minerales que los contienen. Es más económico que la lixiviación realizada con productos químicos. Entre las bacterias que se utilizan en la biolixiviación se encuentran las de los géneros: **Acidithiobacillus**, **Leptospirillum**, **Sulfobacillus** y **Thiobacillus** (fig. 4.19). También se emplean arqueas de los géneros: **Ferroplasma**, **Acidiplasma**, **Metalosphaera** y **Sulfolobus**.



**Fig. 4.19** Microfotografías de bacterias utilizadas en la biolixiviación. De izquierda a derecha: **Thiobacillus thiooxidans** y **Thiobacillus ferrooxidans**

Cuando todavía no se conocía de la existencia de bacterias y arqueas, la humanidad ya producía queso, yogur y vinagre. La **microbiología** ha podido explicar que, mediante la **fermentación**, ciertas bacterias degradan parcialmente moléculas orgánicas ricas en energía, pudiendo resultar en diversos productos. Por ejemplo, el ácido acético se obtiene a partir de alcohol etanol, utilizando bacterias del género **Acetobacter**. Los géneros **Lactobacillus** (fig. 4.20) y **Streptococcus** se utilizan para obtener cuajadas de leche y diferentes tipos de yogur.



**Fig. 4.20** Microfotografía electrónica de **Lactobacillus acidophilus**, utilizado en la producción de yogur

Las bacterias son ampliamente utilizadas en la biotecnología debido a su fácil manejo, reproducción rápida y a la relativa facilidad de recuperación del producto que sintetizan. Por eso se emplean constantemente en los laboratorios y en la industria farmacéutica para desarrollar productos biomédicos, como: vitaminas, hormonas, aminoácidos, antibióticos, entre otros.

Las arqueas tienen importancia en el desarrollo de tecnologías para el tratamiento de aguas. Las enzimas de arqueas extremófilas son capaces de resistir temperaturas elevadas y solventes orgánicos, siendo por esto, utilizadas en la biotecnología.

Mediante la **ingeniería genética** se introducen genes de interés, que permiten obtener microorganismos modificados genéticamente (MGM) que producen hormonas, enzimas, anticuerpos y otras sustancias con fines medicinales o investigativos.



### De la historia

En 1978 se logró insertar, en la bacteria *Escherichia coli*, mediante técnicas de ingeniería genética, el gen que determina la síntesis de la hormona insulina en los seres humanos. Pocos años después, en 1982, ya se logró la producción industrial de insulina humana recombinante, lo que constituyó un gran avance para el tratamiento de la diabetes mellitus insulino dependiente.

Los microorganismos genéticamente modificados (MGM) que se obtienen por ingeniería genética se cultivan y multiplican en los laboratorios y en las industrias biotecnológicas. Estos están confinados en lugares que cumplen estrictas normas de seguridad biológica que incluyen la existencia de barreras físicas y biológicas, e impiden su escape o liberación, de manera que se eviten posibles daños al medio ambiente y a la salud humana. Los científicos que trabajan en estas condiciones deben cumplir con normas regulatorias de bioseguridad y acoger el principio bioético de responsabilidad con la vida futura.

Es indiscutible la importancia de las arqueas y las bacterias en la salud humana y los ecosistemas. En la actualidad no se conocen casos en los que las arqueas sean causa de enfermedades en el ser humano u otros organismos; sin embargo, existen numerosas bacterias que producen enfermedades infecciosas, tanto en las plantas, como en los animales y los

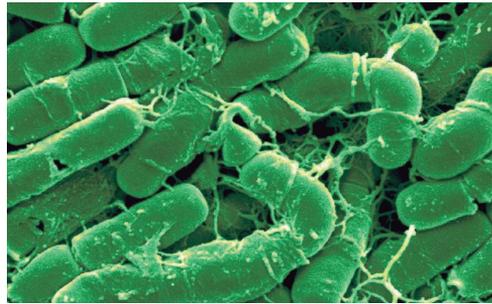
seres humanos. Muchas enfermedades pueden ser causadas por el consumo de alimentos contaminados con bacterias patógenas, pero también son transmitidas por el aire, el agua, por el contacto con objetos contaminados o con personas infectadas.



### Saber más

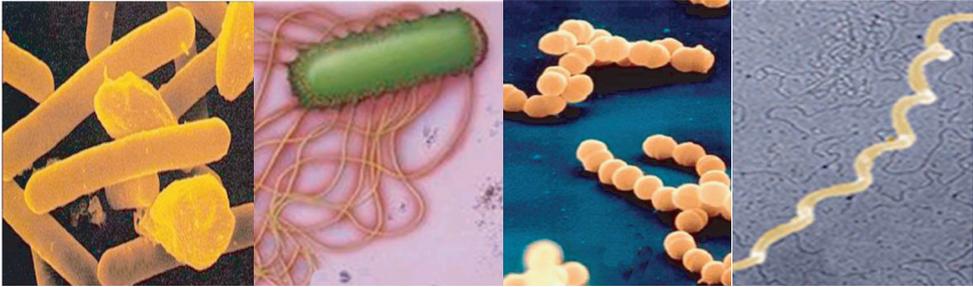
La flora intestinal humana está formada por cientos de especies de bacterias y arqueas, que permiten metabolizar algunas sustancias alimenticias que nosotros no podemos degradar; contribuyen a la absorción de iones en el colon, a sintetizar vitamina K, a activar el sistema inmunitario en los adultos y formar una barrera protectora contra microorganismos patógenos. Podríamos asegurar que nuestra salud está muy relacionada con el estado de la microbiota de nuestro cuerpo. Muchos alimentos probióticos, como el yogur, contribuyen a mantener un equilibrio adecuado de la microbiota intestinal.

Existen bacterias que son entomopatógenas (patógenas de insectos), que pueden ser utilizados muy eficazmente como controladores de plagas y no son contaminantes, como los insecticidas químicos. Por ejemplo: *Bacillus thuringiensis* (fig. 4.21) ha dado buenos resultados contra varias plagas de cultivos, especialmente de lepidópteros (mariposas).



**Fig. 4.21** Microfotografía electrónica de la bacteria entomopatógena *Bacillus thuringiensis*

Las bacterias del género *Clostridium* son anaerobias. Estos microorganismos son importantes por los daños que pueden provocar en las personas, ya que producen toxinas muy potentes. El botulismo es producido por el *Clostridium botulinum* y el tétanos por el *Clostridium tetani*. Los géneros *Staphylococcus*, *Streptococcus* y *Pseudomonas* pueden causar infecciones de piel, neumonía, meningitis y, a veces, sepsis importantes. Los alimentos mal lavados, cocidos o conservados, pueden transmitir otras bacterias como *Shigella* y *Salmonella* que producen enfermedades diarreicas agudas. La enfermedad de Lyme es provocada por una bacteria transmitida por la picadura de las garrapatas (fig. 4.22).



**Fig. 4.22** Bacterias patógenas de diferentes géneros. De izquierda a derecha: ***Clostridium***, ***Salmonella***, ***Staphylococcus*** y ***Leptospirillum***

La tuberculosis es causada por la bacteria ***Mycobacterium tuberculosis***, conocida como bacilo de Koch. Otras bacterias patógenas también causan infecciones, tales como: tétanos, fiebre tifoidea, difteria y lepra. La meningitis meningocócica es una infección provocada por una bacteria que afecta a las membranas que rodean el cerebro conocidas como las meninges. La meningitis provoca fiebre alta, náuseas, vómitos y rigidez de los músculos del cuello. Se trata de una enfermedad contagiosa que tiene vacuna para su prevención.



### Saber más

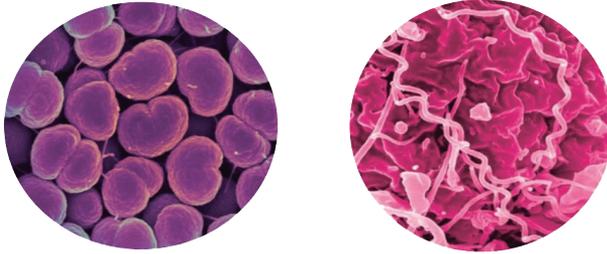
La industria biotecnológica cubana ha creado y produce **vacunas** para la prevención de enfermedades bacterianas como la meningitis meningocócica de los grupos B y C (fig. 4.23), influenza, difteria, tétanos y leptospirosis, que se incluyen en el esquema de vacunación de manera gratuita, disminuyendo sensiblemente la morbilidad por esas enfermedades en la población cubana.



**Fig. 4.23** Vacuna antime-ningocócica, fruto de la industria biotecnológica cubana

El ***Vibrio cholerae*** es el agente causante del cólera, enfermedad diarreica que puede provocar deshidrataciones severas poniendo en peligro la **vida**. Los alimentos y el agua contaminados son los principales vehículos de transmisión del cólera, por lo que afecta, fundamentalmente, a poblaciones humanas con escasas condiciones higiénico-sanitarias. Existen bacterias que provocan infecciones de transmisión sexual como: la ***Neisseria***

*gonorrhoeae*, que produce la gonorrea y el *Treponema pallidum* (fig. 4.24) que produce la sífilis.



**Fig. 4.24** Bacterias *Neisseria gonorrhoeae* y *Treponema pallidum*

Las bacterias no solo producen enfermedades en los seres humanos, también lo hacen en los animales y en las plantas. En muchos casos, los animales son reservorios silvestres de bacterias que nos pueden transmitir, como es el caso de la brucelosis, la salmonelosis, la tuberculosis y la leptospirosis. Las vías de transmisión pueden ser las mordidas, el contacto con agua, alimentos u objetos contaminados y por la orina de animales infectados. Por ejemplo, el carbunco, enfermedad producida por el *Bacillus anthracis*, afecta a las personas y a los animales domésticos. Sus esporas, transportadas por el aire y residentes en la piel de los animales o las aguas residuales, provocan el contagio.

Las bacterias que atacan a las plantas suelen colonizar los espacios intercelulares de distintos órganos o secretar toxinas que causan daños en las células, una reducción significativa en la productividad del cultivo, problemas reproductivos e incluso su muerte; por ejemplo, las que afectan las paredes celulares ocasionan marchitez, manchas foliares, afecciones vasculares, necrosis de los órganos vegetales, entre otros (fig. 4.25). Algunos agentes patógenos en plantas son de los géneros *Erwinia*, *Pseudomonas* y *Agrobacterium*.



**Fig. 4.25** Síntomas característicos de la necrosis apical bacteriana en diferentes órganos vegetales

La patogenicidad de las bacterias es utilizada por ciertas potencias imperialistas para la creación de armas biológicas, como es el caso del ***Bacillus anthracis*** que produce el ántrax. Pero también pueden ser usados los procariotas para que ataquen a las cosechas o a los animales de granja. El daño que produce la guerra biológica contra los cultivos y los animales es indirecto, pero igual de terrible en los seres humanos, pues tiene como objetivo provocar hambrunas y escasez. Un ejemplo es el uso de la bacteria ***Xanthomonas oryzae***, que provoca el tizón foliar del arroz al atacar el sistema vascular de la planta produciendo unas lesiones de color blanquecino en las hojas. Puede provocar daños severos en los cultivos de arroz, que son el sustento alimentario de una gran parte de la población mundial.

Desde 1943, los Estados Unidos crearon el Centro de la Investigación sobre Armas Biológicas para su ejército en Fort Detrick, Maryland. Algunas investigaciones y pruebas de armas biológicas y químicas fueron, incluso, conducidas en campos de prueba en los propios Estados Unidos. Está demostrado que en la guerra contra Vietnam, el gobierno de los Estados Unidos utilizó el ***Bacillus anthracis***, provocando graves daños a la salud en la población vietnamita.



### Reflexiona

Un ejemplo de guerra biológica contra Cuba documentado y demostrado por una comisión de investigación del mismo Congreso de los Estados Unidos, fue el plan para asesinar al Comandante en Jefe Fidel Castro por parte de la Central de Inteligencia (CIA). En este plan, la CIA contaminó el sistema de respiración de un traje de buceo con la bacteria que causa tuberculosis. En 1961, también se descubrió a tiempo, por los órganos de la inteligencia cubana, la intención de echar cápsulas con toxina botulínica en la bebida que este tomaría en una cafetería y en 1962 se repitió ese intento contra la vida del Che Guevara y Raúl Castro.

¿Qué opinas sobre la guerra biológica contra Cuba y contra cualquier otro pueblo del mundo?

La importancia de lo que has aprendido hasta aquí es tal, que la biología actual asume que la división fundamental de los seres vivos en la Tierra no es la tradicionalmente supuesta entre plantas y animales, sino entre arqueas, bacterias y eucariotas. Se puede asegurar que la pérdida de la biodiversidad de los organismos procariotas, tanto de bacterias como de arqueas, pone en peligro la existencia de la vida en el planeta.

## Comprueba lo aprendido

1. A partir de la definición de célula elabora una definición de célula procariota.
2. Ejemplifica cómo se manifiesta la relación estructura-propiedades-funciones en las células procariotas.
3. Tanto las bacterias como las arqueas son procariotas. ¿Cómo puedes diferenciarlas? Argumenta con tres razones.
4. Ejemplifica la diversidad de organismos con células procariotas y su importancia en los sistemas vivientes como los animales, las plantas y los ecosistemas.
5. Dados los ejemplos siguientes de organismos: ***Saccharomices cerevisiae*** (levadura), ***Lactobacillus***, ***Neisseria gonorrhoeae***, ***Sulfolobus***, ***Priotelus temnurus*** (tocororo).
  - a) Identifica el tipo de célula que los constituye y clasifícalos según el dominio al que pertenecen. Argumenta en cada caso.
6. Argumenta el planteamiento siguiente: “En los organismos con estructura celular procariota se pone de manifiesto la unidad y la diversidad que caracteriza al nivel celular”.
7. Elabora una lista de medidas higiénicas para evitar las enfermedades ocasionadas por bacterias patógenas.

### 4.3 Las células eucariotas muestran una mayor complejidad en su ultraestructura, propiedades y funciones

El debate actual en relación con el uso de células madres, se ha centrado en las que son embrionarias, pues su uso implica la destrucción de embriones; sin embargo, ya se obtienen células madres adultas de determinados tejidos del propio individuo o de un donante. En Cuba se investiga el prometedor uso de la terapia celular con células madre obtenidas de individuos adultos. Se han logrado resultados satisfactorios en pacientes aquejados de insuficiencia arterial grave de los miembros inferiores. También hay resultados alentadores en fracturas óseas complejas, lesiones articulares degenerativas (fig. 4.26), paraplejía por traumatismos de la columna vertebral, infarto del miocardio, lesiones neurológicas crónicas asociadas a secuelas de infartos cerebrales, entre otros.



**Fig. 4.26** Inyección de células madre adultas en una paciente como parte de un tratamiento regenerativo

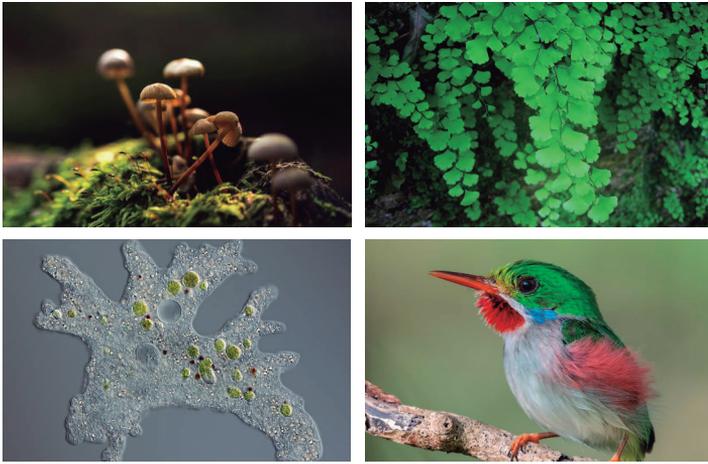
En la actualidad, el uso de células madre alberga grandes esperanzas, no solo para la medicina regenerativa, sino también en el desarrollo de numerosas investigaciones, entre ellas, las encaminadas a desarrollar terapias contra el cáncer.



### Reflexiona

- ¿Qué son las células madre? ¿Es correcto el uso de células madre embrionarias?
- ¿Qué conocimientos sobre las células eucariotas necesitas para valorar correctamente esta situación?
- ¿Qué aplicaciones prácticas tiene profundizar en el conocimiento de las características de las células eucariotas?
- ¿Cómo se manifiesta la complejidad y la diversidad de las células eucariotas?

Por supuesto, para responder estas preguntas necesitas estudiar las características de las células eucariotas y su diversidad. Al profundizar en su ultraestructura, que la distingue de las células procariotas, comprenderás por qué constituyen a los organismos de los reinos **Protista**, **Fungi**, **Plantae** y **Animalia** (fig. 4.27), los cuales han alcanzado un mayor nivel de complejidad como resultado del proceso evolutivo.



**Fig. 4.27** Organismos representantes de los reinos con tipo celular eucariota

### 4.3.1 ¿En qué consiste la complejidad de las células eucariotas?

El estudio de la unidad y diversidad de las células eucariotas es muy importante porque permite, no solo comprender su origen evolutivo, sino también, cómo se han diversificado tanto estructural como funcionalmente los organismos del dominio **Eukarya**. La comparación entre la célula procariota y eucariota revela esta unidad y diversidad, ya que nos permite encontrar las semejanzas y las diferencias entre estos dos patrones celulares.

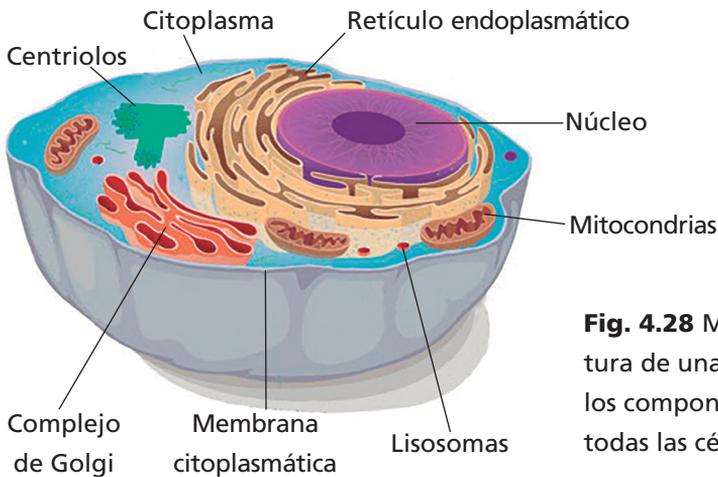
#### Recuerda que...

Las células eucariotas se diferencian de las procariotas, en lo fundamental, por la presencia de una envoltura nuclear que delimita al material genético dentro de un núcleo; de ahí proviene el nombre de eucariotas, que significa "núcleo verdadero".

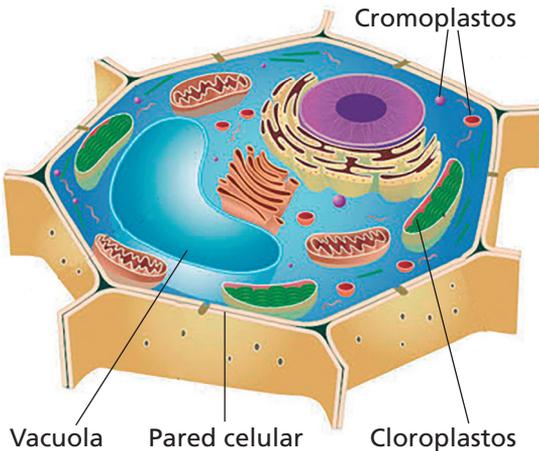
Al igual que las procariotas, las células eucariotas presentan una membrana citoplasmática constituida, fundamentalmente, por lípidos y proteínas que las delimitan del entorno circundante. Por fuera de la membrana citoplasmática se presentan otras cubiertas protectoras como la pared celular en las células de los hongos y de las plantas, que presentan diferencias notables con la pared de las procariotas.

El citoplasma está constituido por agua, iones y azúcares, proteínas, nucleótidos, entre otras sustancias que participan en el metabolismo celular. Al utilizar técnicas de estudio de la célula, como la microscopía electrónica, se pudo descubrir que el citoplasma eucariota es mucho más complejo, pues existe un sistema de membranas que lo dividen en compartimentos en los que se realizan los diferentes procesos metabólicos de síntesis y degradación.

El sistema de membranas está constituido por el retículo endoplasmático rugoso (RER), el retículo endoplasmático liso (REL), el complejo de Golgi y numerosos orgánulos membranosos, como las mitocondrias, los lisosomas, los peroxisomas y, en el caso de las células vegetales, los cloroplastos (figs. 4.28 y 4.29).



**Fig. 4.28** Modelo de la estructura de una célula animal con los componentes básicos de todas las células eucariotas



**Fig. 4.29** Modelo de la estructura de una célula vegetal con presencia de los componentes ausentes en las células animales

**Recuerda que...**

La comparación de la ultraestructura de las células animal y vegetal ratifica que la complejidad de las eucariotas es mayor que las procariotas. En las células vegetales y animales se ponen de manifiesto la presencia de componentes comunes. Sin embargo, las células vegetales carecen de centriolos, presentan una pared celular que las protege y plastidios relacionados con el proceso de fotosíntesis (en el caso de los cloroplastos), o con el almacenamiento de sustancias (como los leucoplastos que almacenan almidón y otras sustancias) y los cromoplastos que contienen diferentes pigmentos. También puedes ver como diferencia, que las vacuolas son de mayor volumen y constituyen un depósito de sustancias que ayudan a regular el transporte de agua.

El análisis comparativo de las características de los diferentes tipos celulares nos demuestra la unidad y la diversidad que caracterizan el nivel celular de organización de la vida.

### ***4.3.2 ¿Cuál es la relación entre la estructura y propiedades de la membrana citoplasmática con sus funciones?***

Cuando en tu casa preparas ensalada de vegetales frescos, seguramente te habrás dado cuenta que al agregar la sal común (cloruro de sodio), al poco tiempo las hojas comienzan a marchitarse y el plato se llena de agua.

**Reflexiona**

¿Por qué cuando agregas cloruro de sodio en las ensaladas, las hojas de los vegetales se marchitan?

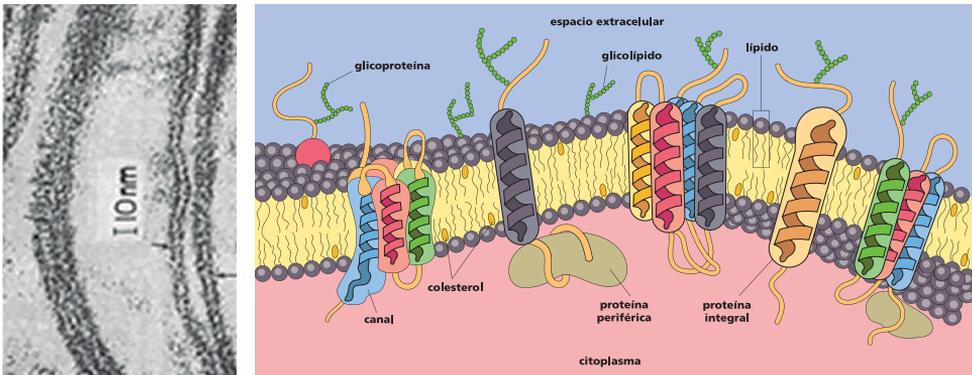
¿Cómo sale agua de las células que forman a las hojas, si las rodea una membrana citoplasmática?

Los estudios en los que se han utilizado el microscopio electrónico y otras técnicas, permitieron conocer cómo la composición química y estructura de la membrana citoplasmática determina sus propiedades y funciones.

Entre las sustancias químicas que constituyen a la membrana citoplasmática están los lípidos, las proteínas y los carbohidratos, cuyas proporciones varían de un tipo celular a otro. Los lípidos más abundantes en la membrana citoplasmática son: fosfolípidos, esteroides y glucolípidos, formando

una matriz lipídica en forma de bicapa. Las proteínas de membrana pueden ser integrales, cuando están embebidas parcial o integralmente en la matriz lipídica, de modo que parte de su estructura interactúa directamente con esta, o son periféricas, cuando están unidas a la superficie de esta bicapa (fig. 4.30).

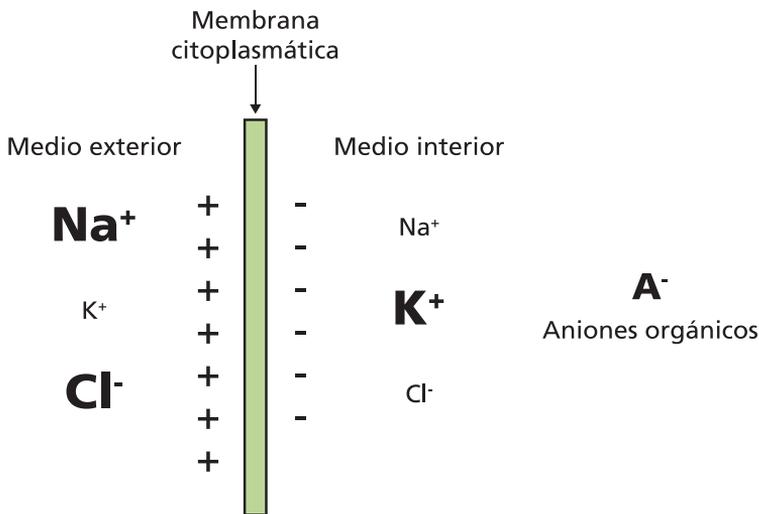
Las propiedades de la membrana citoplasmática están determinadas por su composición química y la disposición espacial de las biomoléculas que la constituyen. Por ejemplo, los lípidos se encuentran dispuestos formando una bicapa con las cabezas polares hacia el exterior y las cadenas apolares hacia el interior de la bicapa (fig. 4.30). Las sustancias liposolubles pueden atravesar fácilmente la matriz lipídica, sin embargo, las sustancias hidrosolubles no. Algunas proteínas poseen una estructura tridimensional que forma poros polares, a través de los cuales se transportan algunos iones, agua y otras moléculas hidrosolubles. Este transporte a través de las moléculas de proteínas, al igual que por la matriz lipídica, se realiza de manera específica, de modo que la propiedad fundamental de la membrana citoplasmática es la permeabilidad selectiva, lo que es fundamental en su función de regular el intercambio de sustancias con el medio ambiente.



**Fig. 4.30** Estructura de la membrana citoplasmática. De izquierda a derecha: microfotografía electrónica y modelo gráfico sobre la disposición de sus componentes

Se considera que la membrana citoplasmática es un mosaico fluido (figura 4.30). Las moléculas de lípidos y proteínas pueden moverse en el plano de la membrana y a lo largo de su eje perpendicular lo que, junto a moléculas de colesterol presentes, le confiere la propiedad de fluidez, de gran importancia también en su funcionamiento (fig. 3.12).

Los carbohidratos pueden estar unidos a los lípidos o a las proteínas formando glucolípidos y glucoproteínas respectivamente; estas últimas son abundantes en la cara externa de la membrana citoplasmática, lo que le confiere cierta asimetría. Esta propiedad contribuye a mantener una diferente distribución de cargas eléctricas entre ambas caras. En el interior de las células se acumulan aniones orgánicos que no pueden atravesar la membrana citoplasmática, lo que unido a la distribución desigual de iones  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  y  $\text{Cl}^-$ , provocan que la cara interna tenga una carga negativa, mientras que la cara exterior tiene una carga positiva (esquema 4.2). Como resultado de esta distribución desigual de cargas eléctricas se establece una diferencia de potencial entre el exterior y el interior de la membrana citoplasmática, que se denomina: **potencial de membrana**. Este potencial de membrana está muy relacionado con la irritabilidad celular, y los procesos de generación y conducción del impulso nervioso.

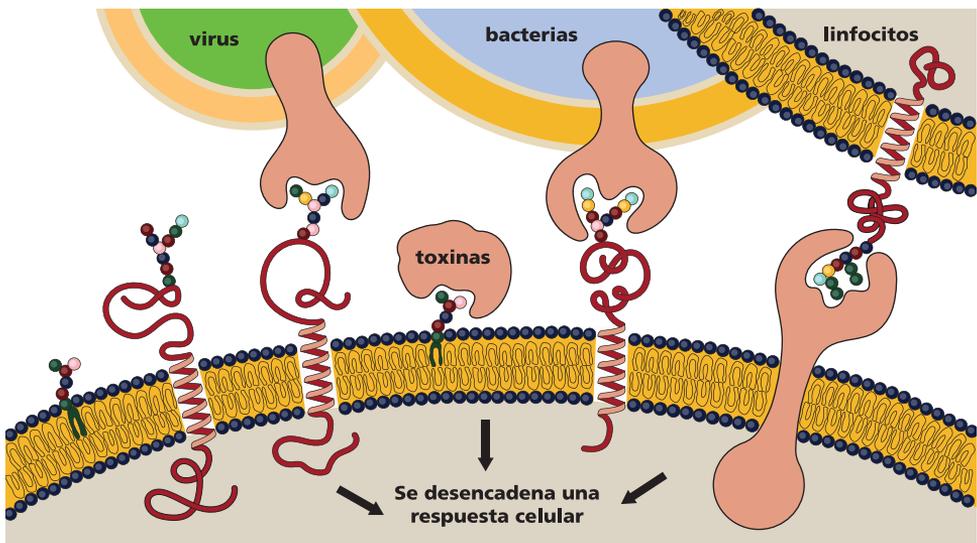


**Esquema 4.2** Representación de la disposición de las cargas eléctricas a ambos lados de la membrana

**¿Sabías que...?**

El potencial de membrana en los glóbulos rojos es de 10 mV (milivoltios), en las neuronas de la médula espinal de - 60 mV y en las células musculares estriadas de casi 100 mV.

Los carbohidratos y las proteínas de superficie de las membranas citoplasmáticas, además de contribuir a su asimetría, realizan funciones de **receptores de membranas, antígenos** o **señales**, debido a sus propiedades de especificidad e informativa. Estos receptores establecen interacciones con moléculas que se encuentran en la superficie del virus, bacterias, linfocitos y otras células. También pueden interactuar con toxinas, con neurotransmisores, hormonas, entre otras sustancias. Estas interacciones desencadenan determinadas respuestas celulares, como por ejemplo, la estimulación o inhibición de determinados procesos metabólicos. Este comportamiento de los receptores es muy importante en los procesos de regulación del funcionamiento celular (fig. 4.31).



**Fig. 4.31** Interacción entre los receptores de membrana con moléculas de virus, bacterias, otras células y sustancias del medio ambiente

En los organismos pluricelulares, esta función de la membrana citoplasmática es esencial, ya que permite que las células individuales se comuniquen entre sí, lo que contribuye a la regulación del funcionamiento de tejidos y órganos. La comunicación entre las células depende de la presencia de las glucoproteínas y los glucolípidos en las membranas citoplasmáticas, que constituyen señales, así como de las proteínas que son receptoras de esas señales de reconocimiento.



## Aplicación práctica

El conocimiento de la existencia de receptores de membranas y señales de reconocimiento se emplea en la medicina, ya que ciertos fármacos funcionan por interacción con los receptores específicos, impidiendo que las sustancias se unan con normalidad al receptor y, de esta forma, intensifica o bloquea una determinada actividad celular.

Las señales de reconocimiento y las moléculas receptoras son fundamentales en el funcionamiento de los organismos con células eucariotas. Estos procesos intervienen, por ejemplo, en el desencadenamiento de respuestas inmunitarias, en la secreción de determinadas sustancias, como las hormonas, y en la transmisión de impulsos nerviosos de una neurona a otra mediante neurotransmisores.



## Reflexiona

Existen sustancias como los psicofármacos que al interactuar con los receptores de membrana de las neuronas compiten con los neurotransmisores y desencadenan efectos en el sistema nervioso, como las **adicciones**. Esta es la base de por qué muchas drogas causan graves daños a la salud humana, entre ellos la dependencia cada vez mayor al consumo de esas sustancias, que hace perder la libertad y el control sobre sí mismo.

¿Estás de acuerdo con las personas que piensan que con probar una droga una sola vez no va a pasar nada?

Podemos resumir que el hecho de que la membrana citoplasmática esté formada por una bicapa lipídica en forma de mosaico fluido y la distribución de las moléculas de proteínas y carbohidratos, determina sus principales propiedades: posee fluidez, un potencial de membrana, permeabilidad selectiva y especificidad en su relación con moléculas, iones, virus u otras células.

Estas propiedades permiten que la membrana citoplasmática funcione de manera dinámica, sirviendo como barrera protectora que mantiene la integridad de la célula, a la vez que posibilita el movimiento selectivo de sustancias entre el medio interno celular y el medio externo, además de funcionar como una barrera sensible a estímulos de su medio exterior. Por ejemplo, la membrana citoplasmática permite mantener las concentraciones de agua e iones y generalmente impide el paso de sustancias que son tóxicas. Esto contribuye

a que se puedan mantener en el interior de la célula las condiciones de equilibrio, lo que es indispensable en el desarrollo de los procesos metabólicos.

### ¿? ¿Sabías que...?

El reconocimiento de la célula cancerosa, como anormal, depende de la presencia de antígenos de superficie constituidos por glucolípidos y glucoproteínas presentes en la membrana citoplasmática. Los linfocitos pueden detectar estas señales y comienzan a dañar la membrana citoplasmática de la célula cancerosa hasta que la destruyen. De esta forma, cuando el sistema inmunitario se encuentra en buen estado, el organismo combate el desarrollo de células cancerosas; pero cuando esto no ocurre, se puede desarrollar esta terrible enfermedad.

La propiedad de permeabilidad que poseen las membranas celulares debido a la estructura y propiedades de sus componentes moleculares, también depende del tamaño de las moléculas o partículas que se mueven del gradiente de concentración y, en ocasiones, de la presencia de una fuente de energía metabólica.

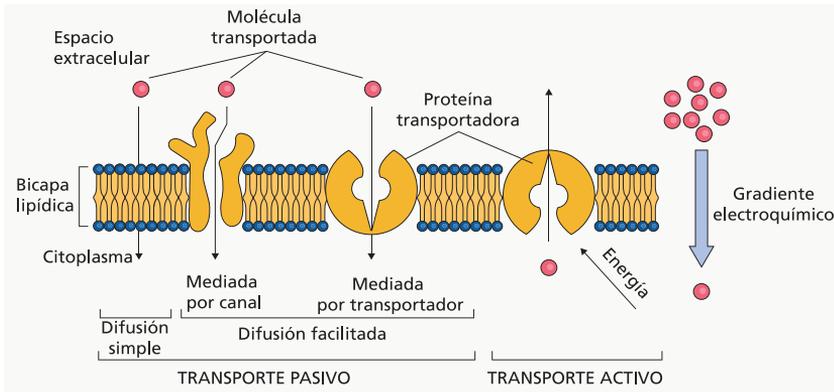
El **transporte pasivo** o **difusión facilitada** es el movimiento de sustancias e iones del exterior al interior de la célula o viceversa, mediante proteínas de membrana (de canal o transportadoras), a favor del gradiente de concentración.

Si lo que se mueve a través de ella tiene carga eléctrica, entonces se debe considerar el potencial de membrana. Los mecanismos moleculares que hacen posible la permeabilidad celular: la difusión simple, la difusión facilitada o transporte pasivo y el transporte activo (fig. 4.32). Existen otros procesos celulares de entrada y salida de moléculas y partículas a las células: la endocitosis y la exocitosis.

La **difusión simple** puede ocurrir en el caso de moléculas pequeñas neutras, tales como las sustancias liposolubles (alcoholes, lípidos) que atraviesan a mayor velocidad que las hidrosolubles como el dióxígeno y el dióxido de carbono. Siempre ocurre de donde hay mayor concentración de soluto a donde hay menor concentración.

La ósmosis es un caso particular de la difusión en la que la sustancia que se transporta es el agua, la que puede atravesar las membranas mediante los poros polares que forman los canales de proteínas, y lo hacen desde

donde hay menor concentración de soluto (mayor cantidad de agua libre) a donde hay mayor concentración de soluto (menor cantidad de agua libre).

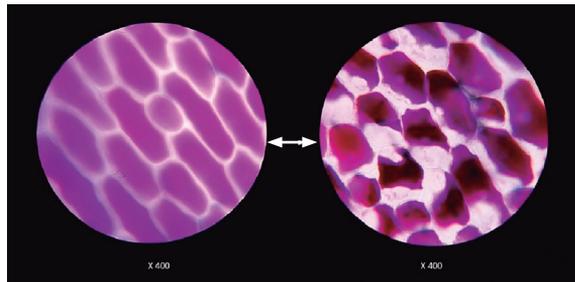


**Fig. 4.32** Diversidad de mecanismos moleculares que posibilitan la permeabilidad selectiva en las membranas celulares

### Reflexiona

Cuando a una ensalada de lechuga se le añade sal, que se disuelve con el agua produciendo un medio hipertónico alrededor de las células, la lechuga pierde la turgencia, se pone mustia, ¿a qué se debe esto?

Como resultado de la ósmosis, el movimiento de agua de las células vegetales se produce sin consumo de ATP, desde el interior de la célula al medio extracelular. Esto provoca que la membrana citoplasmática se separe de la pared celular y se contrae el citoplasma, ocurriendo un fenómeno conocido con el nombre de plasmólisis (fig. 4.33). Si las células plasmolisadas, se colocan en un medio con abundante agua libre, esta se mueve hacia el interior de la célula a favor de su gradiente, se restablece el volumen del citoplasma y se produce la desplasmólisis, por lo que la célula toma un aspecto turgente.



**Fig. 4.33** De izquierda a derecha: desplasmólisis y plasmólisis en células de cebolla morada



### Aplicación práctica

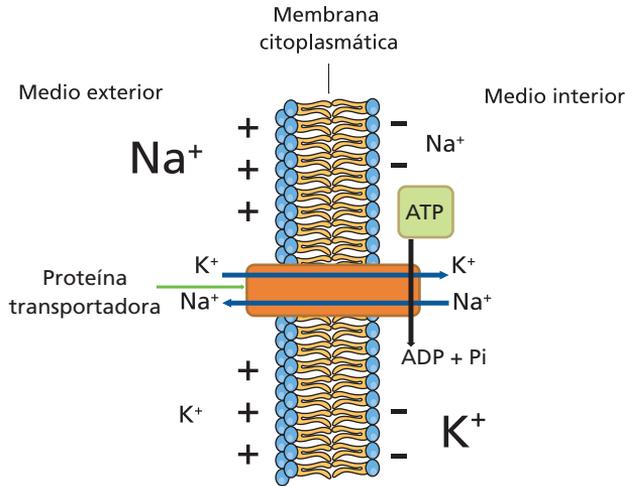
Por lo anterior es recomendable no agregar la sal (cloruro de sodio) a las ensaladas hasta momentos antes de servirse y ser consumidas, para mantener la turgencia de las células, y así se vean frescas las hojas.

Existen moléculas, como la glucosa y los aminoácidos que, por su tamaño, no pueden entrar o salir de la célula mediante difusión simple ni por los canales proteicos. Aunque el gradiente favorezca su movimiento, requieren la presencia de proteínas transportadoras que les permitan atravesar la membrana citoplasmática. Hay iones a los que, a pesar de su pequeño tamaño y encontrarse en mayor concentración en el exterior, la carga eléctrica no les permite atravesar la matriz lipídica; en estos casos lo pueden hacer a favor del gradiente mediante canales de proteínas que atraviesan todo el grosor de la membrana. Aquí ocurre una **difusión facilitada** que constituye una forma de **transporte pasivo**, ya que ocurre a favor del gradiente y sin consumo de ATP.

Sin embargo, en ocasiones es necesario el movimiento de estas moléculas en contra del gradiente, entonces ocurre un proceso de **transporte activo**, que requiere el consumo de energía suministrada por el trifosfato de adenosina (ATP).

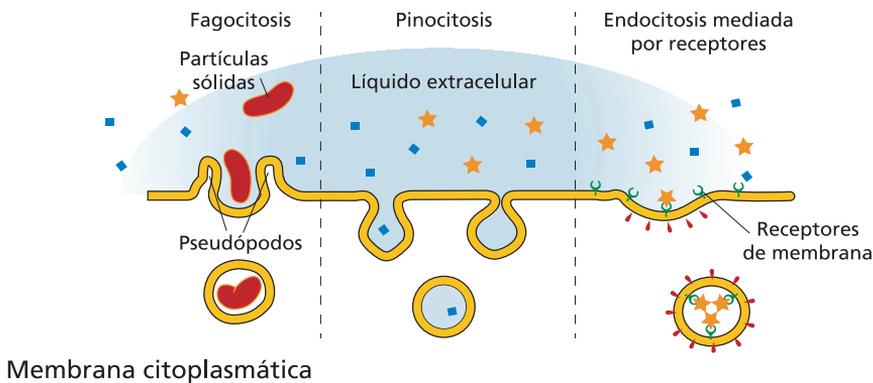
El **transporte activo** es el movimiento de sustancias del medio externo al interior de la célula o viceversa, mediante proteínas transportadoras de la membrana, en contra de un gradiente de concentración o electroquímico, por lo que requiere el uso de energía metabólica en forma de ATP.

Los procesos de transporte activo se pueden presentar en las células por movimiento de diversos iones y sustancias que atraviesan la membrana citoplasmática mediante proteínas transportadoras. Ejemplos: el calcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) en los músculos durante la contracción muscular, el bombeo de protones ( $\text{H}^{+}$ ) en la síntesis de ATP en las mitocondrias, y la bomba sodio-potasio ( $\text{Na}^{+} - \text{K}^{+}$ ) que mantiene la concentración de los iones de estos elementos en contra del gradiente de concentración y eléctrico, o ambos (fig. 4.34). La bomba sodio-potasio contribuye a mantener el potencial de membrana, que es la base de la transmisión de impulsos nerviosos y las concentraciones de iones de la célula, lo que es vital en el equilibrio hídrico.



**Fig. 4.34** Bomba sodio-potasio

Existen procesos celulares de deformación y fusión de membranas citoplasmáticas que permiten el movimiento de sustancias y hasta de partículas de tamaño considerable sin atravesarlas. Mediante la **endocitosis**, la célula puede incorporar las sustancias y partículas provenientes del medio externo, mientras la **exocitosis** permite expulsar las que se encuentran en su interior. Se conocen tres formas distintas de endocitosis: la fagocitosis, que significa “células comiendo”; la pinocitosis, “células bebiendo”; y la endocitosis mediada por receptor. Todas estas requieren energía (fig. 4.35).



**Fig. 4.35** Diversidad de procesos de endocitosis de la membrana. De izquierda a derecha: fagocitosis, pinocitosis y endocitosis mediada por receptores

En la fagocitosis, el contacto entre la membrana citoplasmática y una partícula sólida induce la formación de prolongaciones celulares, llamadas pseudópodos, que envuelven la partícula, englobándola en una vacuola. Después, uno o varios lisosomas, que contienen enzimas hidrolíticas, se fusionan con la vacuola que se convierte en una vacuola digestiva. Este proceso posibilita la nutrición de ciertos organismos como la ameba y la defensa del organismo.

En la pinocitosis, la membrana citoplasmática se invagina, formando una vesícula alrededor del líquido del medio externo que será incorporado a la célula. Existen virus que penetran en la célula hospedera mediante pinocitosis.

En la endocitosis mediada por receptor, las sustancias a transportar se acoplan a moléculas receptoras específicas de la superficie de la membrana citoplasmática y luego se forman las vesículas que las transportan al interior de la célula.

En la **exocitosis** un gránulo de secreción, cargado de sustancias como enzimas u hormonas y bordeado de una membrana, se pega a la cara interna de la membrana citoplasmática y en un punto determinado se funden ambas membranas; con esto se forma un orificio por donde las sustancias que se encontraban confinadas en el interior del gránulo salen al exterior. Este proceso ocurre comúnmente en las células de las glándulas y en las neuronas, por lo que tiene una gran importancia en la regulación del organismo.

### ***4.3.3 ¿Cuál es la relación entre la estructura y propiedades del citoplasma eucariótico con sus funciones?***

Las primeras observaciones de las células utilizando el microscopio óptico mostraban al citoplasma con un aspecto homogéneo. Ya sabes que en el citoplasma se realizan innumerables procesos metabólicos celulares en los que se sintetizan unas sustancias y se degradan otras.



#### **Reflexiona**

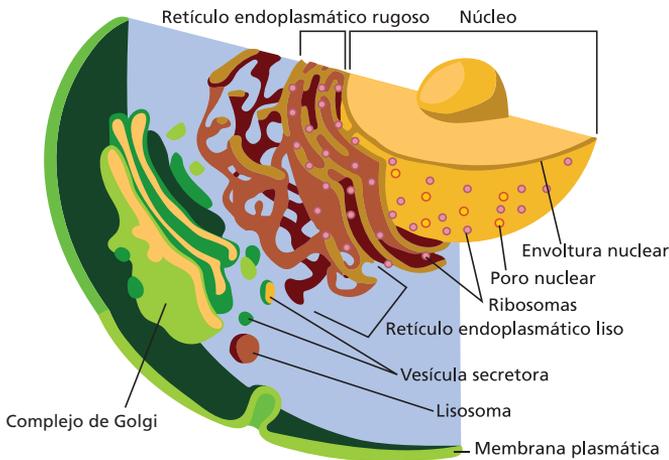
¿Cómo es posible que en el citoplasma se realicen las reacciones anabólicas y catabólicas del metabolismo sin que interfieran unas con otras?

En el citoplasma se produce, almacena y libera energía; se sintetizan biomoléculas, como las de las proteínas, lípidos y polisacáridos, y se llevan a cabo otras múltiples funciones. Su organización, renovación y generación depende de la información contenida en el núcleo y de las sustancias provenientes del medio, con el cual mantiene un intercambio constante a través de la membrana citoplasmática.

### ¿Sabías que...?

El citoplasma está constituido por un 75 % de agua y más de mil tipos de proteínas diferentes, así como lípidos, carbohidratos, ARN, nucleótidos, sales inorgánicas y productos del metabolismo.

Al estudiar el citoplasma eucariótico, se observa su compartimentación como una característica que lo distingue del citoplasma procariótico. Esta compartimentación está dada por la existencia de distintos espacios celulares, limitados por membranas en los que se realizan diferentes funciones, lo que evidencia que en la célula eucariota existe una mayor complejidad estructural y funcional. Los diferentes espacios están delimitados por la envoltura nuclear, los orgánulos y el sistema de endomembranas (fig. 4.36). Los orgánulos celulares pueden clasificarse en membranosos y no membranosos. También podemos encontrar diferentes compartimentos dentro de algunos orgánulos, como las mitocondrias y los cloroplastos.



**Fig. 4.36** Observación de la compartimentación celular por un sistema de membranas internas en un modelo de célula eucariota



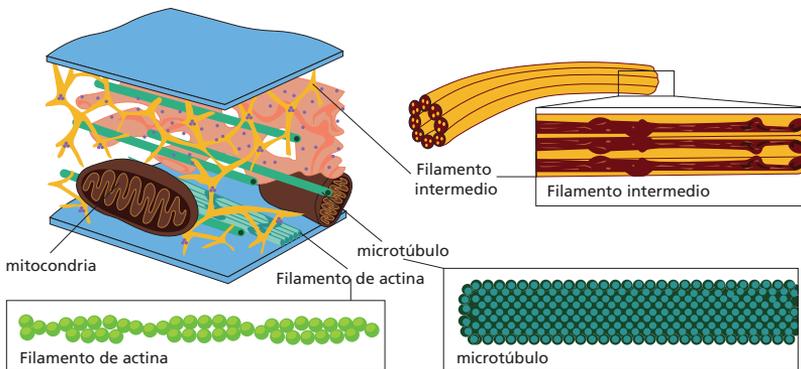
**Saber más**

El volumen del citoplasma es proporcional al del núcleo. La relación núcleo-citoplasma varía de un tipo celular a otro; en la mayoría de las células el citoplasma excede de tres a cinco veces el volumen nuclear.

En general, se considera que el citoplasma se divide en dos grandes compartimientos: uno contenido dentro del sistema de endomembranas y otro, la matriz citoplasmática o citosol, que queda fuera de estas.

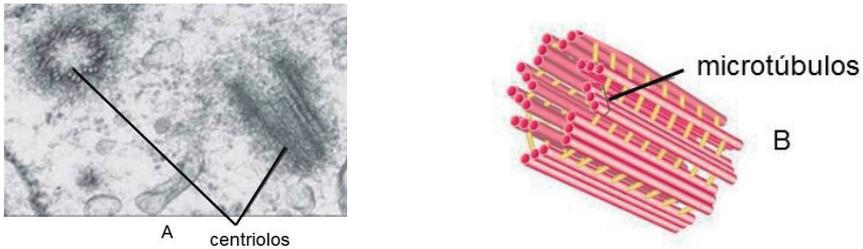
La **matriz citoplasmática** constituye el medio interno de la célula, donde se desarrollan numerosas reacciones de síntesis o de degradación del metabolismo celular. Está constituida por una disolución de proteínas y otras sustancias, en la que están suspendidos los componentes del citoesqueleto, los orgánulos y las inclusiones citoplasmáticas. Las modificaciones en la viscosidad del citoplasma, el movimiento intracelular por ciclosis y el movimiento ameboide, son ejemplos que evidencian el dinamismo en el funcionamiento de la matriz citoplasmática.

El **citoesqueleto** (fig. 4.37) está constituido por microfilamentos, filamentos intermedios y microtúbulos que forman una red tridimensional de soporte al resto de los componentes citoplasmáticos y que se fija a proteínas de la membrana citoplasmática. Esta organización estructural formando un andamiaje proteico contribuye a la arquitectura celular, la fijación de los orgánulos y a sus movimientos a través del citosol. También facilita los movimientos celulares y el mantenimiento de las uniones celulares. Mientras más compleja es la forma celular, más desarrollo es necesario en este.



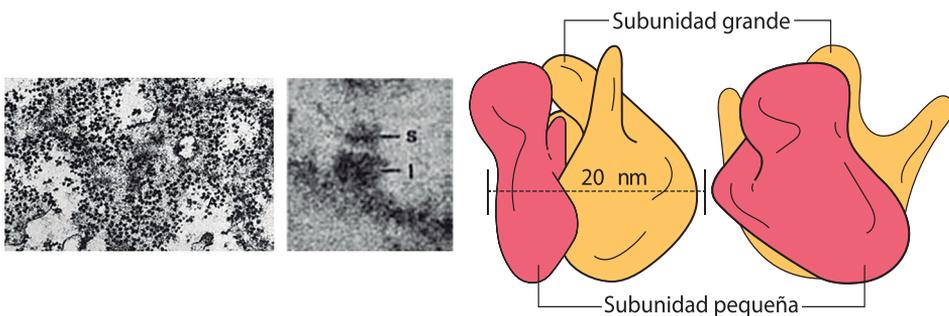
**Fig. 4.37** Microtúbulos, microfilamentos de actina y filamentos intermedios del citoesqueleto

Los centriolos son de forma cilíndrica, formados por microtúbulos, que se encuentran constituyendo el centrosoma o región perinuclear y están relacionados con la formación del huso en la división celular. Cada par de centriolos están orientados perpendicularmente. Las células generalmente presentan uno o dos centrosomas (fig. 4.38).



**Fig. 4.38** A) Microfotografía electrónica de centriolos y B) modelo estructural de la organización de los microtúbulos

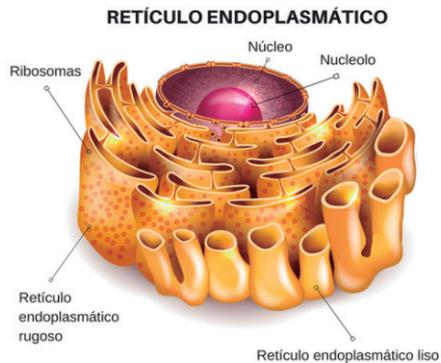
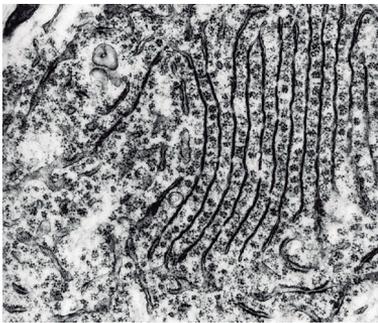
Los **ribosomas** participan en la síntesis de proteínas. Se observan como pequeños cuerpos esféricos o elipsoides, con un diámetro aproximado de 15 nm a 20 nm. Son considerados por muchos autores como complejos macromoleculares. Cada ribosoma está constituido por dos subunidades diferentes que se ensamblan durante la biosíntesis de proteínas (fig. 4.39). Cada subunidad está formada por ARN y proteínas, que se disponen de una manera específica conformando al ribosoma. La mayor parte de las proteínas ribosómicas son enzimas anabólicas que intervienen en el proceso de síntesis proteica, lo que explica su función.



**Fig. 4.39** De izquierda a derecha: ribosomas libres y polirribosomas mediante la observación de una microfotografía electrónica, subunidades de los ribosomas y modelo de ribosoma

Los ribosomas pueden localizarse libres en el citoplasma o asociados a membranas. En el primer caso pueden estar como subunidades en la matriz celular o también formando acúmulos de varios ribosomas unidos a un ARN mensajero (polisoma o polirribosoma), y es la forma en que son activos en la síntesis proteica.

El **retículo endoplasmático** (RE) puede ser considerado un orgánulo citoplasmático de tipo membranoso, del que existen dos variedades: una que presenta sus membranas cubiertas por ribosomas: el retículo endoplasmático rugoso (RER) y otra que no presenta ribosomas: retículo endoplasmático liso (REL) (fig. 4.40).



**Fig. 4.40** De izquierda a derecha, microfotografía del retículo endoplasmático y modelo del retículo endoplasmático liso (REL) y rugoso (RER)

El **retículo endoplasmático rugoso** (RER) se especializa en la síntesis proteica, la cual es realizada por los ribosomas adheridos a sus membranas. Esta disposición de los ribosomas hace posible que las proteínas sintetizadas por estos penetren en el compartimento interior de este retículo, quedando ahí confinadas. Las proteínas ahí sintetizadas son las que se van a secretar al exterior como las enzimas digestivas y las hormonas proteicas, o las que van a formar parte de otros orgánulos como las de los lisosomas.

**¿Sabías que...?**

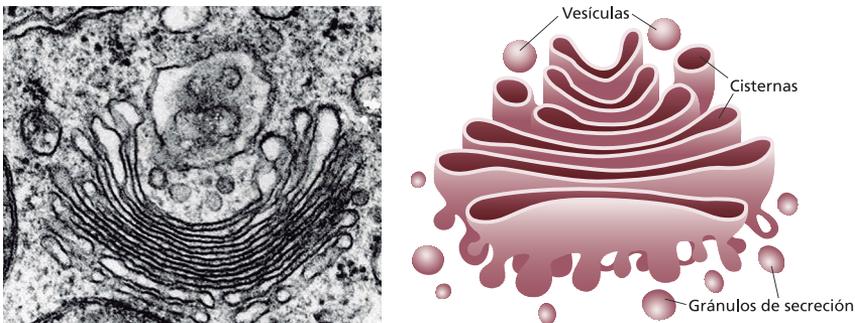
El retículo endoplasmático rugoso se relaciona con la envoltura nuclear y participa en su formación, después que termina la mitosis. Se ha observado que existe continuidad con la envoltura nuclear e incluso, algunos investigadores plantean un flujo de membranas entre el núcleo y el retículo endoplasmático rugoso.

El **retículo endoplásmático liso** (REL) está formado, fundamentalmente, por un sistema de membranas en forma tubular, que forman una trama bastante compleja. En algunos tipos celulares el REL alcanza un desarrollo notable, como es en las células productoras de hormonas esteroideas.

En algunas células, el REL presenta continuidad con el RER y muestra relaciones con el complejo de Golgi desde el punto de vista funcional. Ambos le envían pequeñas vesículas cargadas de proteínas y otras sustancias, que luego se fusionan al complejo de Golgi que participa en su secreción.

En el retículo endoplásmático liso ocurre síntesis de lípidos y compuestos de colesterol. La presencia de determinadas enzimas le permite al REL la detoxificación o eliminación de sustancias tóxicas en células hepáticas. En muchas células, por su interacción con el citoesqueleto, contribuye al soporte mecánico intracelular. También por su forma tubular puede participar en el transporte de sustancias dentro de la célula. Al enviar vesículas hacia el complejo de Golgi, participa en el reciclaje de endomembranas.

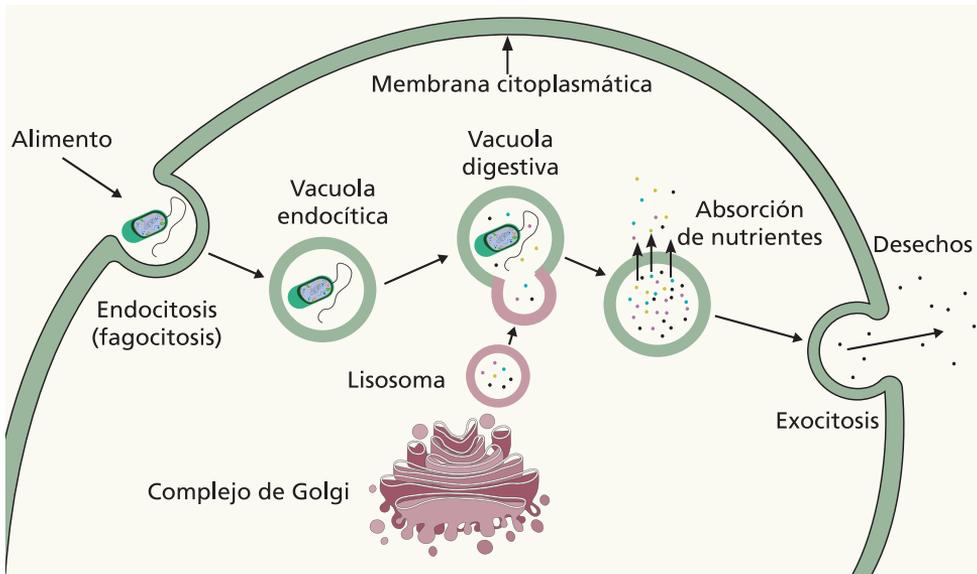
Al microscopio electrónico el aparato o complejo de Golgi se visualiza formado por membranas lisas que se disponen como sacos aplanados, unos encima de otros y separados por un espacio; se localiza, generalmente, cerca del núcleo. El complejo de Golgi interviene en el proceso de síntesis, almacenamiento y condensación de diferentes sustancias, la secreción celular y en la formación de lisosomas (fig. 4.41). Estas funciones las puede desarrollar porque en el interior de los sacos aplanados, tiene enzimas que catalizan estas reacciones químicas y luego por evaginación de su membrana forman vesículas que actúan como transportadoras de las sustancias sintetizadas. También tiene la función de gránulos de secreción, mediante los cuales las sustancias sintetizadas pueden alcanzar la membrana citoplásmica y por exocitosis pueden ser secretadas al medio extracelular.



**Fig. 4.41** De izquierda a derecha, microfotografía electrónica y modelo del complejo de Golgi

Los lisosomas son orgánulos membranosos que se derivan del complejo de Golgi. Presentan forma generalmente esférica, dimensiones variables y pueden llegar a representar, en algunas células, el 5 % del volumen celular (fig. 4.42). Se han encontrado en su interior, aproximadamente, cuarenta tipos de enzimas lisosómicas que degradan una gran diversidad de sustratos. Por esta razón, pueden participar en la digestión celular, de moléculas obtenidas por endocitosis o del interior celular a partir de la **autofagia**. La membrana que cubre a los lisosomas protege al resto de la célula de la actividad de las enzimas catalíticas contenidas en su interior.

La formación de lisosomas se realiza entre el RER y el complejo de Golgi a partir de proteínas sintetizadas en el RER. Luego estos se unen a vesículas endocíticas que contienen alimentos capturados por la membrana citoplasmática mediante procesos de endocitosis. En estas vesículas los lisosomas vierten sus enzimas digestivas las que se transforman en vacuolas digestivas, produciéndose la degradación de los alimentos. Los nutrientes de los alimentos degradados atraviesan la membrana de la vacuola digestiva y pasan a la matriz citoplasmática donde son utilizados en el metabolismo. Finalmente los materiales de desecho, que se mantienen confinados dentro de las vacuolas, son expulsados por la propia membrana al exterior mediante procesos de exocitosis (fig. 4.42).



**Fig. 4.42** Dibujo de la interrelación dinámica entre la membrana celular, las vacuolas, los lisosomas y el complejo de Golgi en la digestión celular



## Saber más

En todas las células eucariotas, los lisosomas participan en los diferentes tipos de autofagia, por lo que los orgánulos deteriorados o el material interno celular, son eliminados. Mediante el proceso de degradación intracelular por las enzimas catalíticas lisosómicas, se obtienen biomoléculas sencillas útiles en el metabolismo celular. En las células vegetales, también, los lisosomas realizan degradación de componentes celulares que intervienen en procesos vitales como, por ejemplo, la germinación de las semillas.

Muchas células eucariotas de organismos con **nutrición heterótrofa** realizan digestión celular. Esta consiste en incorporar al citoplasma (en vacuolas de distintos tamaños) diversas sustancias utilizables, como nutrientes, mediante los procesos de endocitosis estudiados, ya sea fagocitosis o pinocitosis, formando vacuolas. Como parte de los mecanismos de defensa fagocitan microorganismos o partículas extrañas que se encuentran en el medio extracelular o, como en el caso de ciertos protistas, ingieren materia orgánica u otros organismos del medio donde viven. Las vacuolas formadas por endocitosis se unen a lisosomas presentes en la matriz citoplasmática y su contenido es degradado por la acción de enzimas catalíticas. La vacuola formada como resultado, se denomina: vacuola digestiva (ver fig. 4.42).

El resto del material que se encuentra dentro de la vacuola digestiva y que no pudo ser digerido por las enzimas, queda formando otro tipo de vacuola, el llamado cuerpo residual que se puede eliminar o no por exocitosis. Una vez formada, la vacuola digestiva es capaz de incorporar nuevas sustancias que serán hidrolizadas.

Durante el proceso de endocitosis la membrana citoplasmática pierde parte de ella en la formación de vacuolas digestivas, por lo tanto, se complementa con la secreción, en la cual hay un proceso contrario, de modo que existe un recambio constante de membranas en la célula, entre los diferentes orgánulos citoplasmáticos y la membrana citoplasmática, así como una continuidad funcional entre estos, sin que haya una continuidad estructural.



## ¿Sabías que...?

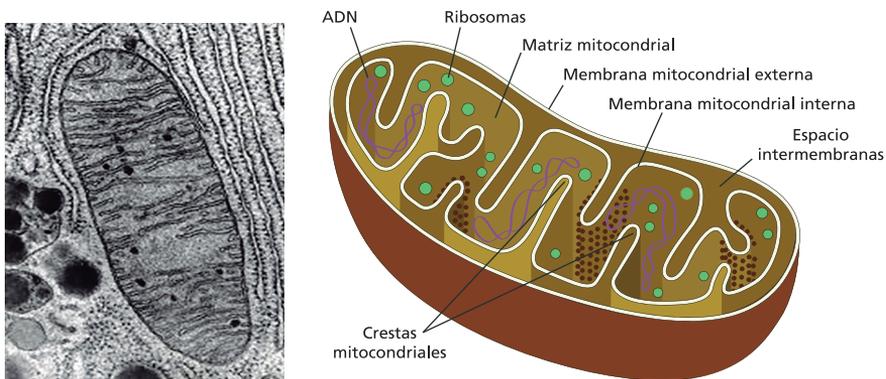
Los macrófagos son células fagocíticas presentes en nuestros líquidos corporales y en el tejido conjuntivo, que contienen gran cantidad de lisosomas. Estas células pueden desplazarse y atrapar bacterias y virus, mediante la fagocitosis, los cuales son atacados dentro de la vacuola digestiva por las enzimas lisosómicas, que los destruyen.

Otro proceso en que intervienen los lisosomas es en la eliminación de células viejas y en la recuperación de elementos útiles en la síntesis de compuestos, en nuevas células. Los glóbulos rojos de la sangre, por ejemplo, tienen un promedio de vida de 120 días, aproximadamente, al cabo de los cuales ya dejan de circular por el torrente sanguíneo, ya que se produce un proceso de autofagia en el que intervienen los lisosomas.

Los peroxisomas son vesículas esféricas que contienen en su interior enzimas catalíticas que degradan el peróxido de hidrógeno. A pesar de ser un producto resultante de algunas reacciones metabólicas, la presencia de peróxido es tóxica en las células. Además, en ellos se degradan ácidos grasos, aminoácidos y alcohol (etanol).

Las mitocondrias son orgánulos citoplasmáticos membranosos que participan en la **respiración** celular, es decir, el proceso catabólico en el que se degradan completamente compuestos orgánicos y se obtienen moléculas de alto contenido energético como el ATP.

El tamaño de las mitocondrias es muy variable, miden aproximadamente entre  $0,5 \mu\text{m}$  y  $1 \mu\text{m}$  de diámetro, y entre  $5 \mu\text{m}$  y  $10 \mu\text{m}$  de longitud. Observaciones con microscopía electrónica evidenciaron que las mitocondrias son orgánulos membranosos con apariencia de vesículas. Están delimitados por dos membranas: membrana interna y membrana externa que provocan la existencia de dos compartimientos: la cámara interna y la externa (fig. 4.43).



**Fig. 4.43** De izquierda a derecha, microfotografía electrónica de una mitocondria y modelo de su ultraestructura

El material contenido en la cámara interna se denomina matriz mitocondrial y está formado por proteínas, ADN, ARN, ribosomas, gránulos ricos en iones  $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{Mg}^{2+}$ , y todas las enzimas de una de las etapas de la respiración celular. En la matriz mitocondrial se observa la presencia de ARN y de ADN en forma circular, que se duplica independiente del ADN nuclear.

### ¿Sabías que...?

El ADN mitocondrial es muy similar al cromosoma presente en procariotas de respiración aerobia. El material genético mitocondrial solo se transmite de madres a hijos, ya que los espermatozoides tienen el citoplasma muy reducido. Esto ha permitido hacer interesantes inferencias evolutivas que estudiarás más adelante.

La membrana interna se proyecta hacia la matriz formando pliegues aplanados que se denominan: crestas mitocondriales (ver fig. 4.43). La membrana interna es el sitio donde se realiza la síntesis de ATP, debido a que en ella se encuentran las proteínas con las propiedades químicas que le permiten intervenir en este proceso, lo cual será objeto de análisis en otro grado.

Como las mitocondrias están relacionadas con el metabolismo celular, el número de estas está en dependencia de la actividad de la célula. Las mitocondrias se disponen libremente en el citoplasma y en algunas se sitúan en donde hay un gran requerimiento energético; por ejemplo, en las células musculares estriadas se localizan alrededor de los filamentos contráctiles.

Los cloroplastos pueden verse al microscopio óptico en preparaciones microscópicas de algas y cortes de órganos vegetales sin necesidad de teñir las células, apreciándose como orgánulos con forma de disco, de entre  $4\ \mu\text{m}$  y  $6\ \mu\text{m}$  de diámetro y,  $10\ \mu\text{m}$  o más de longitud. Aparecen en mayor cantidad en las células de las hojas. No tienen un lugar fijo en el citoplasma, aunque frecuentemente se encuentran entre la vacuola y la membrana citoplasmática de las células vegetales. Si se colocan las hojas de ciertas plantas, como la elodea, a la luz intensa, se puede observar cómo los movimientos de ciclosis producen corrientes citoplasmáticas que mueven a los cloroplastos.

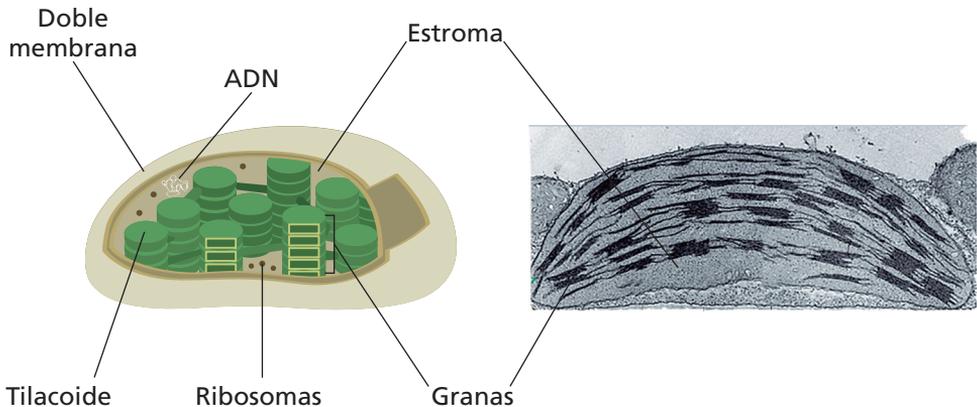
Es posible que en una célula haya entre cuarenta y cincuenta cloroplastos, y en cada milímetro cuadrado de la superficie de la hoja pueden

existir quinientos mil cloroplastos. Los cloroplastos son de gran importancia en la vida de las plantas y del planeta en general, ya que constituyen la sede de la fotosíntesis, proceso metabólico que permite sintetizar compuestos orgánicos a partir de compuestos inorgánicos como el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) y el agua ( $\text{H}_2\text{O}$ ).

### Recuerda que...

Por la fotosíntesis, las plantas constituyen el primer eslabón en muchas cadenas alimentarias en los ecosistemas, como productoras. Además, como resultado de la fotosíntesis se libera dióxígeno ( $\text{O}_2$ ) a la atmósfera, lo que es fundamental en la vida de los organismos aerobios.

Cuando se observa la ultraestructura de un cloroplasto se comprueba que está recubierto por una **membrana doble** que no contiene clorofila (fig. 4.44). Esta membrana es muy permeable, por lo que permite el intercambio de sustancias entre el citoplasma y el interior de los cloroplastos. En su interior hay una sustancia llamada **estroma**, la cual está atravesada por una red compleja de discos conectados entre sí, llamados **tilacoides**. Los tilacoides se pueden encontrar apilados como si fueran platillos; a estas pilas se les denomina **grana**. Los cloroplastos se dividen dentro de la célula, ya que poseen información genética en moléculas de ADN circular. También poseen ARN y ribosomas, aunque muchos de sus componentes proteicos provienen del citoplasma y han sido codificados por el material genético nuclear.

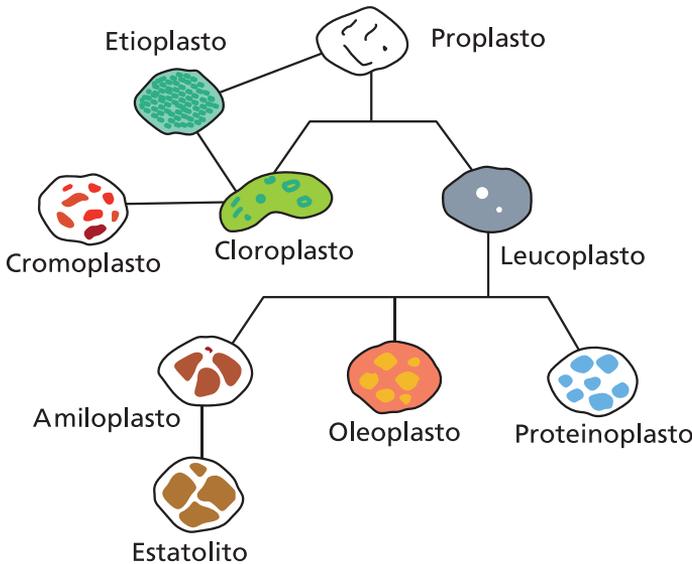


**Fig. 4.44** De izquierda a derecha, modelo de un cloroplasto y ultraestructura a partir de la observación de una microfotografía

Las moléculas de clorofila y de otros pigmentos, como los carotenos y las xantofilas, así como otras proteínas participantes en la fotosíntesis, se encuentran ubicadas en las membranas de los tilacoides. Los pigmentos poseen en su estructura molecular numerosos enlaces químicos dobles, cuyos electrones tienen la propiedad de ser excitables, es decir, "saltan" a un nivel energético mayor cuando sobre ellos incide la energía radiante de la luz de una determinada longitud de onda.

Durante la fotosíntesis esta energía es utilizada en la síntesis de adenosín trifosfato (ATP) y se produce dioxígeno (O<sub>2</sub>). En el estroma se encuentran las enzimas que catalizan las reacciones metabólicas en las que se transforma el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) en compuestos orgánicos, a partir de los cuales se producen azúcares, almidón, ácidos grasos, entre otros. Los cloroplastos también contienen gránulos donde se almacenan los productos de la fotosíntesis, de forma temporal.

Como pueden observar en la figura 4.45, además de los cloroplastos, en las células vegetales pueden existir otros plastidios, como los cromoplastos que poseen otros tipos de pigmentos, los amiloplastos, los proteinoplastos y los oleoplastos que almacenan productos de la fotosíntesis, como almidón, proteínas y aceites, respectivamente.



**Fig. 4.45** Diversidad de plastidios y relaciones por su origen

Estos plastidios pueden ser observados en tejidos y órganos vegetales donde se acumulan, como es el caso de los tubérculos de la papa y en las semillas oleaginosas como las de girasol y maní.

Los cromoplastos contienen abundantes carotenoides que, mezclados con otros pigmentos, son la causa de diversos colores de flores y frutos. El color rojo del tomate maduro se debe a la presencia de cromoplastos, cuyo pigmento rojo (licopeno) pertenece al grupo de los carotenoides. En las algas existen cromoplastos que contienen diversos pigmentos, como la ficoeritrina y la ficocianina.

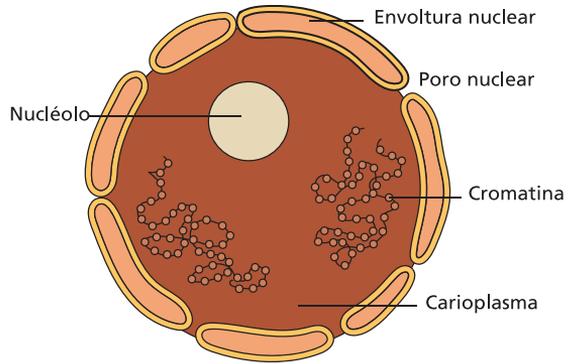
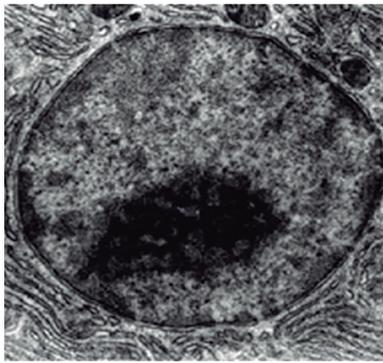
#### **4.3.4 ¿Cuál es la relación entre la estructura del núcleo eucariótico con sus funciones?**

Hasta aquí has podido comprender cómo la estructura de los diferentes componentes del citoplasma y la membrana citoplasmática determina sus propiedades y funciones. Los tipos de proteínas que existen en cada uno de los compartimientos celulares determinan, a su vez, qué reacciones metabólicas se desarrollan en cada uno de ellos.

¿Cómo se determina en las células qué tipos de proteínas se sintetizan y regulan el metabolismo? Para que tengas un primer acercamiento a la respuesta a esta pregunta, es necesario comprender cómo el material genético se encuentra organizado en el núcleo de las células eucariotas.

Una de las características esenciales de las células eucariotas es que presentan una envoltura formada por una doble membrana que rodea al material genético, mediante la cual se establece el intercambio de materiales con el citoplasma. El tamaño del núcleo es de 5  $\mu\text{m}$  a 15  $\mu\text{m}$ , aproximadamente. Aunque las células más grandes son las que tienen un núcleo mayor, esto no constituye una regla. Lo que sí existe en cada tipo celular es una relación entre el volumen del núcleo y el volumen del citoplasma.

El núcleo solo es observable en **interfase**, es decir, cuando las células no se encuentran en el período de **división** de su ciclo celular. En general, la estructura nuclear es similar en todas las células eucariotas. Su ultraestructura está constituida por cuatro partes interrelacionadas entre sí: la envoltura nuclear, la matriz nuclear, el o los nucléolos y la cromatina (fig. 4.46).



**Fig. 4.46** Núcleo celular. De izquierda a derecha, microfotografía electrónica, y modelo de su ultraestructura

### ¿Sabías que...?

La cantidad de núcleos por células varía, aunque lo más frecuente es la presencia de un solo núcleo.

Se pueden encontrar células con dos núcleos, como las células hepáticas o las cartilaginosas. Otros tipos de células presentan un mayor número de núcleos y se denominan: multinucleadas, por ejemplo, la fibra muscular esquelética.

Con el microscopio electrónico se comprobó que la envoltura nuclear está formada por una membrana interna y otra externa, el espacio perinuclear entre ellas y los complejos del poro, como se observó en la figura 4.46.

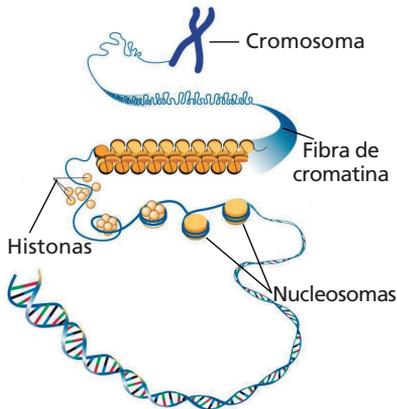
Las membranas que forman la envoltura nuclear tienen una composición lipoproteica y son una continuidad del sistema de endomembranas del citoplasma. Las dos membranas de la envoltura nuclear se fusionan en ciertos sitios. Estas discontinuidades reciben el nombre de poros, que forman canales, permitiendo el paso de pequeñas macromoléculas del núcleo al citoplasma. La membrana externa se continúa con el retículo endoplásmático rugoso.

La matriz nuclear o carioplasma no se colorea y en ella se encuentran sustancias que intervienen en las reacciones enzimáticas nucleares. Inmersa en el carioplasma se observa la cromatina y uno o más nucléolos.

Los **nucléolos** tienen una consistencia densa, están formados por ADN, proteínas y ARN. Este último se sintetiza en el propio nucléolo, y después constituye los ribosomas, la cual es su función.

La **cromatina** presenta un aspecto ligeramente granuloso. Las fibras de cromatina están formadas por filamentos de ADN que se enrollan y se unen a proteínas histonas. Los filamentos de ADN de la cromatina contienen los **genes**, que son segmentos de esta biomolécula cuya secuencia de nucleótidos posee propiedades informativas acerca de la estructura y las funciones de las células y los organismos vivos, a lo que se denomina información genética. Las funciones de la cromatina son conservar la información genética en ella contenida y sintetizar ARN, a partir del molde de su ADN.

La cromatina solo es observable antes de la división celular, pues al iniciarse este proceso, se condensa y se transforma en los cromosomas. Cada cromosoma está constituido por dos filamentos de ADN idénticos, ya que uno es la copia del otro, al ser el resultado de la replicación de esta biomolécula. Durante la transformación de la cromatina, cada filamento se enrolla aún más y se pliega sobre sí, alrededor de un eje proteico, formándose las dos cromátidas de cada cromosoma (fig. 4.47).



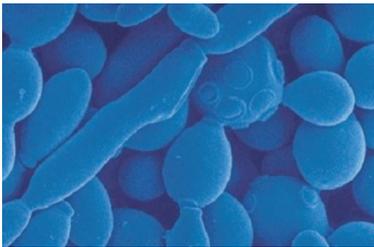
**Fig. 4.47** Transformaciones de la cromatina a cromosoma

Las **cromátidas** se encuentran unidas entre sí por una región llamada **centrómero** (fig. 4.47). Los cromosomas contienen la información genética en el ADN, el cual se encuentra en estado condensado; esta propiedad, unido a su morfología, hace posible que durante el proceso de división celular se pueda transmitir equitativamente a cada célula hija la misma información genética.

Cada especie del dominio **Eukarya** tiene un número de cromosomas determinado. Las células que contienen una sola serie de cromosomas son **haploides** y se identifican con la notación (n). Cuando tienen dos series o juegos de cromosomas, se dice que tienen un número cromosómico **diploide** (2n) (fig. 4.48).

Los cromosomas pueden ser observados mediante el microscopio óptico y cuando son teñidos revelan patrones de luz y bandas oscuras con variaciones que permiten que se distingan los cromosomas uno de otro. El estudio de las

características morfológicas de los cromosomas ha permitido organizarlo por parejas. El cariotipo describe la **morfología** de los cromosomas en metafase. Aunque algunos autores lo llaman también cariotipo, cuando se disponen por pares de homólogos de acuerdo con su longitud relativa y la posición del centrómero se le llama cariograma. La especie humana es diploide y posee 46 cromosomas, lo que significa que el cariotipo humano está constituido por dos juegos de 23 cromosomas diferentes, 22 pares autosómicos y un par sexual. En las hembras el par sexual es XX y en los varones es XY (fig. 4.49).



$2n = 2$  a 4 pares



$2n = 12$  pares = 24

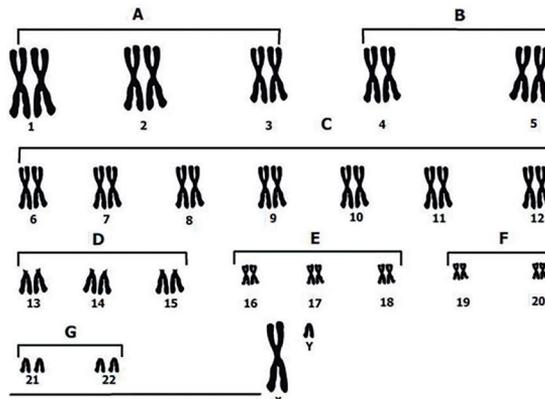


$2n = 4$  pares = 8



$2n = 31$  pares = 62

**Fig. 4.48** Diferentes números de cromosomas en las especies. De izquierda a derecha, levadura, tomate, drosófila y caballo



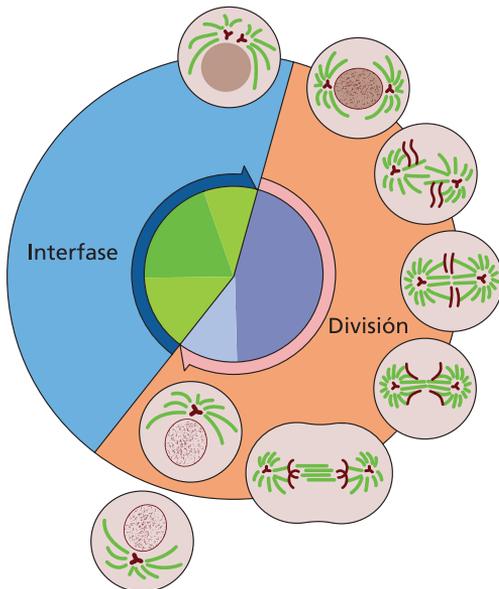
**Fig. 4.49** Cariograma humano masculino

El hecho de que el núcleo contenga el material genético implica que tenga como función la determinación de las características de la célula y la regulación del metabolismo. Cuando profundices en los conocimientos genéticos vas a comprender cómo la información genética que está en el ADN, determina qué proteínas se sintetizan en cada célula.

Ya conoces que un postulado esencial de la teoría celular es que las células se originan de otras células y esta característica es fundamental en la perpetuación de la vida. El núcleo y el material genético están muy relacionados con la división celular. Al formarse nuevas células, la información genética se transmite a las células hijas, lo que permite la herencia.

El **ciclo celular** es la secuencia de acontecimientos que se inician a partir de una célula recién formada y termina dando origen a nuevas células.

Este comprende dos fases principales. La primera fase se denomina **interfase** y en ella la célula realiza toda una actividad de síntesis, en la cual también se duplica el ADN y se sintetizan las proteínas de los cromosomas. En esta etapa se observa el núcleo, como lo hemos descrito. A continuación, ocurre la segunda fase: la **división celular** que puede ser por mitosis o meiosis. Al inicio de la división la envoltura nuclear desaparece, el material genético se transforma y se condensa haciendo visibles los cromosomas (fig. 4.50).



**Fig. 4.50** Principales eventos durante el ciclo celular

**Recuerda que...**

La mitosis es un tipo de división en el que se obtienen dos células hijas que contienen la misma información genética que la célula progenitora. Constituye la base de la reproducción de muchos organismos eucariotas y tiene una gran importancia en el desarrollo, el crecimiento y la reproducción vegetativa de los organismos eucariotas pluricelulares. La división celular por meiosis se produce en células diploides ( $2n$ ) y da origen a células haploides ( $n$ ) que generalmente son gametos o esporas haploides en los organismos con reproducción sexual.

El conocimiento del ciclo celular tiene gran importancia en las investigaciones biológicas y sus aplicaciones entre las que se destacan el trabajo con las células madre para el tratamiento de distintas afecciones humanas, lo cual ha abierto posibilidades terapéuticas impensadas hasta hace unos pocos años. A pesar del futuro prometedor que ofrece el uso terapéutico de este tipo de células, en la actualidad, las investigaciones con células madre son objeto de una gran controversia, ya que al mismo tiempo plantea serios problemas desde el punto de vista bioético.

**Reflexiona**

El debate actual sobre el uso de embriones humanos para la obtención de células madre impone importantes cuestionamientos a las investigaciones, sobre si es correcto el uso de embriones humanos. Por ahora existe consenso con relación al uso de células madre adultas que mantienen su capacidad de originar células de los diferentes tejidos. La aplicación de los principios de prevención y de responsabilidad constituye una obligación moral de las instituciones, los científicos y los ciudadanos que tendrán que adoptar las decisiones sobre el desarrollo y la aplicación de estas nuevas tecnologías.

### ***4.3.5 ¿Qué funciones tienen los componentes celulares localizados al exterior de la membrana citoplasmática?***

Ya conoces que la mayoría de los organismos con células eucariotas son pluricelulares llegando a constituir tejidos, órganos y sistemas de órganos en dependencia del grado de complejidad alcanzado.

En una gran parte de los animales existen esqueletos que permiten el sostén del cuerpo, sin embargo, ni las plantas, ni los hongos lo poseen.



## Reflexiona

- ¿Cómo se relacionan entre sí las células de los organismos pluricelulares?
- ¿Por qué no tienen esqueleto las plantas y los hongos?

En los organismos pluricelulares, como las plantas y los animales, las células que forman los tejidos se encuentran unidas a través de las membranas citoplasmáticas de las células contiguas. También por fuera de las células, se pueden presentar adaptaciones que permiten la unión entre las células en unos casos, y en otros, la comunicación e intercambio de sustancias entre ellas.

En los hongos, las plantas y algunos protistas se presenta una pared celular situada por fuera de la membrana citoplasmática, que están formadas por sustancias diferentes. En la mayor parte de los hongos, la pared celular está compuesta fundamentalmente por quitina, que es un polisacárido también presente en el exoesqueleto de los insectos. En algunos hongos también puede haber celulosa o ambas.

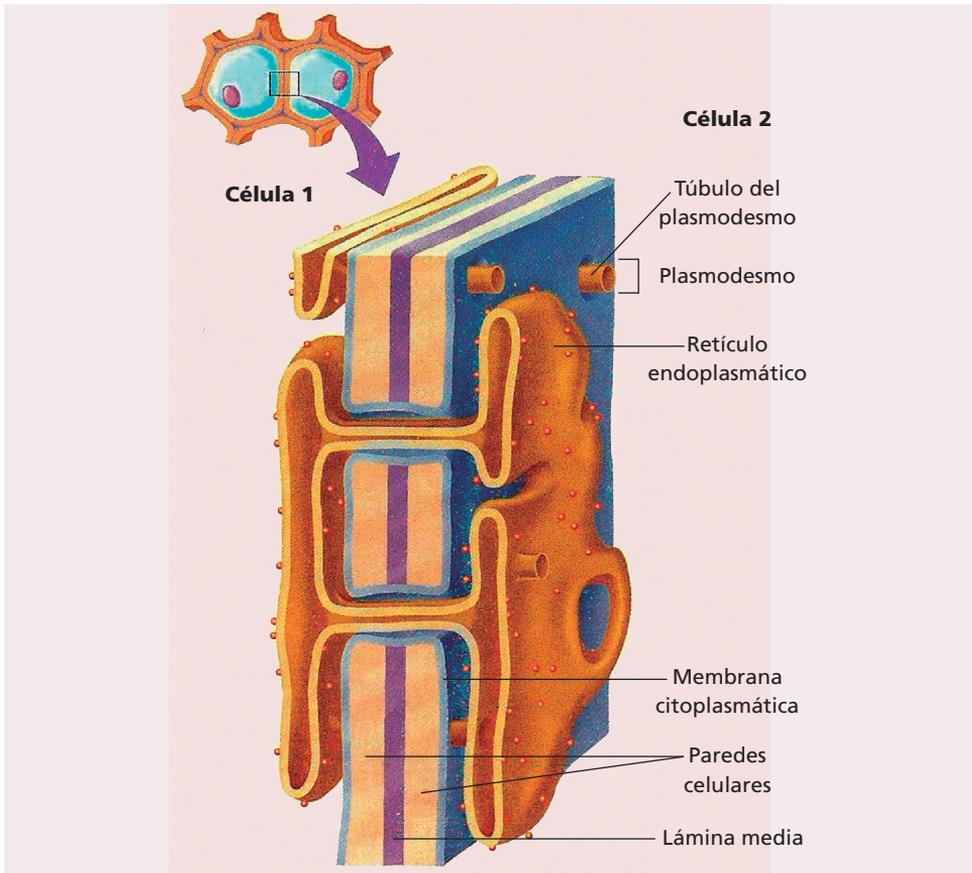
En las plantas se encuentran tres componentes químicos fundamentales de su pared celular: la celulosa, la hemicelulosa y las sustancias pécticas. Las microfibrillas de celulosa se disponen en capas transversales, unidas por hemicelulosa y pectina, moléculas que le confieren rigidez, estabilidad e insolubilidad. Estas propiedades posibilitan que la pared funcione como un soporte mecánico de la célula, así como, el mantenimiento del balance entre la presión osmótica intracelular y la tendencia del agua a penetrar en la célula.

Otras sustancias presentes en muchas paredes celulares de las plantas son las ligninas, la suberina, las **ceras** y la cutina. La lignina se encuentra solo en las paredes de las células maduras, aumentando la rigidez de las paredes, por lo que es abundante en los tejidos de sostén de las plantas. La suberina, las ceras y la cutina les confieren impermeabilidad a las paredes celulares, por lo que reducen la pérdida de agua por parte de las células y es frecuente en el tejido suberoso, que protege a muchas plantas de la desecación (fig. 4.51).



## Reflexiona

Las paredes celulares de los vegetales constituyen la fuente fundamental de **fibra dietética** en nuestra alimentación por su contenido de celulosa y otros polisacáridos. La fibra dietética es muy importante porque contribuye a reducir el colesterol dañino en el organismo. También permite un adecuado tránsito intestinal, por lo que ayuda a reducir el riesgo de cáncer de colon. Las principales fuentes de fibra vegetal son: los vegetales frescos y los frijoles. Si los incorporas a tu dieta contribuyes a elevar tu **calidad de vida**.



**Fig. 4.51** Representación del detalle de la estructura de la pared celular entre dos células vegetales

Ya conoces que la membrana citoplasmática tiene la propiedad de ser asimétrica, por la presencia de glucoproteínas y glucolípidos en la cara externa. Los carbohidratos de la cara externa son la base de un componente de estructura filamentosa que la rodea se denomina cubierta celular o glucocálix.

En los tejidos animales el glucocálix protege la superficie celular; mantiene las relaciones entre las células de los tejidos y permite el reconocimiento molecular con sustancias que se le unen de modo específico, lo cual da a la célula una identidad única. Es poroso, permeable al agua, los iones y las moléculas pequeñas, debido a su naturaleza química.

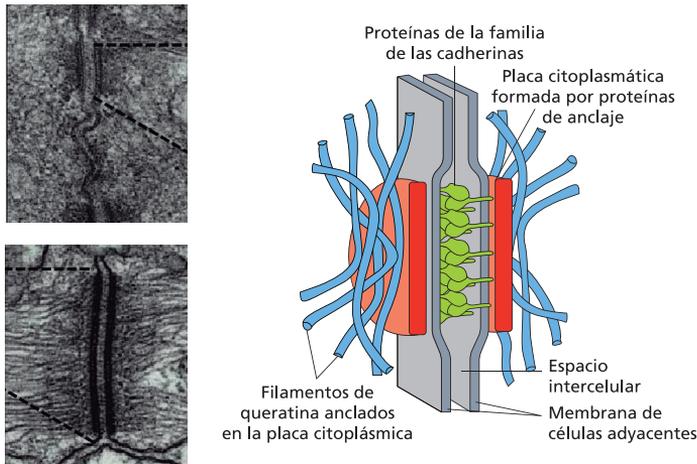
Algunos autores consideran que el glucocálix y la pared celular forman parte, en los organismos pluricelulares, de la matriz extracelular que,

además, puede estar constituida por una mezcla de proteínas fibrosas y polisacáridos secretados por las células. Sirve de apoyo y anclaje a la célula, separa los tejidos y tiene funciones en la señalización celular.

La matriz extracelular varía según el tipo de tejido. La matriz extracelular ósea, por ejemplo, es principalmente de colágeno, una proteína fibrosa que se endurece por depósitos de sales inorgánicas, y es el componente fundamental de los huesos.

En los tejidos epiteliales de animales, se presentan uniones estrechas entre las membranas citoplasmáticas de células contiguas.

Los desmosomas están formados por conjuntos de proteínas interconectadas que unen dos células; estas proteínas están ancladas bajo la membrana citoplasmática por filamentos intermedios del citoesqueleto y su función es aumentar la cohesión entre células vecinas. Esta unión es muy importante en los tejidos que requieren un funcionamiento muy coordinado entre las células (fig. 4.52).



**Fig. 4.52** Desmosoma. De izquierda a derecha, microfotografía electrónica y modelo estructural

En las plantas también existen uniones entre las células que implican a la pared celular. Por ejemplo, los **plasmodesmos** (ver figura 4.51) son túneles que atraviesan las paredes celulares, permiten puentes de citoplasma entre las células vivas y establecen vías de transporte de sustancias muy importantes en las plantas.

El estudio de la célula eucariota te ha permitido responder algunas preguntas iniciales que te demuestran la importancia de estos conocimientos para el desarrollo científico. Sin embargo, para poder responder con mayor profundidad sobre qué son las células madre y si estás de acuerdo con las diferentes aplicaciones desarrolladas por la ciencia, necesitamos comprender por qué la célula funciona como un sistema íntegro y cómo se relacionan las células en el funcionamiento de los organismos pluricelulares.

### Comprueba lo aprendido

1. En un laboratorio se observan al microscopio tres muestras de células con las siguientes características cada una:
  - Presencia de pared celular, nucleóide y ribosomas; no se observa sistema de endomembranas.
  - Presencia de pared celular, núcleo, cloroplastos, mitocondrias y grandes vacuolas.
  - Presencia de núcleo, sistema de endomembranas, mitocondrias, abundantes lisosomas y centriolo.

a) Clasifica cada muestra en procariota, eucariota: animal o vegetal, según el caso.

b) Justifica tu clasificación en cada caso.
2. Argumenta la afirmación siguiente: “En las células vegetales y animales existen características estructurales que, al ser observadas al microscopio, nos demuestran la unidad y la diversidad que caracteriza a las células eucariotas”.
3. Confecciona un esquema de un modelo de célula eucariota donde se puedan identificar todos sus componentes. Señala con flechas y nombra cada uno de estos.
4. Elabora una tabla resumen con las características estructurales, propiedades y funciones de cada uno de los componentes de una célula eucariota.
5. Elabora una tabla comparativa entre las diferentes formas de permeabilidad a través de la membrana citoplasmática, en cuanto a: movimiento a favor o en contra del gradiente electroquímico de las sustancias, gasto de energía y requerimiento de transportadores.
6. Investiga la importancia del transporte por endocitosis en los procesos de defensa del organismo humano.

7. Argumenta la afirmación siguiente con tres razones: "La célula eucariota presenta mayor complejidad estructural y funcional que la célula procariota".
8. Explica la importancia para la naturaleza de la existencia de los cloroplastos en las células vegetales.
9. Redacta un párrafo donde relaciones los términos siguientes: ciclo celular, material genético, ADN, núcleo, cromatina, cromosomas y división celular.
10. ¿Qué relación tienen los procesos de división celular con otros fenómenos que se manifiestan a nivel de organismo, como el crecimiento, el desarrollo y la reproducción, que permiten la perpetuación de la vida en el planeta?
11. Investiga y ejemplifica las aplicaciones que tienen los conocimientos sobre la complejidad de las células eucariotas, en la agricultura, la medicina, el estudio de la biodiversidad y la conservación de la naturaleza, entre otras.

## 4.4 La célula funciona como un sistema íntegro y dinámico

El etanol es un alcohol formado por moléculas que atraviesan fácilmente las membranas citoplasmáticas de las células. Casi todo el etanol que se bebe llega al hígado. En las células hepáticas existen enzimas que metabolizan el etanol, fundamentalmente en los peroxisomas y en el retículo endoplasmático liso.

Las mitocondrias usan dióxígeno en el metabolismo del etanol, que se le resta al que se utiliza en la descomposición de ácidos grasos. De este modo, los ácidos grasos se acumulan en grandes glóbulos de grasa en el tejido de los bebedores, lo que provoca la muerte de las células hepáticas, inflamación y destrucción de este tejido, con consecuencias muy graves para su salud.



### Reflexiona

- ¿Cómo se manifiestan los daños del alcohol (etanol) en las células hepáticas?
- ¿Qué características de las células nos demuestra este ejemplo?

La comprensión de los efectos del etanol en las células hepáticas demuestra cómo todos los componentes moleculares y celulares tienen una

estrecha relación funcional entre sí, de manera que provoca alteraciones en el metabolismo y en la estructura celular. El estudio de la integridad biótica y el dinamismo celular es la base para comprender por qué el alcohol (etanol) es considerado como una de las drogas que produce daños más letales en nuestra salud.

Cuando se afecta la estructura celular o un proceso metabólico, se afecta el funcionamiento de la célula como un todo, ya sea eucariota, como en el caso analizado, como procariota. Esto ocurre porque en las células todos sus componentes y funciones se relacionan directa o indirectamente unos con otros, como un sistema íntegro y dinámico.

La **integridad biótica** en las células se refiere a las relaciones que existen entre todas las partes de la célula en el funcionamiento dinámico como un todo en interacción con el medio ambiente. Esto implica que, en la célula, todos sus componentes están en continuo movimiento e interacción, en constante recambio y transformación.

Tanto en las células eucariotas como en las procariotas, no existe integridad biótica sin dinamismo celular y viceversa. De esa interrelación, depende la vida de los organismos, tanto unicelulares como pluricelulares, y constituye una expresión de la unidad y la diversidad en el nivel celular. Resumiendo, la integridad biótica y el dinamismo celular se manifiestan en este nivel en que:

1. Entre los diferentes componentes celulares existe una estrecha relación estructural y funcional.
2. La célula se encuentra en constante intercambio de sustancias, energía e información con el medio ambiente.
3. El metabolismo permite que la célula se encuentre en movimiento continuo y garantiza el recambio celular.



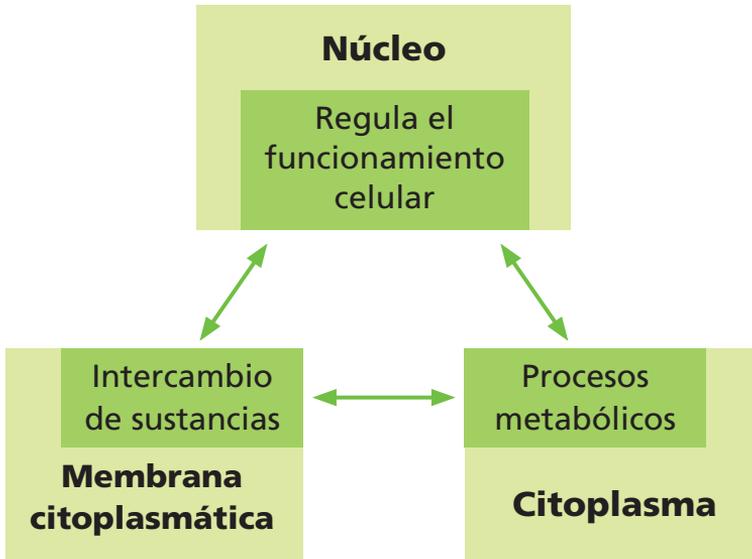
### Ayuda para aprender

Para explicar la integridad biótica y el dinamismo celular, debes relacionar los conocimientos adquiridos sobre las características de las células procariota y eucariota, así como los de las células eucariotas animal y vegetal. También debes considerar la relación estructura-propiedades-funciones entre los diferentes componentes celulares y entre los procesos metabólicos celulares y las funciones de las diferentes biomoléculas. El ciclo celular es también un buen ejemplo para demostrar el dinamismo celular.

A continuación, analizaremos cada uno de estos aspectos:

**Relación entre todos sus componentes celulares**

Al estudiar la célula, ya sea eucariota como procariota, has podido comprender que ninguno de sus componentes puede funcionar aislado de los otros; por el contrario, existe una estrecha interrelación entre todas sus partes, que es expresión del dinamismo celular (fig. 4.53).



**Fig. 4.53** Esquema de las relaciones entre el núcleo, el citoplasma y la membrana citoplasmática en una célula eucariota

Analicemos la relación entre el núcleo, el citoplasma y la membrana citoplasmática en una célula eucariota que se representan en la figura 4.53. El núcleo regula todo el funcionamiento celular. Esto se debe a que contiene la información genética; determina la secuencia de aminoácidos en la síntesis de proteínas, que ocurre en los ribosomas, los cuales están situados en el citoplasma, libres en la matriz o adosados al retículo endoplasmático rugoso.

Las proteínas que se sintetizan participan en el recambio de componentes celulares, como las membranas o los filamentos de la matriz citoplasmática. Las proteínas con función enzimática participan en la regulación de los procesos metabólicos que ocurren en los diferentes compartimientos del citoplasma, entre estos, por ejemplo, en la respiración celular, que se realiza en la matriz citoplasmática y las mitocondrias, per-

mitiéndoles obtener la energía necesaria en la síntesis de proteínas. En la realización de estos procesos metabólicos es necesario el intercambio de sustancias, como los aminoácidos, la glucosa, el agua, entre otras, que se realiza a través de la membrana citoplasmática.

Este análisis puede extenderse a otros componentes celulares. Por ejemplo, las moléculas de proteínas indispensables en el transporte activo o pasivo de sustancias, que ocurren en la membrana citoplasmática, son sintetizadas en el retículo endoplasmático rugoso o en ribosomas libres en la matriz citoplasmática. El ATP que contiene la energía necesaria en el transporte activo se produce en las mitocondrias.

La relación que existe entre el sistema de endomembranas, los ribosomas, los lisosomas, las vacuolas y la membrana citoplasmática, durante la digestión celular, también es una manifestación de la integridad biótica y el dinamismo celular. Las enzimas lisosómicas se sintetizan en los ribosomas libres y se condensan en el complejo de Golgi, a partir del cual se forman los lisosomas. Estos se unen a las vacuolas fagocíticas, formadas desde la membrana citoplasmática y se produce en su interior la digestión celular.

En las células procariotas la integridad biótica y el dinamismo celular se manifiestan, también, en la estrecha relación entre sus diferentes componentes. Por ejemplo, el material genético, situado en el nucleóide, determina cuáles son las proteínas que son sintetizadas en los ribosomas, que forman los diferentes componentes celulares como, por ejemplo, la membrana citoplasmática. También pueden ser proteínas que forman los sistemas enzimáticos asociados a la membrana citoplasmática o presentes en el citoplasma, que catalizan las diferentes reacciones metabólicas como, por ejemplo: la fermentación o la respiración aerobia, en los que se obtiene energía.

### **Intercambio con el medio ambiente**

La fibrosis quística es una enfermedad hereditaria causada por un defecto en una proteína de la membrana citoplasmática, cuya función es el transporte de iones cloruro fuera de las células seguidas de agua, lo que normalmente forma una película acuosa delgada en la superficie de las capas de células epiteliales. Esta mucosidad permite un deslizamiento suave sobre la capa de células. Cuando la proteína es defectuosa, no salen suficientes iones cloruro y agua con ellos, y se produce un desequilibrio

osmótico. Como resultado, se forma una mucosidad espesa y seca que se adhiere a las capas de células epiteliales. En las vías respiratorias, la mucosidad bloquea los conductos a los pulmones y dificulta la respiración, lo cual provoca que se produzcan infecciones pulmonares debido a que las células ciliadas respiratorias no pueden remover las bacterias que se desarrollan sobre ella.



### Reflexiona

¿Por qué un simple defecto en una proteína de la membrana citoplasmática puede provocar estos efectos en las células y los tejidos?

¿Qué nos demuestra este ejemplo?

Este ejemplo de la fibrosis quística nos demuestra cómo un defecto en una proteína transportadora de membrana citoplasmática afecta el funcionamiento de la célula como un todo. En este caso, en particular, se generan dificultades en el intercambio de agua e iones de las células con el medio ambiente, lo que produce un desequilibrio que provoca las manifestaciones a nivel de tejido epitelial y en los pulmones.

Todas las células, ya sean procariotas o eucariotas, requieren mantener un intercambio constante y regulado de sustancias, con el medio. El intercambio es en ambos sentidos: hacia el interior se transportan las sustancias necesarias en el metabolismo, y hacia el medio extracelular las que se secretan, expulsan o eliminan. Este intercambio es fundamental en el mantenimiento del equilibrio en el medio interno celular, que permita el desarrollo de los diferentes procesos metabólicos.

Como parte del intercambio con el medio ambiente, también son muy importantes las funciones de los receptores de señales en la membrana citoplasmática, que desencadenan muchas de las respuestas adaptativas celulares ante sus variaciones y son la base de la irritabilidad como propiedad de la vida. El intercambio de información con el medio extracelular es determinante en el equilibrio celular y es la base de muchos de los mecanismos de regulación hormonal, nerviosa e inmunológica presentes en organismos pluricelulares.

Aunque la membrana citoplasmática es fundamental en la regulación de este intercambio dinámico, otros componentes también intervienen, como la pared celular presente en determinadas células.

El intercambio de sustancias con el medio ambiente es esencial en el metabolismo celular, ya que contribuye a mantener las concentraciones adecuadas de las sustancias que participan en el recambio celular y en las continuas transformaciones que ocurren, tanto en las células procariotas como en las eucariotas.

### **Metabolismo y recambio celular**

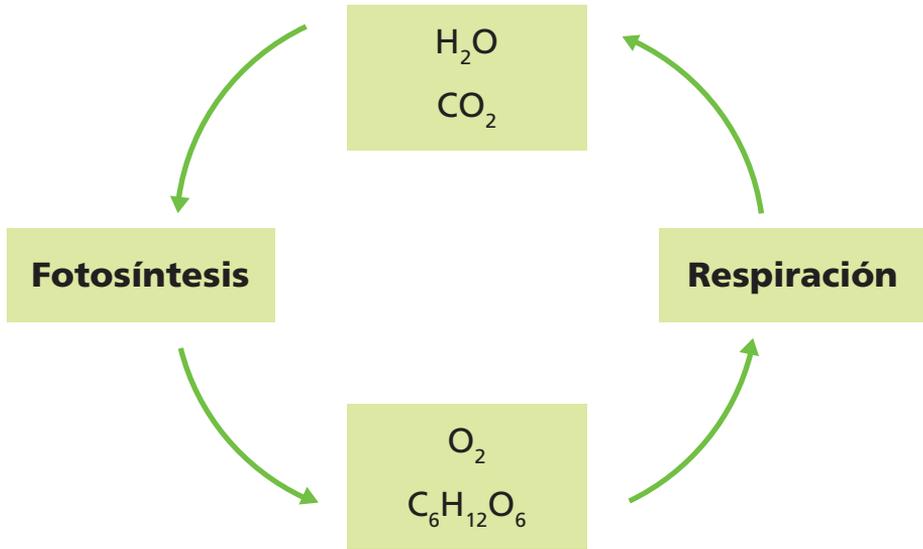
El metabolismo es la expresión de la integridad biótica y del dinamismo celular, ya que permite el mantenimiento de la vida en la célula y el recambio o renovación constante de los componentes moleculares y celulares.

Tanto en células procariotas como eucariotas, los procesos catabólicos permiten transformar moléculas complejas en otras más sencillas con la liberación de energía, que es utilizada en los procesos anabólicos en los que se forman componentes moleculares de la célula a partir de moléculas sencillas, con el consumo de energía metabólica.

Estas reacciones de síntesis o de degradación requieren el intercambio constante de sustancias e información con el medio ambiente, mediante los procesos de intercambio a través de la membrana citoplasmática y de las interacciones entre las moléculas de su superficie, como receptores o señales.

En cada uno de los orgánulos y compartimientos celulares, en las células eucariotas, están presentes las enzimas y las moléculas que participan en las reacciones metabólicas básicas de sus diversas funciones. Las vías metabólicas se interconectan, el funcionamiento de unos orgánulos depende de otros, las sustancias iniciales de una reacción metabólica constituyen los productos de otras que se realizan dentro de la misma célula, en otro orgánulo o componente celular.

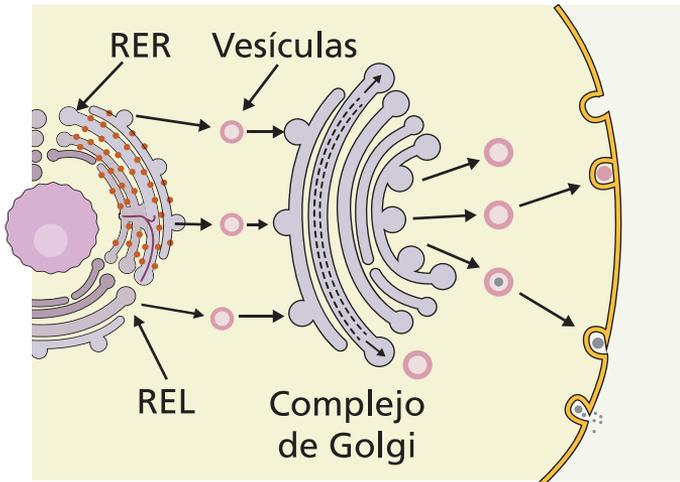
Entre las vías anabólicas o de síntesis y las vías catabólicas o de degradación, existe una estrecha relación en la que los productos de unas pueden ser precursoras de otras. Por ejemplo, en las células eucariotas vegetales, el dióxido de carbono que se libera en la fotosíntesis (que se realiza en los cloroplastos) puede ser liberado a la atmósfera o ser utilizado en la respiración celular aerobia que ocurre en las mitocondrias. Además del dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) que las plantas incorporan de la atmósfera a las células, los cloroplastos pueden utilizar el que se produce como resultado de la respiración aerobia (fig. 4.54).



**Fig. 4.54** Relaciones entre la fotosíntesis y la respiración en células vegetales

El metabolismo también permite el recambio celular o renovación constante de los componentes moleculares y celulares. No es posible la reposición de componentes celulares sin que se sinteticen las biomoléculas que los forman, mediante las vías anabólicas. Para ello se requieren las moléculas energéticas que, como el ATP, se producen en procesos catabólicos, como la respiración.

La relación entre los diferentes componentes celulares también contribuye al **recambio celular**. Por ejemplo, en las células eucariotas se manifiesta un gran dinamismo entre el sistema de endomembranas y la membrana citoplasmática. La composición de la membrana citoplasmática se inicia en el retículo endoplasmático, las membranas del RER se transfieren en forma de vesículas al REL y al complejo de Golgi. Las proteínas y lípidos son reempacados a manera de nuevas vesículas que viajan hacia la membrana citoplasmática y se fusionan con ella. De esta forma, las membranas se desplazan de una región a otra y la membrana citoplasmática se reemplaza constantemente, lo que demuestra la relación estructural y funcional, el recambio celular y las constantes transformaciones que ocurren en las células (esquema 4.3).



**Esquema 4.3** Dinámica del recambio celular entre el sistema de endomembranas y la membrana citoplasmática

También, en el ciclo celular se evidencia el dinamismo celular (ver figura 4.50). Durante la interfase, se intensifican los procesos de síntesis de biomoléculas, como el ADN, el ARN y las proteínas. En los procesos de división celular, tanto de mitosis como meiosis, se pone de manifiesto la relación entre los diferentes componentes celulares como, por ejemplo, entre los cromosomas y el huso mitótico, se observa el movimiento celular. Los cambios en la condensación de la cromatina, el ensamblaje y desensamblaje de los microtúbulos en la formación del huso y los movimientos de los cromosomas, son ejemplos de las constantes transformaciones que ocurren durante el ciclo celular.

Ya conoces que la muerte celular debe ser considerada como un proceso natural muy relacionado con el ciclo celular. Esta puede ser ocasionada por factores intracelulares o extracelulares que desencadenan la pérdida de su integridad biótica.

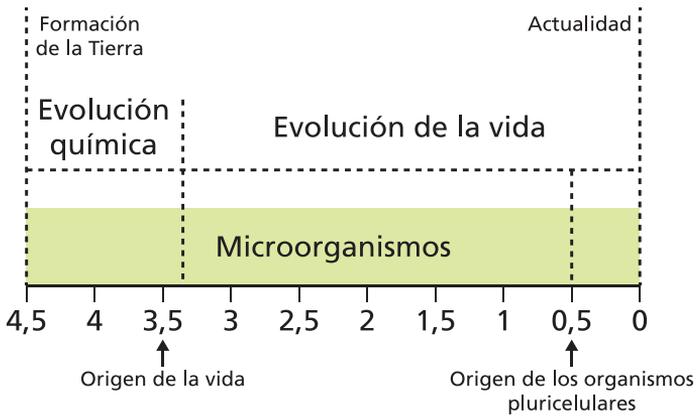
El estudio de la integridad biótica y el dinamismo celular nos permite comprender la complejidad de este nivel de organización de la vida, a la vez que confirma su unidad, pues estas características se manifiestan, tanto en las células procariotas, como en las eucariotas.

## Comprueba lo aprendido

1. Argumenta la expresión siguiente: "En las células se manifiesta la integridad biótica y el dinamismo celular".
2. Explica la relación estructural y funcional entre los siguientes grupos de componentes en una célula procariota:
  - a) nucleoide-citoplasma-membrana citoplasmática-pared celular
  - b) nucleoide-citoplasma-membrana citoplasmática-ribosomas
3. Explica la relación estructural y funcional entre los siguientes grupos de componentes de una célula eucariota:
  - a) membrana citoplasmática-citoplasma-núcleo
  - b) pared celular-membrana citoplasmática-citoplasma
  - c) núcleo-ribosomas-RER
  - d) ribosomas-RER-complejo de Golgi-lisosomas
  - e) núcleo-ribosomas-RER-mitocondrias
  - f) membrana citoplasmática-matriz citoplasmática-mitocondrias-ribosomas
4. Ejemplifica cómo se manifiesta la integridad biótica y el dinamismo en una célula procariota y en una célula eucariota.
5. Ejemplifica el dinamismo celular a partir de la relación entre los procesos metabólicos de fotosíntesis y respiración aerobia y del intercambio con el medio ambiente en la célula eucariota vegetal.
6. Valora la afirmación siguiente: "Los intercambios que ocurren entre el sistema de endomembranas, los orgánulos y la membrana citoplasmática, son una manifestación del dinamismo celular".
7. Explica la afirmación siguiente: "La función de los ribosomas depende de los procesos metabólicos que ocurren en otros componentes celulares".
8. Argumenta, con dos razones, la afirmación siguiente: "El ciclo celular es un ejemplo de dinamismo celular".
9. Todas las células del organismo humano tienen mitocondrias, pero las neuronas y las células musculares estriadas tienen mayor número de mitocondrias que las células epiteliales. Explica el planteamiento anterior, teniendo en cuenta lo estudiado sobre la integridad biótica en las células.

## 4.5 A partir de las células primitivas, ocurrió una gran diversificación celular

Es asombrosa la **biodiversidad** que existe en nuestro planeta y de la cual formamos parte como seres humanos. Pero no siempre comprendemos que nuestra existencia es el resultado de un mismo largo e impresionante proceso evolutivo. Somos descendientes de los primeros organismos unicelulares que se originaron en los mares primitivos, hace aproximadamente tres mil quinientos millones de años, por lo que estamos emparentados con toda la diversidad biótica que existe en el planeta (esquema 4.4).



**Esquema 4.4** Gráfica del origen y desarrollo de los organismos unicelulares y pluricelulares a lo largo del proceso evolutivo

La evolución microbiana, que ha abarcado cerca del 90 % de la historia de la vida en la Tierra, se ha caracterizado por una gran diversidad morfológica y metabólica, como resultado del desarrollo de adaptaciones a las más disímiles condiciones ambientales. Es un hecho que los organismos procariontes fueron la única forma de vida sobre la Tierra durante casi dos mil millones de años. Mucho después aparecieron los primeros organismos unicelulares eucariotas, de los cuales surgió, hace tan solo quinientos millones de años, la gran diversidad de los pluricelulares eucariotas (esquema 4.4).



## Reflexiona

- ¿Qué ocurrió durante el largo proceso evolutivo de los microorganismos?
- ¿Cómo se originó la diversidad metabólica que se pone de manifiesto tanto en los organismos procariotas como en los eucariotas?
- ¿Qué importancia tiene conocer este proceso evolutivo en la conservación de la biodiversidad en la Tierra?

Ya conoces que las células primitivas dieron origen a los primeros organismos procariotas, de estructura relativamente sencilla, sin envoltura nuclear ni orgánulos membranosos. Como resultado de la acción de las fuerzas evolutivas, en las condiciones de la Tierra primitiva, se produjeron cambios en la estructura y el funcionamiento de las células primitivas, que les permitieron la diversificación de las formas de obtención de los nutrientes y de la energía que necesitaban en el mantenimiento de la vida. La evolución de la vida es el resultado de la selección natural de variantes originadas por variaciones hereditarias ocurridas en su material genético.

Es de tu conocimiento también la importancia de las proteínas debido a sus funciones. Entre ellas, las proteínas con funciones enzimáticas son indispensables ya que regulan el metabolismo. A nivel celular, en la evolución de los procesos metabólicos debió ocurrir la selección natural de variantes de proteínas originadas a partir de las anteriores.

Las predicciones de los científicos sobre estos cambios que ocurrieron en la evolución de los microorganismos, se basan, fundamentalmente, en el estudio de las características metabólicas de los microorganismos más antiguos que existen en la actualidad. La biología molecular, mediante la **proteómica** y la **genómica**, continuará dando luz a la explicación sobre cómo ocurrieron estos cambios a nivel metabólico.

Se supone que células primitivas debieron tener nutrición heterótrofa primaria. Eso se explica ya que, como resultado de la polimerización, se producían moléculas orgánicas que podían obtener del medio que las rodeaba. Es lógico suponer que, los organismos unicelulares descendientes de estas células primitivas, también eran procariotas heterótrofos, ya que se nutrían de moléculas sintetizadas abiogénicamente, existentes en la atmósfera y mares primitivos.

La atmósfera era carente de dióxígeno y esta situación impuso restricciones a la diversidad metabólica. Actualmente se plantea como hipótesis, que las arqueas hipertermófilas, llamadas así porque pueden vivir en me-

dios con temperaturas superiores a los 80 °C, pudieran ser los organismos más cercanos a las células primitivas. Estas arqueas pueden transformar determinadas sustancias inorgánicas y obtener ATP. De este hecho los científicos deducen que es posible que procariotas muy primitivos obtuvieran la energía necesaria en su metabolismo de esa forma.

En la medida en que se fueron originando nuevas enzimas, es muy probable que se desarrollaran otras formas de obtener energía mediante la **fermentación**, ya que la atmósfera primitiva carecía de dioxígeno. Las moléculas orgánicas que sirvieron de materia prima en la fermentación se encontraban abundantes en los mares primitivos, donde se sintetizaban de manera abiogénica. La ausencia de dioxígeno libre en la atmósfera primitiva hace pensar que estos primeros microorganismos fermentadores eran estrictamente anaerobios, es decir, que solo podían vivir en ausencia de dioxígeno. Luego, el aumento en la complejidad de los sistemas enzimáticos posibilitó el origen de la **respiración anaerobia**.

Sin embargo, en la medida en que ocurrió la disminución de la reserva de nutrientes en los mares primitivos, algunas de las células primitivas comenzaron a sintetizar sus propias moléculas nutritivas, utilizando como fuente de carbono el  $\text{CO}_2$  atmosférico muy abundante.

### ¿Sabías que...?

En las chimeneas negras volcánicas submarinas (fig. 4.55), suelen encontrarse arqueas y bacterias termófilas que pueden transformar el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) en metano ( $\text{CH}_4$ ). En estos lugares de los océanos, a dos mil metros de profundidad, con temperaturas muy altas y donde no llega la luz solar, existe una gran biodiversidad.

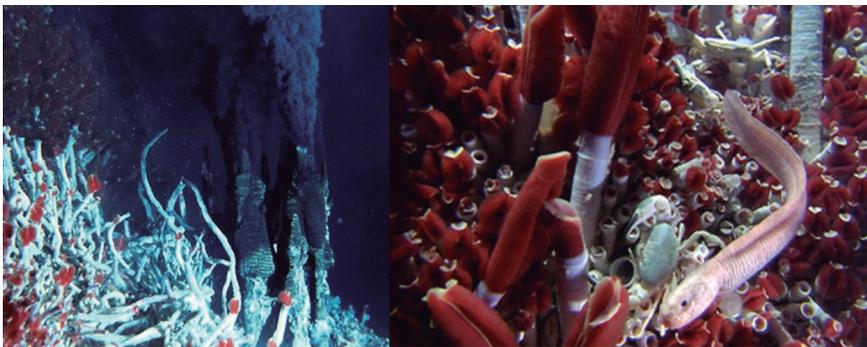


Fig. 4.55 Chimenea submarina

El descubrimiento de estos microorganismos procariotas provocó la elaboración de una hipótesis sobre el posible surgimiento de la vida en esos hábitats, en los que se pensaba que no existía. Se supone que ciertas vías metabólicas simples pudieron evolucionar en estas condiciones. El agua con sales inorgánicas disueltas, a altas temperaturas, sale por estas chimeneas del fondo marino a alta presión. Las reacciones químicas de transformación de sulfuros, tanto de hierro como de hidrógeno, pudieran ser utilizados como fuente de energía en la síntesis de compuestos orgánicos a partir de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), originándose probablemente los primeros organismos autótrofos que realizaban la **quimiosíntesis**.

Por supuesto, como ya hemos explicado, todos estos cambios metabólicos dependen del desarrollo de enzimas que pudieran catalizar estos procesos, como resultado de la acción de las fuerzas evolutivas. Tengamos en cuenta que, en las condiciones existentes en la Tierra primitiva, las radiaciones ultravioletas podían provocar cambios en la secuencia de nucleótidos del ADN de los microorganismos existentes.

Estas variaciones pueden haber provocado también la selección natural de nuevas sustancias como los pigmentos fotorreceptores, semejantes a los pigmentos actuales, por ejemplo, la clorofila. Como sabes, las moléculas de estas sustancias pueden absorber la energía radiante procedente del Sol, permitiendo su utilización en la síntesis de moléculas orgánicas, utilizando el  $\text{CO}_2$  como fuente de carbono. Debieron surgir así, probablemente, los primeros organismos fotosintetizadores, que no necesitaron obtener sustancias orgánicas del medio porque podían sintetizarlas por sí mismos.

### ¿Sabías que...?

Existen evidencias que demuestran el origen de la fotosíntesis. Se han descubierto especies de montículos en el mar, llamados estromatolitos (fig. 4.56), formados por la acumulación de capas de cianobacterias y otras bacterias fotosintetizadoras, que datan de hace dos mil quinientos millones de años. En la actualidad aún se originan formaciones similares a estas en mares poco profundos.



**Fig. 4.56** Estromatolitos

En la transformación de las condiciones de la Tierra y la atmósfera primitiva, la fotosíntesis constituyó un hito de gran importancia evolutiva, de hecho, en la actualidad se considera el proceso bioquímico más importante de la biosfera.

En primer lugar, mediante la fotosíntesis, se transforma la energía radiante, proveniente del sol en energía almacenada en enlaces de compuestos químicos orgánicos. Esta forma de síntesis de moléculas orgánicas a partir de inorgánicas, constituyó la principal fuente de nutrientes orgánicos de los organismos heterótrofos, por lo que los fotosintetizadores se constituyeron en el primer eslabón de las redes alimentarias. Esto facilitó el desarrollo de diversidad de formas de nutrición heterótrofa secundaria.

En segundo lugar, mediante el proceso de la fotosíntesis se libera dióxigeno a la atmósfera. Su concentración aumentó y produjo la llamada “revolución del dióxigeno”, al transformar la atmósfera primitiva (anaerobia y reductora) en la atmósfera actual (aerobia y oxidante). En consecuencia, muchas de las bacterias anaerobias existentes fueron dañadas por las altas concentraciones de dióxigeno y morían; sin embargo, algunas se restringieron a vivir en áreas donde este gas se encontraba ausente. La presencia de dióxigeno libre en la atmósfera permitió, posteriormente, el surgimiento de organismos con **respiración aerobia**, como proceso metabólico de liberación de energía que, al tener mayor rendimiento energético, contribuyó al aumento de la complejidad de los organismos.

En tercer lugar, debemos considerar que a medida que el dióxigeno enriqueció la atmósfera, se acumuló en la capa superior de la troposfera, y se formó la capa de ozono ( $O_3$ ). Esta capa reduce el paso de las radiaciones ultravioletas del Sol hacia la superficie de la Tierra, lo que disminuye en gran medida los posibles daños sobre las moléculas de ADN que impedirían la vida en la corteza terrestre. Cuando la capa de ozono alcanzó un espesor su-

ficiente, los sistemas vivientes existentes pudieron abandonar la protección que proporcionaba el medio acuático y colonizar la tierra firme.

El origen de la respiración aerobia, con mayor eficiencia energética, aumentó las posibilidades de desarrollo de células con mayor complejidad. La transición del patrón procariota a eucariota significó un avance en la especialización estructural y funcional de los sistemas vivientes; sin este cambio a la complejidad, no habría sido posible el origen de los organismos pluricelulares.

Se ha calculado que hace mil quinientos millones de años se originaron las primeras células eucariotas, que eran similares a ciertos protistas actuales. **El origen de las células eucariotas** ha sido un tema ampliamente debatido. La extraordinaria similitud de organismos procariotas con algunos importantes orgánulos de las células eucariotas, permitió la elaboración de hipótesis por los científicos sobre el posible origen de los cloroplastos y las mitocondrias. Los cloroplastos y las mitocondrias poseen como material genético ADN; también presentan ARN y ribosomas. Esto les posibilita duplicarse de manera independiente a la célula en general.

Al estudiar la ultraestructura de estos orgánulos y compararla con las células procariotas, los científicos observaron curiosas similitudes. Se encontró que en ambos casos las moléculas de ADN son circulares y se presentan sin proteínas histonas, de forma muy similar a como se organiza el cromosoma bacteriano. Esto les permitió deducir la existencia de un vínculo filogenético con los procariotas.

Otro indicio para realizar esta predicción fue la presencia, en estos dos orgánulos, de ribosomas, con menor peso molecular que los que se presentan libres en el citoplasma y en el retículo endoplasmático de las células eucariotas y similares a los ribosomas bacterianos. Ambos orgánulos también se dividen por bipartición, de manera similar a la fisión binaria de las bacterias, originando una nueva descendencia de orgánulos idénticos a los que le dieron origen.

Por último, la presencia en algunos procariotas de plegamientos hacia el interior del citoplasma de su membrana citoplasmática, donde quedan embebidas proteínas de transporte, es otro indicador de similitud estructural entre las bacterias y estos orgánulos. Si estuvieras investigando el tema: ¿qué hipótesis elaborarías?

Existen varias ideas para explicar el origen de las células eucariotas; en este sentido explicaremos la hipótesis más reconocida para explicar este enigma. Las evidencias explicadas anteriormente hacen suponer que, en los organismos procariotas, en las condiciones de los mares primitivos, pu-

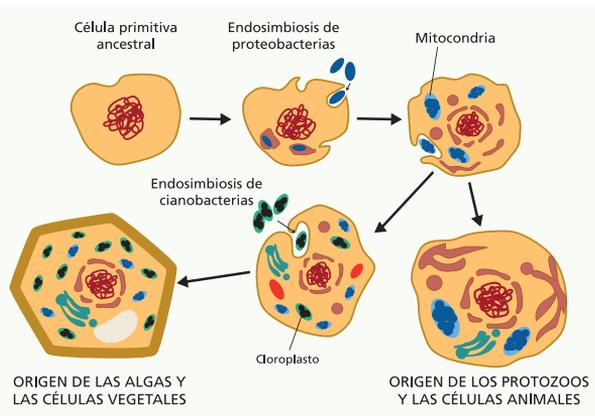
dieron ocurrir procesos de integración o simbiosis, similares a los que se dan en organismos complejos de las comunidades actuales.

**Recuerda que...**

La simbiosis es un tipo de relación que se establece entre individuos de diferentes especies, donde ambos se benefician. Tal es el caso de la asociación entre ciertas algas y hongos en la formación de los líquenes.

En el año 1967, Lynn Margulis propuso la teoría endosimbiótica para explicar el origen de las células eucariotas (fig. 4.57). En ella plantea que surgieron como consecuencia de procesos simbiogénéticos entre diferentes tipos de células procariotas primitivas. Estos procesos pueden ocurrir por incorporación de uno de los organismos al interior del otro, a lo cual se denomina endosimbiosis. El **endosimbionte** pasó a depender obligatoriamente de la célula hospedadora y transfirió a esta la información genética esencial para su independencia, convirtiéndose en un orgánulo celular.

Es muy posible que estos procariotas primitivos, hayan englobado a otros organismos procariotas, estableciéndose entre ambos una relación endosimbionte. Las mitocondrias y los cloroplastos pudieron haberse originado a partir de una simbiosis con procariotas aerobios y cianobacterias fotosintetizadoras (fig. 4.57).



**Fig. 4.57** De izquierda a derecha, Lynn Margulis y modelación de los procesos de integración celular endosimbiótica

Determinadas bacterias pudieron incorporarse en el interior de otras, luego de haber sido ingeridas por una célula hospedera, pero no digeridas. Una vez incorporadas, pudieron sobrevivir y reproducirse junto a las células hospederas, de modo que las sucesivas generaciones contenían en su interior endosimbiontes; es muy posible que, al pasar el tiempo, tanto las células hospederas, como los endosimbiontes, se adaptaran a vivir en vínculo estrecho e interdependencia.

Es muy probable que la teoría endosimbiótica sea enriquecida por nuevos descubrimientos, fundamentalmente por el desarrollo de la biología molecular que permite encontrar las semejanzas y diferencias entre el material genético de representantes actuales de las células eucariotas y procariotas. Por ejemplo, en la actualidad se han encontrado ciertas similitudes entre el material genético eucariótico y el de las arqueas, lo que abre nuevas perspectivas de investigación sobre las posibles relaciones filogenéticas entre los ancestros de sus representantes actuales.

El estudio de la evolución de los microorganismos primitivos, cuyo resultado fue la gran diversidad metabólica que ellos poseen en la actualidad, nos permite comprender por qué podemos encontrar microorganismos procariotas en todos los hábitats de la Tierra, desde las profundidades de los océanos, en lugares con elevada temperatura y salinidad o en los fríos glaciales. La vida no existiera en la Tierra sin esa diversidad metabólica que les permite funciones indispensables en los ecosistemas. El surgimiento de las células eucariotas a partir de la evolución de las procariotas, al explicar su origen común, nos demuestra la unidad del mundo vivo. El origen de las células eucariotas fue un hito evolutivo que permitió el desarrollo de una inmensa diversidad de organismos, tanto unicelulares como pluricelulares.

### Comprueba lo aprendido

1. ¿Por qué es lógico suponer que las primeras células tuvieron nutrición heterótrofa?
2. ¿Qué características de la Tierra primitiva condicionaron la evolución del metabolismo de los procariotas?
3. En las chimeneas submarinas se puede encontrar una gran biodiversidad, aunque allí no llegan las radiaciones solares y no existen organismos fotosintetizadores. ¿Qué explicación puedes dar a este fenómeno? Elabora una hipótesis sobre el origen del autotrofismo a partir de tu análisis.

4. Argumenta la importancia que tuvo el surgimiento de células autótrofas fotosintetizadoras en la evolución de la vida en nuestro planeta.
5. Casi siempre se comprende la importancia de las plantas en la naturaleza. De acuerdo con lo aprendido, ¿sería posible la vida en el planeta si no se hubiesen originado los microorganismos procariotas quimiosintetizadores y fotosintetizadores?
6. Valora el aporte de Lynn Margulis a la comprensión científica materialista del desarrollo de la vida en el planeta.
7. Argumenta por qué la teoría endosimbiótica es aceptada como una explicación científico materialista al origen de la célula eucariota a partir de la procariota.
8. Explica y ejemplifica la afirmación siguiente: “La evolución de la célula eucariota propició el desarrollo de una gran diversidad de formas vivientes, con una mayor complejidad estructural y funcional”.

## 4.6 La complejidad de los organismos pluricelulares es resultado de la evolución a partir de los unicelulares

El origen de la biodiversidad de organismos que hoy conocemos fue el resultado de un largo e impresionante proceso evolutivo de millones de años y que se inició con el origen de la vida, con la formación de los primeros organismos unicelulares. Podemos considerar, como un hecho evolutivo de gran relevancia, el origen de los primeros organismos pluricelulares, que abrieron un largo camino hacia la diversidad, la especialización y una mayor complejidad de la vida que hoy debemos conocer, y así cuidarla para las futuras generaciones.



### Reflexiona

¿Por qué podemos considerar a los organismos como un nivel biótico más complejo que el celular? ¿Cómo se relacionan las células entre sí en un organismo pluricelular? ¿Cuáles son las características estructurales y funcionales que hacen más complejos a los organismos pluricelulares que a los unicelulares? ¿Qué relevancia tienen estos conocimientos en la práctica cotidiana, en la medicina, en el cuidado de la salud, en la agricultura y en la protección, conservación y uso sostenible de la biodiversidad?

Ya conoces que los organismos procariotas, ya sean las bacterias o las arqueas, están formados por una sola célula, por lo que son unicelulares. Dentro del dominio **Eukarya**, también existen organismos unicelulares en los protistas, algunos hongos y algas. En este epígrafe reafirmarás que toda esta biodiversidad es resultado del proceso evolutivo.

#### 4.6.1 ¿Cómo transcurrió la evolución de los organismos unicelulares a los pluricelulares?

Durante el proceso evolutivo, en algunas poblaciones de organismos unicelulares eucariotas, ocurrieron transformaciones evolutivas que propiciaron el gradual aumento de complejidad de la materia viva.

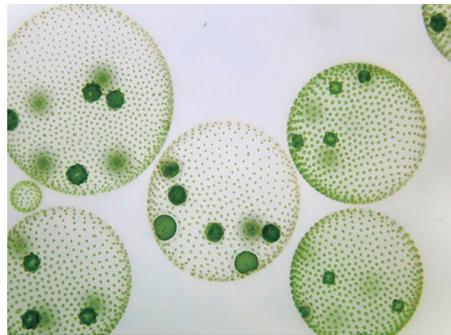
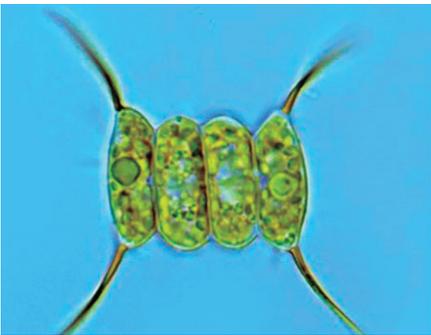
En la actualidad existen algunos organismos que poseen características que son evidencias del paso evolutivo de unicelulares a pluricelulares.



##### Saber más

Ciertos microorganismos unicelulares como algunas bacterias, arqueas, algas, protozoos, tienden a reunirse en agrupaciones celulares poco coherentes, tal es el caso de los estafilococos, estreptococos y la **Chlorella**, en las cuales las células mantienen su independencia estructural y funcional. Los cenobios como **Chroococcox**, con mayor grado de unidad, constituyen consorcios en sus agrupaciones, donde las células resultantes por fragmentación forman una masa gelatinosa que las mantiene unidas.

Existen algas que obtienen ventajas adaptativas del hecho de vivir formando pequeñas agrupaciones de células. Por ejemplo, el alga **Scenedesmus** forma paquetes de cuatro células. Por otro lado, se conocen colonias celulares de mayor nivel de organización y desarrollo como por ejemplo en el género **Volvox** (fig. 4.58).



**Fig. 4.58** Microfotografías de colonias celulares. De izquierda a derecha, **Scenedesmus** y **Volvox**

Otros ejemplos de organización colonial son los representantes de ***Eudorina*, *Pandorina* y *Dictyostelium***. En ***Volvox***, podemos observar que las células que los forman están vinculadas entre sí por conexiones plasmáticas y poseen cierta especialización en algunas funciones, como es la reproducción. Sin embargo, se observa que sus células pueden tener vida independiente si se separan de la colonia. Por esta razón se discute si este organismo debe ser considerado como unicelular o pluricelular.

Las colonias celulares son consideradas en la actualidad como una prueba del proceso gradual de evolución hacia los organismos pluricelulares. En la medida que se fue estableciendo un mayor grado de relación entre las células y aumentaba su especialización en las diferentes funciones, se originaron los **organismos pluricelulares**. En este proceso se produjo la agrupación de células procedentes de la división celular, lo que permitió la especialización paulatina en las diferentes funciones y como consecuencia una mayor adaptabilidad ante las condiciones cambiantes del medio ambiente.

El origen de la pluricelularidad constituyó un hito evolutivo, ya que permitió el perfeccionamiento de las funciones, a partir del desarrollo de entidades con mayor nivel de especialización como tejidos, órganos y sistemas de órganos. Esto a su vez es la causa del origen de una gran diversidad de organismos con innumerables adaptaciones a las diferentes condiciones del medio ambiente.

Lo que distingue a cualquier organismo como sistema viviente es su condición de existir independientemente, como una unidad viva en intercambio constante con el medio ambiente, pero este intercambio es autorregulado. Esta es la razón por la que no podemos considerar a una neurona como un organismo, ya que si la aislamos no puede tener vida independiente porque su funcionamiento está subordinado al todo, sin embargo, podemos considerar como organismo a un paramecio o una bacteria, aunque sean unicelulares.

También los organismos se caracterizan por realizar funciones que mantienen el metabolismo, tienen un desarrollo individual y se reproducen. Es por eso que consideramos al nivel de organismo como de mayor complejidad que el nivel celular. En el nivel de organismo también se manifiesta la integridad biótica, aspecto en el que profundizaremos en otros grados. En el caso de los organismos unicelulares coincide el nivel celular con el de organismo, pero los pluricelulares han desarrollado diferentes grados de complejidad.

Entre los organismos pluricelulares podemos citar a muchos hongos, y todas las plantas y animales que están constituidos por grupos de células que se han especializado en realizar funciones específicas. En el proceso de evolución de los organismos unicelulares a los pluricelulares se originó paulatinamente la gran diversidad de células especializadas estructural y funcionalmente. En la medida que se fue estableciendo un mayor grado de relación entre las células y aumentaba su especialización en las diferentes funciones, se originaron los tejidos, órganos o sistemas de órganos, según el grado de complejidad alcanzado durante el proceso evolutivo o filogénesis.

#### 4.6.2 *¿Cómo están organizados estructural y funcionalmente los organismos pluricelulares?*

Todo organismo pluricelular se forma a partir de una célula, que en algunos organismos, en dependencia de su forma de reproducción, puede ser una espora y en otros, un huevo o cigoto, formado tras el proceso de fecundación. Esta célula inicial contiene toda la información genética necesaria en el desarrollo individual u ontogénesis de un organismo pluricelular.



#### Reflexiona

Nuestro cuerpo está formado por varios billones de células y cada una de estas contiene en el núcleo la misma información genética; sin embargo, se observa una gran diversidad de formas celulares. ¿Cómo es posible que a partir de una única célula pueda desarrollarse un individuo adulto formado por muchas células, especializadas en funciones tan diferentes como el sostén, la nutrición, el transporte, entre otras?

Durante el desarrollo embrionario, las células se dividen por mitosis y se van diferenciando hasta formar los componentes celulares y su organización estructural, característicos del individuo adulto.

Este proceso de transformaciones estructurales en las células recibe el nombre de **diferenciación celular**, la cual es determinada por la expresión de los genes en relación con los diferentes factores y condiciones del medio ambiente.

A consecuencia de la diferenciación celular, que ocurre durante la ontogénesis, en las células van ocurriendo transformaciones funcionales, que permiten la **especialización** en diferentes funciones. Todos estos cambios

dan por resultado la formación de los tejidos, órganos y sistemas de órganos, según el tipo de organismo.

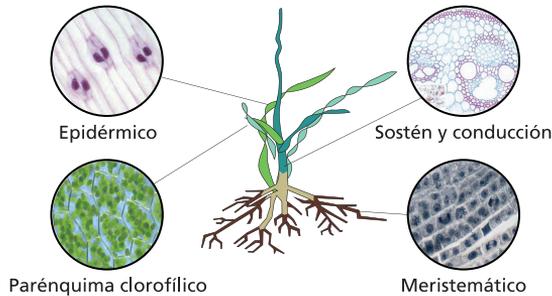


**Recuerda que...**

Los **tejidos** constituyen agrupaciones de células especializadas que participan coordinadamente en la realización de una o varias funciones específicas.

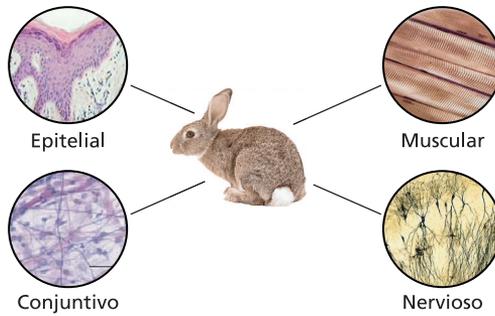
Los tejidos están formados por células que pueden ser estructural y funcionalmente semejantes, así como por tener sustancia intercelular en mayor o menor cantidad, en correspondencia con sus funciones. Estos se han especializado en funciones diferentes como son: crecimiento, protección, sostén, intercambio de sustancias, nutrición, absorción, secreción, contracción, recepción de estímulos y transmisión de impulsos nerviosos, entre otras, constituyendo adaptaciones desarrolladas durante el proceso evolutivo en relación con las condiciones ambientales.

Por ejemplo, en las plantas, las células que forman la epidermis de muchos órganos son aplanadas y no poseen cloroplastos, mientras que las que forman el parénquima de las hojas, donde se realiza la fotosíntesis, tienen abundancia de cloroplastos en su citoplasma (fig. 4.59).



**Fig. 4.59** Diversidad de tejidos en las plantas

En los animales, por ejemplo, podemos observar que existen células musculares que se caracterizan por ser alargadas y formar fibras con filamentos de proteínas contráctiles, lo que les confiere contractilidad. También poseen abundancia de mitocondrias, lo que se explica por los requerimientos energéticos de la contracción muscular (fig. 4.60).



**Fig. 4.60** Diversidad de tejidos en los animales

### ¿Sabías que...?

Entre las células de los tejidos se establecen uniones especiales que permiten sus funciones. Por ejemplo, en el epitelio que tapiza internamente los órganos digestivos se forman uniones tan fuertes y estrechas entre las células contiguas, que prácticamente no dejan espacio intercelular entre sus membranas citoplasmáticas, limitando la difusión de sustancias solubles extracelulares. Además de mantener cohesionadas fuertemente a las células, impiden la difusión intercelular evitando que las sustancias del interior del tubo digestivo penetren en el organismo por los espacios intercelulares.

La diversidad de tejidos, resultante de la diferenciación y especialización celular alcanzada, tanto como resultado del desarrollo filogenético y ontogenético, se hace evidente al estudiar la estructura y la función de los principales tejidos de las plantas y de los animales (ver figuras 4.59 y 4.60).

Cada tejido no es la simple suma de las células que lo forman, sino el resultado de la estrecha coordinación entre estas y de la especialización en la realización de una función determinada, de manera que entre las células que forman un tejido se establecen relaciones de dependencia y coordinación, que provocan que cada célula dependa de la integridad biótica del tejido.

### Aplicación práctica

El cultivo de tejidos de crecimiento de vegetales se utiliza en la reproducción *in vitro* de variedades de plantas resistentes a enfermedades como el plátano y la piña, lo que contribuye a la sostenibilidad de la agricultura.

Además de las terapias con células madre, en la medicina se ha logrado el trasplante de tejidos, por ejemplo, de la médula ósea y de la córnea, y de órganos como los riñones, el corazón, los pulmones y el hígado. Combinando el cultivo de tejidos epiteliales con el empleo de células madre, se ha logrado obtener piel para reponer la de individuos quemados.

Generalmente, los tejidos no existen en los **organismos** de forma aislada, sino que se integran formando órganos.

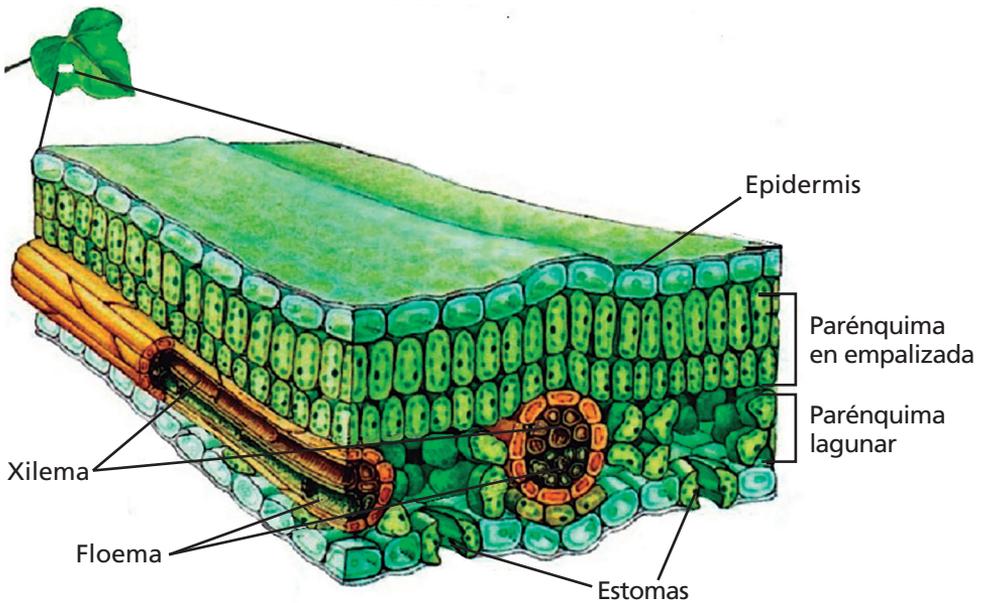


**Recuerda que...**

Un **órgano** es un conjunto de tejidos diferentes que, integrados estructural y funcionalmente, realizan una o más funciones en el organismo.

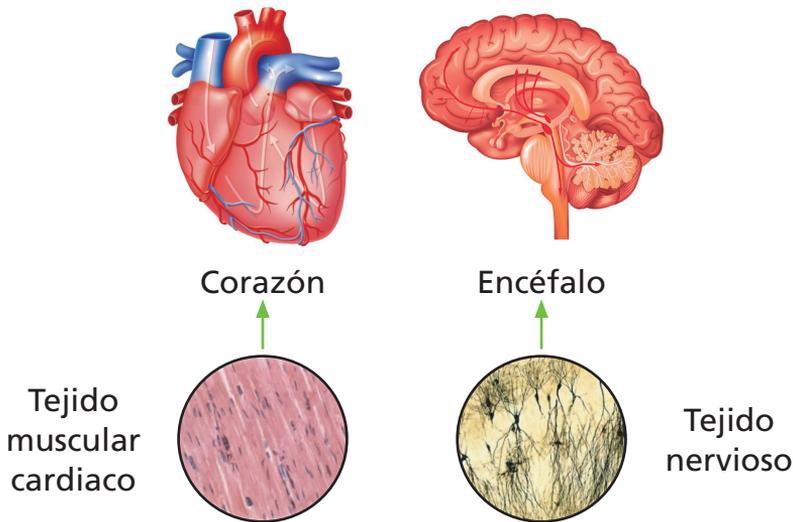
La función de cada **órgano** depende de la integración de todos los tejidos que lo forman y está en correspondencia con la función del tejido o los tejidos que en este predominan.

Si observamos al microscopio un corte transversal de una hoja de una planta, comprobamos la existencia de tejido epidérmico que la protege, a la vez que permite el intercambio de sustancias como el  $\text{CO}_2$  y el  $\text{O}_2$ , con el medio ambiente. También es posible observar la presencia de tejidos conductores, cuya función es el transporte de las sustancias necesarias en la fotosíntesis y sus productos resultantes. Sin embargo, el tejido que predomina es el parénquima clorofílico, rico en cloroplastos, donde se realiza la fotosíntesis, por eso la función fundamental de la hoja es la nutrición (fig. 4.61).



**Fig. 4.61** Integración de los tejidos vegetales en la formación de una hoja como órgano vegetal

En cada órgano de nuestro cuerpo están presentes los cuatro tejidos básicos, pero predomina uno o dos de estos, lo que está relacionado con las funciones principales que realiza. Por ejemplo, el corazón está formado fundamentalmente por tejido muscular cardíaco, revestido por tejido epitelial; las propiedades de contractilidad y excitabilidad que poseen las fibras musculares, hacen posible los movimientos de contracción y relajación del corazón y que este bombee la sangre hacia todo el cuerpo. Por otra parte, el cerebro humano está formado por tejido nervioso, epitelial y conectivo, pero en este predomina el tejido nervioso, con sus neuronas interconectadas; las propiedades de excitabilidad y conductividad de estas posibilitan el procesamiento de la información y la generación de impulsos nerviosos, lo cual permite la elaboración de las respuestas adaptativas (fig. 4.62).



**Fig. 4.62** Presencia de tejidos predominantes en dos órganos del cuerpo humano

Al observar la diversidad de plantas y animales, podemos afirmar que existe una gran diversidad de órganos con diferentes formas y características estructurales, como consecuencia de la especialización y la adaptación a diferentes condiciones del medio ambiente.

La especialización de los órganos está determinada por la correspondencia entre su estructura y funciones, con las características del medio ambiente, lo que permite el desarrollo de diversas adaptaciones en los órganos durante el proceso evolutivo.

Por ejemplo, en las plantas puedes observar la ubicación del parénquima de empalizada hacia el haz de las hojas y el lagunar hacia el envés (ver figura 4.61). La mayor presencia de estomas en el envés que en el haz, también es una adaptación que impide la pérdida de agua en las plantas, pues al incidir los rayos solares en el haz evapora el agua, lo cual se incrementaría si existieran muchos estomas en dicha superficie.

La presencia de hojas de muy pequeño tamaño con su superficie cubierta por una cutícula, es una característica frecuente en las plantas que viven en zonas desérticas, mientras que las hojas de las plantas de lugares muy sombreados, son anchas. Estas características constituyen adaptaciones resultantes del proceso evolutivo.

Podemos asegurar que no existe característica de los tejidos u órganos en los organismos, que no tenga su explicación en cómo la estructura confiere determinadas propiedades que permiten realizar su función en determinadas condiciones del medio ambiente, lo cual es una adaptación resultante del proceso evolutivo.

La mayoría de las plantas tienen su organización estructural en tejidos que interactúan entre sí formando órganos, como la raíz, el tallo, las hojas, las flores y los frutos; algunos biólogos, sin embargo, llegan a considerar por su complejidad, a las flores y los frutos como sistemas de órganos. En los animales los tejidos forman a los órganos y estos, a su vez, constituyen a los sistemas de órganos.



### Reflexiona

El trasplante de tejidos y órganos es una tecnología que permite salvar muchas vidas en el mundo. Sin embargo, se conoce que existen personas inescrupulosas, cuyo afán de lucro ha engendrado el contrabando de tejidos y órganos desde países subdesarrollados, lo que afecta a niños sin familia ni hogar y a personas pobres y desposeídas.

¿Crees correcto que existan personas que empleen sus conocimientos sobre los tejidos y los órganos humanos con objetivos de lucro? ¿Qué opinas de esta situación?

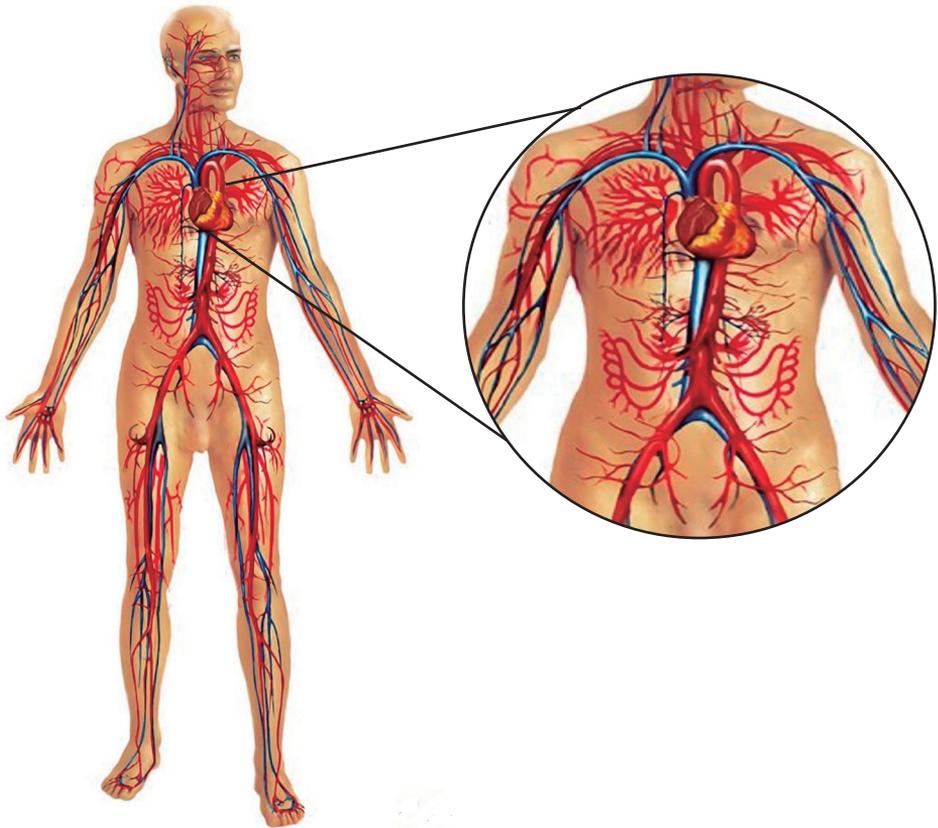
En los animales, los órganos se encuentran formando sistemas de órganos, como el digestivo, el cardiovascular, el nervioso, el endocrino, el renal, el inmunitario, el osteomioarticular, el tegumentario, entre otros, que están presentes también en el organismo humano.



### Recuerda que...

Un **sistema de órganos** es un conjunto de órganos relacionados estructural y funcionalmente presente en el organismo pluricelular, que realizan una o varias funciones en común.

Los órganos que forman un sistema están estrechamente relacionados entre sí, de forma tal que cualquier afectación en un órgano, afecta todo el sistema. Por ejemplo, el sistema circulatorio está constituido fundamentalmente por el corazón y los vasos sanguíneos (que son las arterias, las venas y los capilares). Las contracciones y relajaciones del corazón provocan el impulso de la sangre y con ello la circulación sanguínea, transportando así las sustancias nutritivas y el dióxígeno a todos los demás sistemas, órganos y tejidos del organismo humano (fig. 4.63).



**Fig. 4.63** La integración del corazón con la red de vasos sanguíneos en el sistema circulatorio



## Aplicación práctica

El alcohol (etanol) se metaboliza en el hígado, pero cuando la ingesta de bebida sobrepasa su capacidad de metabolizarlo, se eleva su concentración en sangre, provocando daños, tanto al hígado como al resto de los órganos, entre ellos el cerebro y el corazón. Por eso podemos asegurar que si un hábito tóxico como el alcoholismo, afecta uno de los órganos, se manifestarán daños en el metabolismo, en los órganos y sistemas de órganos y en el funcionamiento del organismo como un todo, por lo que puede conducir a otras enfermedades y a la muerte.

Los conocimientos con relación a la complejidad de los organismos unicelulares y pluricelulares son fundamentales para la comprensión adecuada de lo importante que es la diversidad biótica en el equilibrio de la naturaleza, y no solo por su importancia para satisfacer las necesidades de la humanidad.

### Comprueba lo aprendido

1. Compara los patrones unicelular y pluricelular que se manifiestan en la estructura de los organismos. Ejemplifica en cada caso.
2. ¿Qué importancia tiene la diferenciación celular en el desarrollo ontogenético de los organismos pluricelulares?
3. Valora y ejemplifica la afirmación siguiente: “En la diversidad de tejidos se manifiesta la especialización alcanzada durante la evolución de los organismos”.
4. Argumenta la afirmación siguiente: “Los tejidos no son la simple suma de las células que los forman”.
5. Ejemplifica un órgano vegetal y uno animal, y demuestra cómo se ponen de manifiesto en cada caso las características esenciales de un órgano.
6. Ejemplifica un sistema de órganos en el organismo humano y demuestra cómo se ponen de manifiesto sus características esenciales.
7. Observa en áreas de tu localidad la diversidad de formas de vida. Identifica las adaptaciones que se manifiestan en sus órganos y sistemas de órganos. Argumenta en cada caso.
8. En un estudio realizado con plántulas de tabaco, se detectó que estaban invadidas de orobanche. Esta es una planta parásita, que ocasiona severos daños a sus hojas, perjudicando su desarrollo foliar lo que provoca un deterioro general del organismo. Apoyándote en el ejemplo explica a qué se debe este efecto en las plantas.

9. Valora la importancia de la formación de los organismos pluricelulares en el desarrollo evolutivo de la vida en la Tierra.

A modo de conclusión, podemos plantear que la teoría celular es una de las principales generalizaciones de la biología y permite explicar la complejidad e integridad biótica. La existencia de dos grandes tipos celulares: las procariotas y las eucariotas, es la base para la comprensión de la unidad como de la diversidad, tanto a nivel celular, como de organismo. Ambos tipos celulares poseen los rasgos esenciales característicos de cualquier célula: la presencia de membrana citoplasmática, citoplasma y material genético, que están en un constante y dinámico intercambio de sustancias y energía con el medio ambiente, poseen metabolismo y se pueden dividir, lo que evidencia que a nivel celular se garantizan el mantenimiento y la perpetuación de la vida.

Las relaciones evolutivas entre procariotas y eucariotas son la base para comprender por qué hemos asumido una clasificación de los organismos vivos en tres dominios diferentes: **Bacteria** y **Archaea** son procariotas, mientras que los de **Eukarya** están constituidos por organismos con un tipo celular eucariota.

Pero la mayor relevancia de este conocimiento es, sin lugar a dudas, la comprensión de la importancia de las adaptaciones surgidas en todos estos subniveles durante el proceso evolutivo y su expresión en la diversidad biológica. No existe en la naturaleza una célula, un tejido, un órgano o un sistema de órganos que no refleje en sus adaptaciones la relación de correspondencia entre: estructura, propiedades y funciones, con las condiciones ambientales.

El conocimiento del nivel celular permite, además, explicar muchos fenómenos y procesos de la vida diaria, que van desde el mantenimiento de nuestra salud, hasta la protección, conservación y uso sostenible de la diversidad biológica, y su impacto en el equilibrio de la naturaleza. Es nuestra responsabilidad aplicar estos conocimientos con sabiduría y compromiso con la sostenibilidad de la vida.

## Desafíos

1. A partir de lo aprendido, investiga qué aplicaciones puede tener la teoría celular en las diferentes ramas del saber biológico.
2. Supón que en un estudio ambiental es necesario caracterizar los organismos encontrados en una muestra de agua de un río.

- a) Elabora una hipótesis en relación con el tipo celular de los organismos que pudieran estar presentes en la muestra.
3. Encontramos bacterias y arqueas en el fondo del mar, muy alto en la atmósfera y en las profundidades del subsuelo. Los intestinos de los mamíferos albergan gran cantidad de bacterias, pero estas no son simples huéspedes, ya que sintetizan vitaminas que los mamíferos no pueden producir y eliminan a los gérmenes más peligrosos. Después de leer esta información valora con tus compañeros de equipo si es posible la vida en la Tierra sin la presencia de las bacterias y las arqueas.
  4. Si analizamos a la bacteria *Treponema pallidum*, causante de la sífilis, y al protista flagelado *Trichomonas vaginalis*, observamos que ambos parasitan el tracto urogenital, tanto de hombres como de mujeres, provocando infecciones de transmisión sexual. ¿Qué diferencias y semejanzas encontramos entre estos?
  5. La elevación de la temperatura como resultado del cambio climático ha provocado el incremento de enfermedades infecciosas reemergentes como el cólera, producidas por microorganismos procariotas. Elabora una hipótesis para explicar esta situación.
  6. El hipoclorito de sodio es un agente oxidante que se agrega al agua porque destruye bacterias patógenas que contaminan el agua. Elabora una hipótesis que te permita explicar el efecto de esta sustancia en la integridad biótica de estas células procariotas.
  7. Las biopsias de órganos y tejidos son muy utilizadas en medicina para el diagnóstico de enfermedades. Investiga los procedimientos más comunes empleados y explica sobre la base de lo aprendido, por qué es tan útil esta técnica.
  8. En un laboratorio clínico se mantienen glóbulos rojos en una concentración isotónica (de igual concentración de solutos) en relación con el medio interno de los glóbulos rojos. ¿Qué explicación darías a este hecho? Si quisieras provocar la ruptura de la membrana citoplasmática de los glóbulos rojos, ¿qué harías?
  9. ¿Qué opinas sobre el uso en la investigación científica de células madre de origen embrionario u obtenidas de tejidos adultos? Realiza un balance de riesgos y beneficios de la aplicación de esta tecnología.
  10. ¿Has pensado por qué el consumo excesivo de sal común o cloruro de sodio (NaCl) afecta la salud humana? Elabora una hipótesis sobre la base de lo aprendido acerca de la integridad biótica y el dinamismo celular.

11. Imagina que nunca se hubiesen originado los organismos fotosintetizadores. ¿Existiría la vida en la Tierra como la conocemos? Argumenta.
12. Elabora una lista de argumentos para aceptar o refutar la teoría de Lynn Margulis sobre la base de las características de las células procariontas, las mitocondrias y los cloroplastos.
13. Investiga cómo se afecta la dinámica de las células epiteliales en los individuos que tienen fibrosis quística. Valora cómo esta afectación, en las células, se manifiesta también a nivel de organismo.
14. Muchas personas se oponen al uso de animales para probar la seguridad de los cosméticos y otras sustancias. Argumentan que podrían usarse métodos de prueba alternativos, como el uso de tejidos cultivados en el laboratorio. Tomando en cuenta lo que has aprendido en este capítulo, valora las ventajas y desventajas de las pruebas que usan tejidos específicos cultivados en el laboratorio, contra el uso de animales vivos.
15. Muchos jóvenes piensan que para divertirse es necesario consumir bebidas alcohólicas, ¿qué opinas tú? Vuelve a leer la sección, "Reflexiona", con relación al efecto del etanol en las células hepáticas y la salud humana. Explica cómo el alcohol (etanol) afecta la integridad biótica de las células y debate, con tus compañeros, qué hacer ante la presión de otros para consumir esta sustancia.
16. El humo del tabaco contiene más de cuatro mil sustancias, algunas de las cuales son tóxicas para todo el organismo y, particularmente, en el tejido epitelial que forma los alveolos pulmonares. Se sospecha que al menos sesenta de estas son carcinógenas. La nicotina, el principio activo del tabaco, es tóxica y altamente adictiva. El consumo de tabaco se ha relacionado con más de 25 enfermedades y es responsable del 90 % de las muertes que se producen en todo el mundo por cáncer de pulmón. Algunas personas piensan que el tabaco no es una droga.
  - a) ¿Qué opinas de esto?
  - b) ¿Qué sería lo más inteligente a hacer cuando alguien te convida a fumar?
  - c) Toma una decisión después de elaborar una lista de las posibles consecuencias del consumo de tabaco teniendo en cuenta la relación entre los tejidos y los órganos en el organismo humano.

17. Incrementa tu colección de recortes de artículos de revistas y periódicos con información acerca de los temas citológicos, enfermedades, biotecnología vinculada con el cultivo y manipulación de células, tejidos y órganos.
18. Localiza en internet algún artículo en idioma inglés acerca de un tema citológico y con ayuda de diccionarios trata de comprender su contenido esencial. Redacta un texto en español acerca de lo que comprendiste y comunícalo a tus compañeros en el aula.

## Actividades prácticas

### Práctica de laboratorio

#### Observación de microorganismos procariotas

**Objetivo:** observar en colaboración, microorganismos procariotas mediante el uso de técnicas de microscopía óptica y el instrumental del laboratorio escolar

**Materiales:** cultivos de procariotas, yogur natural, madre de vinagre, portaobjetos, cubreobjetos, gotero, azul de metileno, agujas enmangadas, papel de filtro, lápices de colores, microscopio óptico, cámara digital, lupa, bisturí, cápsula de Petri, mechero de alcohol y fósforos

#### Sugerencias para el desarrollo de la actividad

- Selecciona los equipos y útiles de laboratorio que usarás en esta actividad práctica.
- Vierte una gota de lo que conocemos como madre del vinagre en el centro de un portaobjetos, añade una gota de azul de metileno y cúbrelo. Elimina el exceso con el papel de filtro.
- Coloca la preparación en la platina del microscopio y observa con diferentes aumentos hasta llegar al mayor posible. Dibuja lo observado.
- Añade una gota pequeña de yogur en uno de los extremos de otro portaobjeto y realiza un frotis de la siguiente manera: toma otro portaobjetos entre el dedo índice y pulgar y pásalo horizontalmente formando un ángulo de 45 ° sobre la muestra de yogur, extendiéndola por la superficie del portaobjetos de base.
- Fija la muestra, dejando secarla al aire o flameando ligeramente con la llama de un mechero.

- Colorea con azul de metileno al 0,5 %, de manera que cubra la muestra durante un minuto.
- Lava la preparación sosteniendo el portaobjetos inclinado y añadiendo agua con un gotero o frasco lavador suavemente para no arrastrar las bacterias.
- Deja secar al aire, extrae el exceso de agua con el papel de filtro y colócalo en la platina del microscopio.
- Observa con el menor aumento del microscopio óptico y ve pasando a las lentes objetivas de mayor aumento. Dibuja lo observado.
- Compara este último dibujo con el que realizaste anteriormente en el paso tres, ¿son semejantes los microorganismos observados? ¿Por qué?
- Dirige tu atención a uno de los microorganismos observados, descríbelo. ¿Qué te permite inferir que posee estructura celular?

### Conclusiones

- Teniendo en cuenta lo observado en las muestras tomadas, elabora una definición de organismos unicelulares en la que aparezcan sus características fundamentales.
- Confecciona una lista de otros organismos unicelulares estudiados en grados anteriores que pueden ser observados en tu laboratorio escolar.
- ¿Por qué a pesar de dilucidar diferencias en los microorganismos observados en las diferentes muestras tomadas, hay semejanzas entre ellos? Argumenta.

## Práctica de laboratorio

### Observación de microorganismos eucariotas

**Objetivo:** observar en colaboración, microorganismos unicelulares eucariotas mediante técnicas de microscopía óptica y el equipamiento del laboratorio escolar

**Materiales:** cultivo de protistas, portaobjetos, cubreobjetos, frasco con agua, gotero, aguja enmangada, papel de filtro, lápices de colores, algodón, microscopio óptico, cámara digital, lupa, bisturí, embudo y cápsula de Petri

### Sugerencias para el desarrollo de la actividad

- Toma una gota de la muestra del cultivo de protistas y colócala en un portaobjetos.

- Ubica sobre la muestra una pequeña porción de fibras de algodón lo más extendida posible.
- Cubre la muestra del cultivo con las fibras bien extendidas con un cubreobjetos y elimina el exceso de agua que quede con un papel de filtro.
- Examina la preparación al microscopio óptico, cuidando no mojar la lente objetiva. Observa entre las fibras de algodón. Regula la luz mediante el diafragma, lo que permitirá contrarrestar la transparencia de los microorganismos; de no localizarlos repite los pasos anteriores.
- Dibuja lo observado.
- Compara este dibujo con los que realizaste en la actividad práctica anterior. ¿Observas similitudes entre ambos dibujos? ¿Por qué?
- Plantea las diferencias que poseen ambos dibujos.
- Analiza con tus compañeros y el docente los posibles errores cometidos.

### Conclusiones

- ¿Qué características definen al tipo de célula observada? ¿Cuáles partes observaste con el empleo del microscopio óptico?
- Confecciona una lista de otros organismos unicelulares eucariotas estudiados en grados anteriores que pueden ser observados en el laboratorio escolar.
- ¿Qué partes de las células se observarían a los microorganismos utilizados en esta muestra, si se hubiese empleado para ello un microscopio electrónico?

## Práctica de laboratorio

### Observación de los efectos de la ósmosis en células vegetales

**Objetivo:** observar en colaboración, los efectos de la ósmosis en células vegetales mediante técnicas de microscopía óptica y el equipamiento del laboratorio escolar

**Materiales:** hoja de cordobán o cucaracha, portaobjetos, cubreobjetos, gotero, vaso de precipitado con agua, frasco lavador, bisturí o cuchilla, agujas enmangadas, pinzas, papel de filtro, lápices de colores, disolución de NaCl al 2 % (2 g de sal en 100 g de disolución acuosa), microscopio óptico, equipos y útiles de laboratorio, cámara digital y televisor

### Sugerencias para el desarrollo de la actividad

- Prepara el microscopio óptico teniendo en cuenta las medidas de seguridad para su cuidado y conservación.
- Selecciona dos portaobjetos, añade en el centro del primero uno o dos gotas de agua y, en el segundo, una o dos gotas de la disolución de cloruro de sodio (NaCl). Identifícalos con un lápiz de color.
- Selecciona una de las hojas de cualquiera de las plantas colectadas. Realiza dos cortes longitudinales en la superficie del envés. También puedes aplicar la técnica del al lado de la epidermis. Cada muestra debe ser de aproximadamente cinco milímetros. Deposítalas en los portaobjetos preparados.
- Cubre la muestra colocada con agua. Elimina las burbujas de aire y el exceso de líquido.
- Coloca esta preparación en la platina del microscopio óptico. Localiza las células que tienen el citoplasma coloreado. ¿Ocupa todo el interior de estos? Dibuja lo observado e identifica los componentes de la célula.
- Clasifica las células observadas en el paso anterior y compáralas con la célula de una bacteria y con la de un animal. ¿A qué conclusiones puedes llegar?
- 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 4 o 5 min. ¿Qué cambios observas en el citoplasma con relación a la preparación anterior?
- Con la ayuda de la aguja enmangada separa el cubreobjetos de la preparación con la disolución de NaCl. Auxíliate del papel de filtro y elimina el líquido que rodea a la muestra.
- 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.
- Observa nuevamente al microscopio óptico. ¿Qué cambios observas en el citoplasma? Compáralo con lo observado en el paso cinco. Realiza el dibujo correspondiente.
- Recuerda, antes de concluir la actividad práctica, retirar de la platina la preparación microscópica y ordenar el puesto de trabajo.

### Conclusiones

- ¿A qué atribuyes los cambios observados en el citoplasma de las células?



aplicaciones en diferentes ramas como la agricultura, la medicina, la minería, la protección y conservación sostenible del medio ambiente.

- Lee la sección “Reflexiona” sobre el empleo de los procariontes metanogénicos en la producción de biogás. Algunos consideran que los biodigestores son innecesarios y producen mal olor, otros defienden que son de gran utilidad y que ayudan a resolver la problemática energética ambiental.
- Reflexiona y valora estas posiciones y decide cuál de las dos es la correcta de acuerdo con tus criterios.
- Ten en cuenta que el metano es un gas con efecto invernadero, por lo que su liberación a la atmósfera incrementa los efectos del cambio climático. Debate tus criterios con tu grupo.
- ¿Consideras correcto que los científicos utilicen sus conocimientos sobre las bacterias para la producción de armas biológicas? ¿Qué harías tú en su lugar?
- ¿Qué son los microorganismos modificados genéticamente y por qué es necesario aplicar la seguridad biológica durante su utilización?
- Investiga en policlínicos, hospitales o centros de investigación de tu comunidad, qué medidas de seguridad biológica deben adoptarse para evitar contaminaciones con bacterias patógenas, o microorganismos modificados genéticamente que se utilizan en la producción biotecnológica y sean liberados al medio ambiente.
- Indaga en revistas, periódicos e internet acerca de la utilización que han tenido los microorganismos en la guerra biológica. ¿Qué opinas sobre esta forma de utilizar a los microorganismos en contra de la humanidad?
- Indaga en tu comunidad, cuáles son las profesiones en las que los conocimientos de la célula eucariota y procariota tienen aplicación.

# CAPÍTULO 5

## Las relaciones de los organismos en el medio ambiente

*[...] Hágase más racional la vida humana. Aplíquese un orden económico internacional justo. Utilícese toda la ciencia necesaria para un desarrollo sostenido sin contaminación. Páguese la deuda ecológica y no la deuda externa. Desaparezca el hambre y no el hombre.<sup>1</sup>*

*Fidel Castro Ruz*

Los científicos predicen consecuencias catastróficas como resultado de la agudización del cambio climático y su interrelación con otros problemas ambientales. Además de la presión que la actividad humana impone, la biodiversidad se afecta por la influencia combinada de los escenarios climáticos, hidrológicos y marino-costeros. La agudización de los períodos de seca, la ocurrencia de lluvias intensas, la elevación de la temperatura, la sobre-elevación del nivel del mar y el incremento de sus penetraciones, así como de la intensidad y frecuencia de fenómenos extremos como los huracanes, son expresión de estos escenarios que afectan a la diversidad biológica (fig. 5.1).



**Fig. 5.1** El cambio climático como la mayor amenaza a la vida en la Tierra

<sup>1</sup> Fidel Castro: "Discurso pronunciado en la Conferencia de Naciones Unidas sobre medio ambiente y desarrollo", Río de Janeiro, Brasil, 1992.



## Reflexiona

- ¿Por qué el cambio climático afecta la biodiversidad y la naturaleza?
- ¿Cuáles son las afectaciones que este provoca sobre la salud y la calidad de vida humana?
- ¿Cómo podemos mitigar sus impactos y adaptarnos a este?

Responder estas preguntas y develar las causas y relaciones del cambio climático con otros problemas ambientales, implica la necesidad de estudiar las bases científicas de la complejidad de las relaciones que existen entre los diferentes seres vivos y con el medio ambiente. Estos conocimientos te permitirán resolver problemas sobre temas vinculados con la naturaleza desde una postura bioética, basada en la responsabilidad ciudadana con su protección, conservación y uso sostenible, así como en la aplicación de la ciencia y la tecnología en las diferentes esferas de la vida.

## 5.1 La investigación ecológica tiene en cuenta las interacciones entre los factores y componentes del medio ambiente en los diferentes niveles

Los seres humanos, al comprender su entorno y transformarlo, se enfrentan continuamente a incógnitas, que han tenido que responder apoyándose en el legado histórico de sus antecesores y los nuevos conocimientos que aporta el quehacer científico (fig. 5.2). Como ya conoces de grados anteriores, la interacción de los organismos con el medio ambiente es una condición indispensable desde el surgimiento de la vida, pues cualquier cambio repercute directa o indirectamente en la vida de los organismos.



**Fig. 5.2** Observación del paisaje de la reserva de la biosfera Sierra del Rosario por una investigadora durante una práctica de campo

En el capítulo anterior profundizaste en el estudio de la célula como unidad de estructura y función de los organismos vivos. Las funciones y procesos metabólicos que permiten el mantenimiento de la vida dependen del intercambio regulado de sustancias, energía e información con el medio ambiente. Tales sustancias son incorporadas al organismo desde el medio donde se desarrollan. Un cambio en el medio puede afectar los componentes que se requieren en los procesos vitales y constituye un estímulo, ante el cual los organismos deben reaccionar, manifestando una respuesta adaptativa a las nuevas condiciones. Por otro lado, los organismos, al intercambiar con el medio ambiente también lo transforman. Un ejemplo relevante es la llamada “revolución del dióxígeno” que ocurrió como consecuencia del origen de organismos fotosintetizadores en la Tierra.

La **ecología** como rama de la biología se ocupa del estudio científico de las interrelaciones que se producen entre los diferentes componentes del medio ambiente. El término fue propuesto en 1869 por el zoólogo alemán Ernest Haeckel, sin embargo, no cabe dudas de que sus estudios se iniciaron mucho antes. El desarrollo de la ecología ha realizado importantísimos aportes al desarrollo de la biología como ciencia aportando nuevos enfoques al estudio de la evolución y a la comprensión del lugar que ocupamos los humanos en la naturaleza. Los conocimientos ecológicos son básicos en la interpretación y búsqueda de soluciones a los problemas ambientales.

Los seres humanos transforman su entorno en el mantenimiento de su vida. Sin embargo, los efectos de la actividad humana sobre el medio ambiente están provocando consecuencias que pueden llegar a ser irreversibles. El poder de las transnacionales y de los países industrializados, basados en la maximización del consumo y las ganancias, imponen patrones de producción y consumo que implican la destrucción de la naturaleza (fig. 5.3).



Deforestación



Desertificación



Incendios

**Fig. 5.3** Degradación del medio ambiente, un problema global de actualidad

Dominar los conocimientos que brindan las ciencias como la ecología, es de mucha utilidad en este tiempo, por la inminente necesidad de buscar formas sostenibles de desarrollo que aseguren la continuidad de la vida en nuestro planeta. Partiendo de todos estos elementos y por la importancia que reviste para las nuevas generaciones estos saberes, cuando todavía podemos hacer algo para salvar nuestro planeta, vamos a dedicar esta unidad al estudio de la complejidad de las relaciones que se establecen entre los componentes de los niveles ecológicos, sus propiedades y su funcionamiento íntegro y dinámico.



### ¿Sabías que...?

El 5 de junio de cada año se celebra el Día Mundial del Medio Ambiente. Este fue establecido por la Asamblea General de las Naciones Unidas en 1972. En este día dicha organización estimula la sensibilización mundial acerca del entorno e intensifica la atención y la acción política.

Ya conoces que el dióxido de carbono es fundamental en el proceso fotosintético. Sin embargo, las excesivas emisiones de este gas amenazan el equilibrio ecológico por alteraciones graves del clima, ya que incrementan el efecto invernadero producido por este gas. Esto ha provocado el incremento del calentamiento global en los últimos treinta a cuarenta años, cuyos efectos conocemos como el actual cambio climático. Con anterioridad, estudiaste sobre la gran importancia de los microorganismos fotosintetizadores que, junto a los bosques, son considerados los principales sumideros de CO<sub>2</sub> en la naturaleza.



### Reflexiona

¿Qué ocurrirá en la naturaleza si la humanidad continúa destruyendo 16 millones de hectáreas de bosques al año y afectando a los organismos fotosintetizadores que viven en los océanos mediante su contaminación?

¿Qué conocimientos ecológicos necesitamos para la búsqueda de una solución a este problema?

Las respuestas a estas preguntas dependen de lo que entendemos por medio ambiente y del estudio de las interrelaciones que en él se producen. La definición de medio ambiente ha variado a lo largo del desarrollo de la ecología y del pensamiento ambientalista. Existió, y aún persiste en muchas personas, una concepción antropocentrista que considera solamente a los aspectos naturales, separando a los seres humanos y su actividad sociocultural.

Las evidencias científicas sustentan una concepción más integradora, que incluye a la especie humana y todas sus realizaciones culturales que, a su vez, influyen en los demás componentes bióticos y abióticos.

El **medio ambiente** es un sistema complejo y dinámico de interrelaciones entre factores abióticos, bióticos y socioculturales, con los cuales interactúan los organismos vivos.

El medio ambiente incluye a las sociedades, el patrimonio histórico-cultural creado por la humanidad, la propia humanidad, y como elemento de gran importancia las relaciones sociales y la cultura.

El objetivo principal de la ecología es estudiar las relaciones entre los componentes del medio ambiente y los factores que inciden en los organismos, las poblaciones y los ecosistemas. Estos conocimientos son básicos para asumir conductas y acciones que permitan evitar, eliminar o mitigar las afectaciones que la actividad humana provoca en el medio ambiente, a tomar conciencia respecto a su pertenencia a la naturaleza.



### De la historia

La Conferencia de Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo celebrada en Río de Janeiro en 1992, más conocida como la Cumbre de la Tierra, puso de manifiesto la necesidad de impulsar un desarrollo equilibrado que no hipotecara el futuro del planeta; en esta cumbre se debatieron temas como la superpoblación humana, el cambio climático, la deforestación, la desertificación y la extinción de las especies. A pesar de que las medidas propuestas no tuvieron el apoyo de grandes potencias, como Estados Unidos o Canadá, la Cumbre de la Tierra dio un notable impulso a la política medioambiental en todo el mundo.

#### **5.1.1 ¿Cuáles son los factores y componentes del medio ambiente que influyen en la vida de los organismos?**

La influencia del medio ambiente sobre los organismos vivos es muy diversa, por lo que existen diferentes factores que posibilitan o limitan su desarrollo. Estos factores se pueden clasificar en factores abióticos, factores bióticos y factores socioculturales.

Los **factores abióticos** pueden ser de naturaleza física o química. Entre estos se pueden citar la temperatura, la humedad, la iluminación, entre otros.

Los **factores bióticos** los constituye la gran diversidad de organismos que influyen de manera directa o indirecta en la vida de otros organismos. Nos referimos a la flora, la fauna, la microbiota, los humanos y sus relaciones. Como resultado del proceso evolutivo se originó la gran diversidad de organismos que viven en el planeta, con características morfológicas, fisiológicas, conductuales y grados de complejidad diferentes, ya que se han adaptado a distintos hábitats.

Entre los organismos vivos que habitan el planeta, uno muy especial ha alcanzado un mayor grado de complejidad, no solo biológica, sino sociocultural: el ser humano, creador de cultura, el cual es un componente importante del medio ambiente actual en nuestro planeta.



### Recuerda que...

La **cultura** consiste en todas las creaciones humanas desarrolladas por las sociedades a través de los tiempos.

Los **factores socioculturales** o **antropogénicos**, que influyen en la vida de los organismos, están dados por la actividad humana y su influencia los cuales incluyen la producción material, los conocimientos científicos, los mitos, las creencias, las innovaciones tecnológicas, los elementos socioeconómicos, las diferentes organizaciones político-administrativas, la memoria histórica, los principios éticos, las ideas estéticas, las creaciones artísticas y tecnológicas, entre otros.

El impacto combinado de las acciones humanas que pretenden obtener la utilidad máxima de la agricultura, el turismo, el transporte, así como los recursos hídricos y forestales, causa a su paso la extinción masiva de especies y el agotamiento de los recursos naturales. Los problemas ambientales actuales son el resultado de comportamientos sociales insostenibles impuestos por la modernidad, y basados en la idea de dominación sobre la naturaleza. Hoy el reto es lograr que la humanidad y cada uno de nosotros cambie culturalmente, desde una relación expoliadora de la naturaleza, a sentirse responsable con su protección, conservación y uso sostenible.

Debemos tener en cuenta que en el medio ambiente todos los factores están interrelacionados. El funcionamiento de cada organismo está

determinado, desde el punto de vista ecológico, por las características de los factores ambientales. Este desarrollo es limitado, tanto si estos factores se presentan por defecto o por exceso de acuerdo con las necesidades del organismo.



### Aplicación práctica

En la agricultura son varios los ejemplos de factores que pueden limitar la producción:

- Cualquier elemento mineral del suelo que se encuentre en defecto o en exceso de acuerdo con las necesidades del cultivo.
- La presencia de una plaga o enfermedad, aun existiendo condiciones óptimas de los demás factores.
- El establecimiento de plantas indeseables, aun existiendo condiciones óptimas de fertilidad del suelo, humedad, entre otros.
- El control del drenaje, aunque mantengamos en condiciones óptimas los demás factores, en un cultivo que requiera buena aireación del suelo.

En el estudio del medio ambiente se emplean determinadas categorías ecológicas que permiten la comprensión de la complejidad e integridad de las relaciones que se establecen entre todos sus componentes como son el medio, el sustrato, el hábitat y el nicho ecológico.

Seguramente has observado que algunos organismos viven en el suelo, otros en estanques, algunos se desarrollan en el estiércol, otros viven en la sangre de los vertebrados, ciertos nemátodos viven en el vinagre. Ya conociste que ciertas arqueas pueden vivir en aguas termales o con gran acidez. En todos los casos el medio es un líquido o un gas y generalmente se trata de agua o aire.

El **medio** es la fase fluida del ambiente que rodea inmediatamente al organismo, con la que mantiene un constante intercambio de sustancias, energía e información.

A partir de esta definición, pudiera parecer que los animales y las plantas que viven en el suelo firme o en el fango son una excepción. Una observación minuciosa de los organismos revela que los materiales que se hallan en inmediato contacto con ellos forman siempre una película de agua o de aire.

El hecho de que el aire y el agua sean los dos medios principales determina que existan dos tipos: terrestre y acuático (fig. 5.4). Este último puede ser de agua dulce o de agua salobre, cuyas propiedades son totalmente distintas. La separación entre ambos medios no es absoluta, pues varios gases atmosféricos están disueltos en el agua y en la atmósfera existe cierto grado de humedad.



**Fig. 5.4** Organismos vivos adaptados a los medios acuático y terrestre

En un mismo medio, por ejemplo, el acuático, los organismos pueden desarrollar su vida en diferentes hábitats más específicos: unos en las aguas superficiales, otros en el fondo o en la orilla.

Es necesario distinguir entre el medio y el sustrato sobre el cual viven los organismos en su **biotopo**.

Se entiende por **biotopo** al área de condiciones ambientales uniformes que provee espacio vital a un conjunto de organismos.

El **sustrato** es la superficie sobre la que un organismo se fija, se desplaza o se apoya, en la cual transcurre su vida.

El sustrato satisface determinadas necesidades básicas de los organismos, como la fijación, la nutrición, la protección, la reserva de agua, entre otras. Por ejemplo: el tronco de un árbol es el sustrato en el que se desarrolla un líquen, en determinados hongos es la piel de un animal, el suelo es el sustrato de innumerables especies, ya que en él viven muchos microorganismos y animales (fig. 5.5).



**Fig. 5.5** El suelo, sustrato fundamental de las plantas y muchos de los animales y microorganismos de la Tierra

Para comprender el significado de las categorías hábitat y nicho ecológico, podemos analizar el ejemplo de la estrella de mar que se observa en la figura 5.6.

Podemos encontrar estrellas de mar en las zonas costeras a profundidades de hasta 200 m, tanto en aguas frías como tropicales, preferentemente en zonas con una salinidad de al menos, un 0,8 %. Suelen alimentarse de moluscos, aunque también pueden hacerlo de cadáveres de animales marinos, contribuyendo al saneamiento de los fondos marinos.

Como te habrás percatado en el ejemplo antes descrito, no existen estrellas de mar en cualquier lugar de los océanos, sino en aquellos en los que existen las características descritas y que constituyen su hábitat.



**Fig. 5.6** Estrellas de mar: organismos acuáticos que se adhieren a las rocas o las gravas de las costas y debajo de estas

El **hábitat** es el espacio o lugar donde reside una población de una especie y que reúne las condiciones que les permiten su reproducción y desarrollo.

En los hábitats se manifiestan características diferentes en dependencia de condicionamientos climatológicos, geográficos y, por supuesto, de las interacciones que se manifiestan entre los factores ambientales. Ya conoces que los organismos desarrollan adaptaciones a los diferentes hábitats como resultado de la evolución, lo cual es una causa fundamental de la biodiversidad (fig. 5.7).



**Fig. 5.7** Adaptación a los diferentes hábitats de los organismos en el medio ambiente. De izquierda a derecha, ave en la ribera de un río y helechos en un bosque húmedo

La función que realizan los organismos constituye su **nicho ecológico**, y está muy relacionada con su hábitat. En ecología, un nicho es un término que describe la posición relacional de una especie o población en el medio ambiente.

El **nicho ecológico** es la función que desempeñan los organismos de una especie en el ecosistema donde se desarrollan.

El nicho ecológico de los organismos fotosintetizadores es servir de alimento de los animales herbívoros, al transformar la energía radiante de la luz en energía potencial de los compuestos orgánicos que las forman. Muchas plantas sirven de refugio a otros animales o como sitio de nidificación. Existen muchos animales que como parte de su nicho ecológico contribuyen a la polinización de determinadas plantas como, por ejemplo, las abejas y las mariposas.

En los manglares, las plantas de mangle sirven de alimento, refugio y sostén a innumerables especies de algas, peces, reptiles y mamíferos como las jutías. Entre los invertebrados que abundan en los manglares se en-

cuentra el ostión de mangle, cuyo nicho ecológico consiste, entre otras funciones, en filtrar el agua y alimentarse de los organismos del plancton. Pero dentro de su nicho ecológico también está el servir de alimento a las estrellas de mar.

Toda especie realiza un conjunto de funciones en los lugares donde vive, que están determinadas por las interrelaciones que se establecen entre todos los factores ambientales. A su vez, en el medio ambiente todo está conectado mediante una compleja red de interrelaciones. Su estudio es fundamental para evitar que la actividad humana interfiera en estas relaciones hasta el punto que provoque desequilibrios y los problemas ambientales que nos acosan. La ecología como ciencia ha organizado el estudio de estas interrelaciones por niveles ecológicos, para una mejor comprensión.

### 5.1.2 ¿Qué niveles se estudian en las investigaciones ecológicas?

Con el objetivo de estudiar las relaciones de los organismos con el medio ambiente, se pueden considerar seis niveles de organización ecológicos, los cuales tienen una relación gradual (esquema 5.1).



**Esquema 5.1** Relación sistémica entre los niveles ecológicos

En el **nivel ecológico biosfera** se realiza el estudio más global de los problemas ambientales, por ser donde se manifiesta la mayor complejidad.

El rasgo más característico de la biosfera es su diversidad. Los organismos vivos que la constituyen son muy diferentes entre sí en sus formas, adaptaciones, en el modo como realizan sus funciones vitales y en sus conductas. Esta diversidad ha sido el resultado de la evolución a lo largo de millones de años.

Las características de nuestro planeta determinan diferencias en la manifestación de los factores ambientales, por ejemplo, la distribución de la vida no es uniforme cuantitativa ni cualitativamente. Esto determina que en la biosfera se observe diversidad de paisajes los cuales a su vez están formados por ecosistemas.

En la biosfera se observan lugares de diferentes apariencias, determinados por la geomorfología y la conectividad entre los diferentes factores del medio ambiente y constituyen los paisajes.

Los **paisajes** son áreas de la superficie terrestre producto de la interacción de los diferentes componentes y factores presentes en ellas y que tiene un reflejo visual en el espacio. Los paisajes están formados por ecosistemas interconectados.

Hay ecosistemas muy complejos que poseen una elevada biodiversidad, ya que en ellos existen un gran número de especies, como ocurre en un bosque, una playa o una sabana. Los ecosistemas incluyen sistemas de organismos de diferentes especies que se encuentran en mutua interacción y dependencia formando comunidades. Las comunidades a su vez están formadas por poblaciones diferentes (fig. 5.8).



**Fig. 5.8** Ejemplos de una población de cocodrilos cubanos y una comunidad en la Ciénaga de Zapata

Una de las funciones de las ciencias ecológicas es enseñar a respetar, amar y disfrutar de la naturaleza, un patrimonio común de la humanidad cuya conservación involucra a todos por igual. Para lograr esta aspiración, la ecología se basa en la observación exhaustiva de las manifestaciones de la vida y sus relaciones en la naturaleza, mediante estudios de monitoreo.

La observación es apoyada por otros métodos científicos que permiten la obtención y procesamiento de datos, la utilización de la estadística, la modelación de procesos, entre otros. Los investigadores también tienen que decidir cómo hacer la investigación, de manera que se reduzca al mínimo su interferencia en los procesos naturales. Las colectas de organismos deben estar reguladas por principios bioéticos basados en la responsabilidad de los científicos, pues no tiene sentido destruir la vida para estudiarla, sino para protegerla y conservarla.

Una mayor conciencia general sobre los problemas ambientales pondrá de manifiesto que la Tierra no es un pozo inagotable de recursos, y que solo su uso sostenible y el esfuerzo común para conseguirlo, puede ayudar a corregir el alarmante desequilibrio ecológico que el planeta presenta, cuando todavía podemos hacer algo para salvarlo.

### Comprueba lo aprendido

1. ¿Sería posible desarrollar acciones de adaptación y mitigación de los impactos del cambio climático sin el estudio de los diferentes niveles ecológicos? Ejemplifica.
2. Investiga cuál es el medio, el sustrato, el hábitat y el nicho ecológico en cada uno de los siguientes ejemplos:
  - a) El fitoplancton
  - b) El zooplancton
  - c) Pequeños animales que viven en la arena húmeda de las playas
  - d) Parásitos que viven en la sangre de los vertebrados
  - e) Peces que viven en un estanque
  - f) Plantas de un cultivo
3. Un bosque semideciduo tropical de nuestro país, en la península de Guanahacabibes, se caracteriza por la diversidad de plantas y animales. En la época de sequía, los árboles más altos pierden sus hojas y el resto las conserva durante todo el año. Entre los representantes de la flora se destacan las especies de almácigo, la caoba, el cedro y el sabicú.

Como representantes de la fauna se encuentran la jutía conga, el pájaro carpintero, el majá y los insectos devoradores de madera.

- ¿Cuál es el nicho ecológico de los insectos y de la caoba?
- Identifica en este bosque los niveles ecológicos que se evidencian.
- Propón algunas medidas que pondrías en práctica para proteger dicho bosque.

## 5.2 Los organismos reciben la influencia de factores abióticos del medio ambiente y sobreviven adaptándose a estos

Ya conoces que muchos científicos piensan que la vida podría haber surgido en las grietas o respiraderos hidrotermales que se encuentran en los fondos de los océanos donde la temperatura del agua es tres veces mayor que la temperatura de ebullición del agua que es de 100 °C. El agua en las fuentes hidrotermales puede ebullición a 357 °C. Estas aguas sulfuradas al exponerse a altas temperaturas toman apariencias de extrañas chimeneas que en vez de humo sueltan agua negra, pero lo más asombroso no es que el agua allí sea tan caliente, ni que sea negra, sino que alrededor de estas fuentes hidrotermales hay vida.

Se trata de organismos únicos adaptados a este medio ambiente extremo donde además de haber temperaturas muy altas, no existe luz y aunque te pueda parecer increíble, la fauna allí es mucho más rica que en algunas zonas menos profundas del océano. Hasta la fecha se han identificado más de 235 especies capaces de vivir en estos ambientes.



### Reflexiona

¿Cómo puede existir vida en un lugar tan profundo, caliente y sin luz?

¿Cómo influyen determinados factores físicos o químicos en la vida de los organismos en dependencia del medio donde se desarrollen?

En el epígrafe anterior se analizó que el medio ambiente está integrado por distintos componentes que determinan el espacio en el cual habitan los organismos. En este actúan factores de diversa naturaleza que regulan el crecimiento de las poblaciones y varían según el ecosistema. Cuando estos factores son de naturaleza física o química se les denominan factores abióticos (no vivos).

Entre los factores físicos se incluye: la iluminación, la temperatura, la presión, el viento, las características físicas del suelo, y otros. Entre los quí-

micos se encuentran: la humedad, el pH, la salinidad, así como la presencia de dióxigeno, dióxido de carbono de los distintos nutrientes, entre otros.

En este epígrafe analizaremos en algunos de estos factores por su importancia como reguladores de la distribución y la abundancia de especies en un ecosistema y las adaptaciones que en respuesta a estos factores han desarrollado los organismos en la historia evolutiva.

### 5.2.1 ¿Qué adaptaciones presentan los organismos con relación a factores físicos del medio ambiente?

Cada organismo puede sobrevivir solamente en ambientes donde existen determinados factores físicos que le proporcionan las condiciones necesarias en su vida. Aunque todos estos factores son importantes, aquí solo estudiaremos la influencia de la radiación, la temperatura y la presión en los organismos vivos y las diferentes estrategias adaptativas desarrolladas en el proceso evolutivo.

La **radiación**: prácticamente toda la energía radiante que recibe la superficie de la Tierra procede del Sol. La emisión solar que alcanza la Tierra está un poco modificada por el propio campo magnético del planeta, que desvía parte del flujo de energía solar y abarca un amplio espectro de longitudes de onda. En términos generales se distinguen la radiación de onda corta o ultravioleta (por debajo de 360 nm), la luz visible (entre 360 nm y 760 nm) y la radiación infrarroja, de más de 760 nm.

Los organismos se han adaptado a la influencia de la luz utilizando su energía radiante en los procesos nutritivos (fotosíntesis), en movimientos de orientación hacia la luz (fototropismo), mediante el desarrollo de órganos capaces de transformar la luz en imágenes visuales (ojos) o estructuras protectoras de los rayos dañinos (melanóforos de la piel), entre otras (fig. 5.9).



**Fig. 5.9** Adaptaciones de los organismos a la iluminación: de izquierda a derecha, coloración de las alas de las mariposas, coloración de la cola del pavo real y hojas verdes de una planta

La **temperatura**: tanto el frío como el calor son factores que influyen y regulan la vida de los organismos. De forma general, al bajar la temperatura se forman cristales dentro de las células, por el alto contenido de agua de estas. Cuando el agua, en forma sólida, se separa de los compuestos a los que estaba unida, aumenta la concentración de electrolitos en el agua residual, lo cual hace variar el pH y puede transformar irreversiblemente a las proteínas. El agua líquida residual puede ser insuficiente en el mantenimiento de las proteínas en solución, o sus enlaces. Los daños provocados a los organismos por las altas temperaturas son irreversibles, fundamentalmente si se trata de la desnaturalización de las proteínas y del ADN.

Durante el transcurso de su evolución, los organismos desarrollaron determinadas adaptaciones anatómicas, funcionales y conductuales que les permiten sobrevivir entre determinados límites de temperatura. Por debajo o por encima de estos límites ocurre la muerte.

La presencia de abundante agua en las células actúa como termorregulador, especialmente en aves y mamíferos, donde una gran cantidad de su energía interviene en la conservación de una temperatura constante y óptima, de modo que las reacciones químicas vitales se realicen eficientemente.

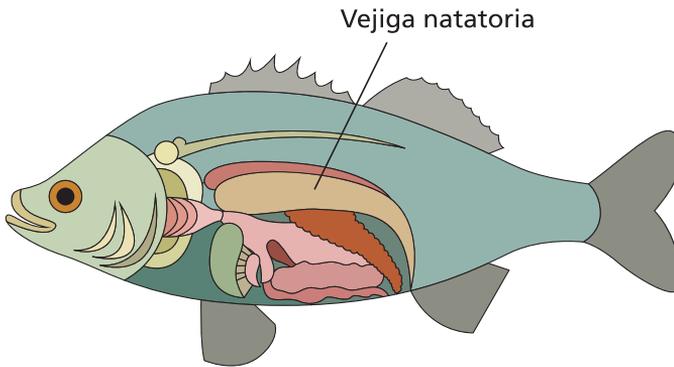
En los organismos que no presentan estos procesos de regulación de su temperatura corporal (por ejemplo, los peces, los anfibios y los reptiles) es imprescindible la exposición al Sol como fuente de calor cuando deban elevar su temperatura o evitar la radiación, manteniéndose frescos. Por otra parte, cuando el agua se evapora desde la superficie de la piel o de la superficie de las hojas de una planta, las moléculas de agua arrastran consigo calor. Esto funciona como un sistema refrescante en los organismos.

Otras adaptaciones que han permitido a los organismos sobrevivir al frío son: profundizar en el suelo, disminuir el porcentaje total de agua o eliminarla totalmente, como en las semillas secas y las esporas, producir sustancias que disminuyan el punto de congelación del agua, la hibernación, entre otras. La resistencia al calor, por otra parte, ha sido posible mediante adaptaciones como las colas, orejas y patas más largas que permiten disipar mejor el calor.

La **presión**: esta es otro factor físico que afecta la vida de los organismos. Estos generalmente no pueden soportar presiones tan elevadas como las que se registran en las grandes profundidades marinas, sin embargo,

los organismos han respondido a esto con interesantes adaptaciones. Por ejemplo: a profundidades de hasta 10 500 m se pueden encontrar anémonas, holoturias, bivalvos y crustáceos; a dicha profundidad la presión es de 1 050 atmósferas (1 t/cm<sup>2</sup>) pero dichos organismos la toleran porque han desarrollado procesos fisiológicos que producen una presión interna en sus cuerpos, equivalente a la externa.

Los efectos de la presión sobre la materia viva, se demuestra en los peces que viven a gran profundidad y poseen vejiga natatoria (fig. 5.10); cuando estos animales son arrastrados hasta la superficie, la vejiga se distiende y los peces mueren por esta causa. Los organismos del plancton responden a cambios de presión y utilizan la presión hidrostática como referencia en sus migraciones.



**Fig. 5.10** Vejiga natatoria de los peces como ejemplo de adaptación a los cambios de presión del agua a diferentes profundidades

Algunos animales perciben los cambios bruscos de presión que anteceden a la llegada de una tormenta y les permite protegerse a tiempo.

### ***5.2.2 ¿Cómo se adaptan los organismos ante la influencia de factores químicos del medio ambiente?***

La presencia de diferentes sustancias químicas en el medio ambiente que influyen en la vida de los organismos, está relacionada con el desarrollo de adaptaciones que les permiten vivir en ambientes de carencia o exceso de estas. Entre estas sustancias las más importantes son el agua, los ácidos, las bases, el dioxígeno, el dióxido de carbono, las sales minerales, entre otras. A continuación, analizaremos las adaptaciones desarrolladas en algunas de estas.

El **agua (humedad)**: la humedad ambiental se refiere a la cantidad de vapor de agua presente en el aire. Las plantas terrestres absorben agua por las raíces, la pierden por transpiración y se marchitan si pierden más agua de la que reciben. La marchitez se puede relacionar en cada especie con un contenido mínimo de agua en el suelo, que no es constante. Las adaptaciones de las plantas a la escasez de agua son muy diversas: algunas plantas tienen receptáculos en los que se recoge el agua de lluvia y luego puede ser absorbida en parte.

La humedad del aire crea condiciones adecuadas o inadecuadas en el desarrollo de ciertas enfermedades que provocan algunos hongos y bacterias en los cultivos agrícolas.

Entre las adaptaciones que han desarrollado los organismos con relación a la disponibilidad de agua tenemos la inactividad durante la mayor parte del tiempo, como ocurre en las algas que viven sobre piedras del desierto. Muchas plantas que viven en regiones muy secas, desarrollan un sistema radicular extenso, cutículas impermeables, estomas hundidos; tienen hojas reducidas, espinas y transpiración limitada, como por ejemplo, en cactus y euforbias (fig. 5.11). Otras plantas presentan como adaptaciones el retardo del crecimiento, como ocurre en la salvia y la artemisia, y el desarrollo de dispositivos que logran retener el agua, como se observa en los curujeyes.



**Fig. 5.11** Retención del agua en los cactus como adaptación al medio ambiente seco

El agua puede perderse en los animales por evaporación, desde la superficie corporal; sin embargo, en el proceso evolutivo se han desarrollado adaptaciones que lograron limitar este proceso, como la impermeabilización mediante cutículas quitinosas, tal como ocurre en ácaros e insectos; revestimientos higroscópicos, como por ejemplo, la mucosa de caracoles y anfibios, y la presencia de órganos que limitan la turbulencia del aire junto al cuerpo, como pelos y plumas.

También se pierde agua por ventilación, ya sea esta pulmonar o traqueal, y por excreción. Dicha pérdida se reduce, en el primer caso, mediante adaptaciones especiales, tales como: revestimientos mucosos y húmedos de las vías ventilatorias, y, en el segundo, por la excreción de ácido úrico o uratos que hacen a la orina concentrada y sólida, de la cual el organismo ha recuperado el agua, adaptación, característica de aves y reptiles.

**El pH o el grado de acidez-basicidad:** el pH determina muchas características notables de la estructura y actividad de las biomoléculas y, por tanto, del comportamiento de células y organismos. Los organismos presentan diferentes adaptaciones resultantes del proceso evolutivo, que les permiten mantener el pH en valores compatibles con la vida, entre estos tenemos los amortiguadores, la regulación pulmonar del  $\text{CO}_2$ , la reabsorción y eliminación renal de bicarbonato, y la excreción de ácidos.

El **dioxígeno:** este es utilizado en la respiración de los organismos aerobios, liberado por las plantas mediante la fotosíntesis. Su disminución provoca hipoxemia y su falta total anoxia, pudiendo ocasionar la muerte del organismo. El oxígeno es un elemento necesario en el ser humano, sin este no hay vida ni combustión.

Los organismos han desarrollado numerosas adaptaciones que les permiten la utilización del dioxígeno: las mitocondrias de las células eucariotas, las branquias de los peces que absorben el dioxígeno del agua, las tráqueas de los insectos que lo absorben del aire, los alveolos pulmonares que lo toman del aire inspirado, la hemoglobina que captura el dioxígeno una vez libre en la sangre, entre otras.

Las **sales minerales (salinidad):** este es un factor ambiental de gran importancia, pues determina los organismos que pueden vivir en condiciones donde la concentración de sales sea alta o baja, por ejemplo: las especies de ríos con poca tolerancia a la alta salinidad, no pueden extender su área de distribución a los estuarios, donde es alta la salinidad, de igual forma, muchas especies oceánicas se ven limitadas en su distribución

por las aguas dulces; sin embargo, especies que pasan del agua dulce a la salada, como el salmón y la anguila, poseen adaptaciones que le permiten regular su intercambio de agua en ambos medios.

En la medida que la salinidad aumenta, se eleva también la degradación de los suelos y de la vegetación.

En nuestro país los manglares, que ocupan el 5,1 % del archipiélago cubano son una importante línea de defensa de la costa en contra de las penetraciones del mar. Las diferentes especies de mangles poseen adaptaciones morfológicas y fisiológicas que les permiten la vida en ambientes con determinados grados de salinidad, como son: la presencia de hojas gruesas, con una cutícula encerada que reducen la pérdida de agua y el metabolismo adaptado a altas concentraciones de sal. El mangle prieto es el de mayor tolerancia a la salinidad debido a que poseen glándulas secretoras de sal en el envés de las hojas.

### Comprueba lo aprendido

1. Identifica cuál de los factores limitantes del medio ambiente listados en la columna B actúa en los ejemplos de la columna A:

A	B
1. El cedro ( <i>Cedrelia odorata</i> ) requiere la presencia de determinado grado de acidez.	a) Temperatura
2. La majagua ( <i>Hibiscus tiliaceus</i> ) bajo sombra fuerte no se regenera.	b) Luz
3. La jicotea ( <i>Pseudemys decussata</i> ) necesita calor en el suelo en la eclosión de los huevos.	c) Humedad
4. El abanico de mar ( <i>Gorgona flevellum</i> ), tiene un esqueleto formado por carbonato de calcio que extrae del agua.	d) Sales
	e) pH

2. Identifica a qué grado de temperatura (frío o calor) están asociadas las siguientes adaptaciones de los organismos que se ejemplifican a continuación y explica en cada caso en qué consiste su efecto adaptativo:

- a) Superficie del cuerpo es relativamente menor como en los osos.
- b) Las larvas del coleóptero (*Melolontha*) se entierran en el suelo.

- c) Muchos mamíferos y aves hibernan.
- d) Extremidades más reducidas.
- e) El saltamontes reduce la proporción de agua en su cuerpo.
- f) Grandes extremidades con amplias superficies que posibilitan la irradiación.
- g) En los insectos, el glicerol disuelto en la hemolinfa disminuye el punto de congelación del agua.

3.

En las aguas la distribución de los organismos y el tamaño de sus poblaciones están afectados por varios factores, como la diferencia de presión, las corrientes marinas, la salinidad, entre otros. Ejemplifica este planteamiento.

### 5.3 Los organismos mantienen estrechas relaciones entre sí como parte del medio ambiente

En nuestro país la vegetación de manglar está formada fundamentalmente por poblaciones de tres especies: el mangle rojo, el mangle prieto y el patabán. La extinción de una franja de manglar trae consigo la exposición directa a la acción marina y la pérdida gradual de las costas, pero también provoca la pérdida de biodiversidad, ya que los manglares constituyen el hábitat permanente o temporal de numerosas poblaciones de diferentes especies. Por ejemplo, sus raíces sumergidas sirven de sustrato y refugio a las etapas juveniles a numerosos invertebrados y peces. En el manglar nidifican diferentes poblaciones de aves, algunas endémicas y otras migratorias. También constituyen el hábitat de especies vulnerables como las jutías y los cocodrilos (fig. 5.12).



**Fig. 5.12** Presencia de mangle rojo (*Rhizophora mangle*) y mangle prieto (*Avicennianes germinans*) en un bosque de mangle de borde

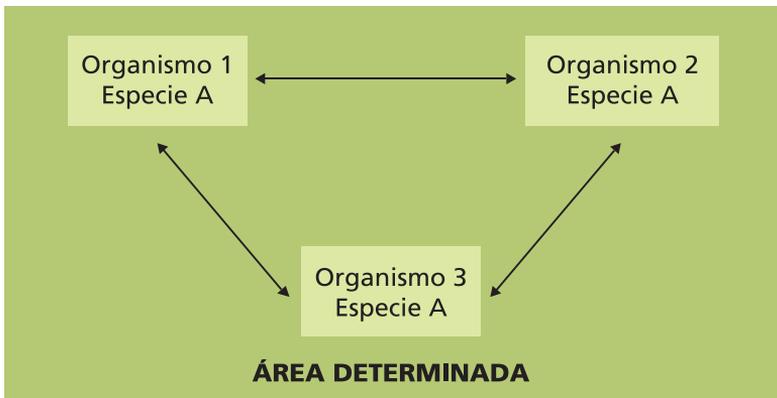
¿Cómo evitar la pérdida de los manglares y con ellos de otras especies?

A partir de ejemplos puedes analizar que los organismos que viven en un lugar se relacionan entre sí, tanto dentro de una misma especie como entre diferentes especies. Ninguna acción de protección y conservación de la biodiversidad será efectiva si no se comprende la complejidad de estas relaciones que se producen en los niveles ecológicos de población y comunidad.

### 5.3.1 ¿Cómo se manifiesta la complejidad e integridad biótica de las poblaciones?

En ecología, más importante que estudiar el organismo aislado es hacerlo desde la especie. El concepto de especie es uno de los más debatidos en la actualidad. Se delimita naturalmente por un trasfondo genético común entre individuos. El criterio actual es el reproductivo: si dos organismos pueden cruzarse entre sí y dejar descendencia fértil es porque pertenecen a la misma especie. Partiendo de los organismos, existen niveles superiores de complejidad de la vida, y en esos niveles aparecen muchas propiedades y fenómenos, que aunque tiene un origen primario en las características individuales de sus componentes, las rebasan.

Como ya conoces los organismos de una misma especie no viven de forma aislada, sino que se organizan en poblaciones (esquema 5.2).



Esquema 5.2 Modelo de las características esenciales de la población



#### Recuerda que...

Una **población** es un grupo de organismos de la misma especie, que conviven en el mismo lugar y al mismo tiempo.

La vida en grupos ofrece a los organismos de una población muchas ventajas, como son: una mejor protección contra los depredadores, garantiza un mayor éxito reproductivo, permite una mayor variabilidad, posibilita una mejor adaptación a las condiciones ambientales físicas, brinda mayores probabilidades de detección de alimento, entre otras.

En este nivel de organización, como en el resto, también se evidencian relaciones entre la estructura, las propiedades y la dinámica de su funcionamiento. A continuación te presentamos estas características para que puedas sacar conclusiones sobre dichas relaciones.

### Estructura de una población

Está dada por las características biológicas de la especie que la conforma, su distribución espacial, extensión y limitación en el espacio, el número de individuos que la constituyen, la composición etaria y sexual, las interacciones entre los individuos que la forman, entre otros.

La **distribución espacial** es la forma en que los individuos se encuentran distribuidos en el espacio terrestre, acuático o aéreo. Esta puede ser básicamente de tres formas (fig. 5.13):

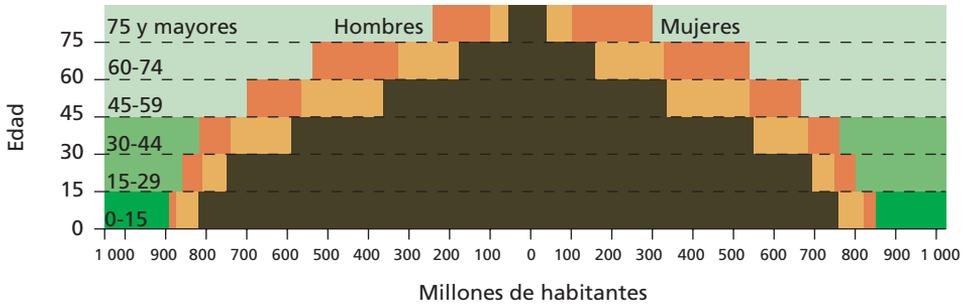
- Al azar o aleatoria: poblaciones en extinción o que inician su adaptación, por ejemplo, en animales solitarios.
- Uniformes ordenados en forma regular, por ejemplo algunas plantas.
- Por grupos: se presenta en las poblaciones muy móviles, como las de insectos, aves en vuelo o rebaños en marcha.



**Fig. 5.13** Diversidad de la distribución espacial de los organismos y sus poblaciones. De izquierda a derecha: al azar, uniforme y en grupos

La determinación del **número de individuos** que componen a una población se realiza mediante los censos, utilizando muestreos de diferentes formas. Una población puede tener un número elevado o pobre de individuos, lo cual

está en relación con sus características biológicas y los factores ambientales. La **composición etaria y sexual** son otras características estructurales de las poblaciones que permite predecir su dinámica futura (fig. 5.14).



**Fig. 5.14** Estructura etaria y por sexos de una población humana

Entre las **relaciones intraespecíficas** podemos mencionar las vinculadas con la reproducción, la territorialidad, la competencia intraespecífica, entre otras. A continuación hacemos referencia a cada una de ellas.

Entre las relaciones vinculadas con la **reproducción** está la conducta agresiva que tienen los machos de ciertas especies, al expulsar a otros del mismo sexo de su área de dominio (fig. 5.15), las relaciones de cortejo de un pavorreal a una hembra la cual posibilita la procreación y, con ello, el surgimiento de nuevos individuos en la población, la preparación de sus nidos por las aves de ambos sexos; asimismo, los mamíferos acompañan a sus hijos hasta que puedan valerse por sí solos.



**Fig. 5.15** Disputas entre machos por una hembra, relación intraespecífica de competencia

La **territorialidad** es otra relación que se puede observar dentro de una población, ya que dentro de su área de distribución, un individuo, una pareja, una familia o determinados grupos delimitan mediante señales un área denominada o territorio, que defienden activamente de otros miembros de su propia especie. Por ejemplo, este tipo de relación entre los miembros de una especie es muy común en no cordados superiores (artrópodos y moluscos) y en vertebrados.

La defensa puede ser desde posturas de amenaza hasta crueles luchas, y el área del territorio variará en dependencia del medio ambiente y del tamaño del animal. Los organismos también han desarrollado señales visuales, auditivas u olfatorias con las que delimitan los territorios: intensos colores, muchos reclamos de aves o los gritos del gibón, deposiciones de marcas de olor, como la orina, entre muchas otras. Por ejemplo, los perros y otras especies de cánidos marcan con orina y heces, mientras los gatos marcan raspando sus garras contra objetos, acompañados de frotos laterales de su propio cuerpo.

Debido a que los individuos de una población pertenecen a una misma especie, sus miembros necesitan hacer uso de los mismos recursos del ecosistema que puede ser alimento, agua, territorio, parejas, entre otros. Si existe una limitación de la cantidad, de por lo menos un recurso requerido, se producirá entonces una **competencia intraespecífica** entre los individuos, que es una de las formas más comunes de relación dentro de las poblaciones.

Por ejemplo: en un bosque una población de plantas de majaguas crecen juntas, sus raíces entran en competencia por el agua y los nutrientes, mientras que sus ramas lo hacen por la luz; en una población de cocodrilos los más fuertes son los que se desplazan más rápido, consiguen un mayor número de presas y pueden sobrevivir; en una población de leones es común que algunos leones maten a las crías de machos diferentes convirtiéndose en los machos dominantes.

### **Propiedades o atributos de la población**

Las características estructurales de una población, le confieren determinadas **propiedades o atributos de grupo**, como la densidad, la natalidad, la mortalidad, la movilidad (migración, dispersión), el potencial biótico, entre otras.

La **densidad** es el número de individuos por unidad de área o volumen. Es la manera más utilizada para expresar la abundancia. La densidad de la población es el resultado de las relaciones entre la natalidad, la mortalidad y la movilidad que ocurre durante las migraciones. A continuación se hará referencia a cada una de ellas:

- Natalidad: frecuencia o velocidad de nacimientos que suceden en una población en el tiempo. Se expresa en forma de índice de natalidad.
- Mortalidad: proporción de individuos perdidos por muerte en la población.
- Movilidad: movimiento activo o pasivo de los individuos dentro de las poblaciones y entre poblaciones diferentes. Es la dispersión o migración de individuos que abandonan la población natal, no regresan más y se incorporan a una nueva población o se quedan solitarios toda la vida. Incluye diversos tipos de movimiento, como la emigración (salida de individuos que abandonan una población) y la inmigración (incorporación a una población de individuos de otras poblaciones).
- El Potencial biótico: es la máxima capacidad reproductora o tasa máxima de aumento de sus individuos en condiciones óptimas y libres de competencia e interacción con otras especies. Este es diferente en cada especie, es decir, bajo tales condiciones, algunos tipos de organismos producen mucho más descendientes que otros, puesto que esta potencialidad está relacionada con el desarrollo que caracteriza a cada especie.

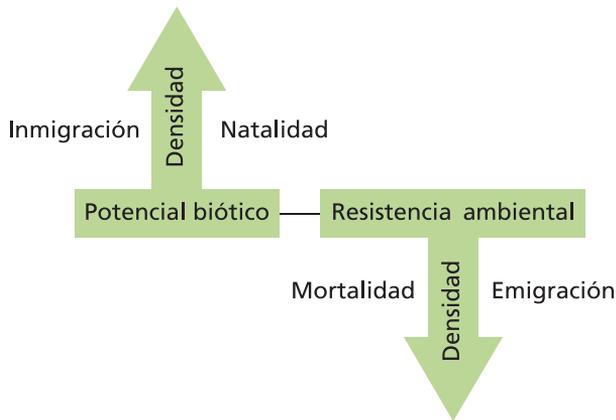
Por ejemplo: la mosca doméstica tiene un potencial alto, se reproduce rápidamente bajo condiciones favorables y puede producir 120 huevos por puesta. Si todas viviesen y se reprodujeran durante cuatro generaciones, habría más de 25 000 000 de moscas. Las poblaciones de grullas tienen un potencial biótico bajo: producen solamente uno o dos descendientes por pareja cada dos años.

### **Dinámica del funcionamiento de la población**

El **funcionamiento dinámico** de una población depende de las relaciones que se establecen entre los individuos de la misma especie que la conforman (relaciones intraespecíficas), y su interacción con el medioambiente. Esto se evidencia en la relación entre el potencial biótico de una especie y la resistencia ambiental del lugar que habita.

Si el potencial biótico se expresara al máximo en todas las especies, la Tierra se sobrepoblaría. Afortunadamente, en condiciones naturales, llega un momento en que decrece el ritmo de reproducción de la población, debido a determinados factores físicos, químicos y bióticos que impiden la reproducción al máximo de una especie, lo que recibe el nombre de **resistencia ambiental**. Por ejemplo, la limitación y disponibilidad de alimentos, la competencia con otros organismos, la predación o los efectos del cambio climático sobre los organismos pueden ser factores de resistencia ambiental.

Los procesos reguladores de una población son los que mantienen su dinámica, por medio de la acción de dos fuerzas antagónicas: el potencial biótico, que tiende a aumentar la densidad de una población y, la resistencia ambiental, que opera en el sentido de disminuir la población. Sin estas dos fuerzas opuestas no existiría población. Ellas constituyen el motor propulsor de su desarrollo (esquema 5.3).

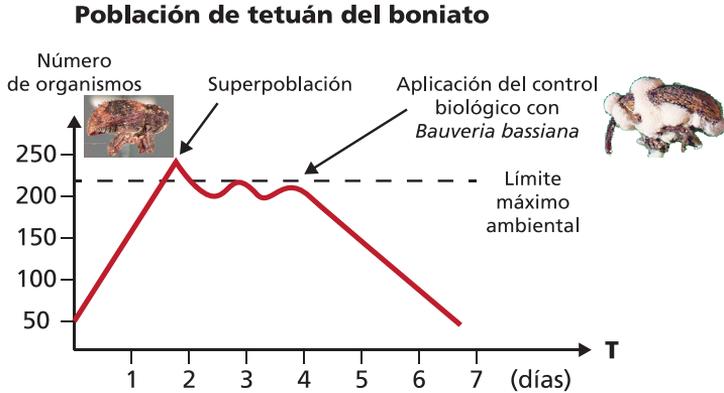


**Esquema 5.3** Regulación de la densidad de una población por la relación entre el potencial biótico y la resistencia ambiental



### Aplicación práctica

En el control integral de plagas se emplean los conocimientos sobre el funcionamiento dinámico de las poblaciones. En el ejemplo hipotético del control de plagas de tetuán del boniato, se puede utilizar la ***Bouveria bassiana***, un microorganismo entomopatógeno de este insecto. La aplicación del control biológico aumenta la resistencia ambiental, lo que reduce la densidad de la población de tetuán en el cultivo del boniato como se puede observar en el esquema 5.4.



**Esquema 5.4** Gráfica de variaciones de la densidad del tetuán del boniato

### Reflexiona

Como hemos analizado, existen parámetros que regulan la densidad poblacional, sin embargo, no nos servirá describir los síntomas, si no reconocemos la influencia negativa de la actividad humana en las diferentes poblaciones, exterminando especies enteras, lo cual no significa solamente la disminución del número de organismos sino extinción de poblaciones y especies y, con ello, pérdida de la biodiversidad, lo que contribuye a la crisis ecológica.

¿Se podría considerar a la civilización humana como el factor de resistencia ambiental más importante en la actualidad?

### 5.3.2 ¿Cómo se manifiesta la complejidad e integridad biótica de las comunidades?

Las poblaciones de diferentes especies no viven aisladas unas de otras sino en mutua dependencia formando un nivel ecológico superior: la comunidad (fig. 5.16).



**Fig. 5.16** Ejemplo de comunidad de organismos marinos en un arrecife coralino



### Recuerda que...

Una **comunidad** es un conjunto de poblaciones de diferentes especies que habitan en el mismo lugar e interactúan directa o indirectamente entre sí.

Al analizar la **estructura de una comunidad** debemos considerar las poblaciones que la forman, los límites que abarca y las interrelaciones entre estas.

Entre las **poblaciones de organismos** de diferentes especies, que habitan en una comunidad, se puede manifestar una mayor o menor diversidad, pero generalmente hay una **especie** que es **clave**, dominando sobre las otras (figura 5.17).

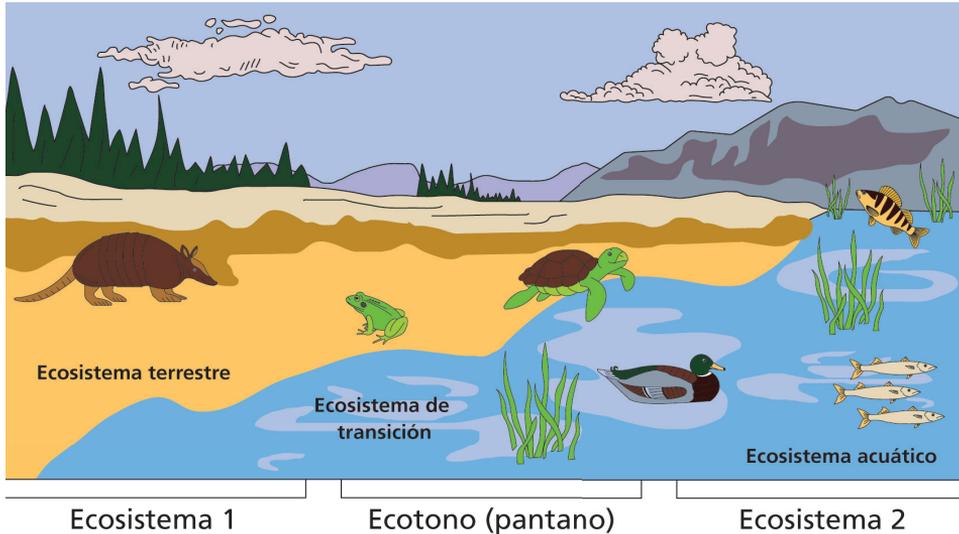


**Fig. 5.17** Dominio de ciertas especies arbóreas sobre el resto de los componentes de la comunidad

Los **límites** entre una comunidad y otra, en ocasiones no es posible apreciarlos a simple vista, sino que se necesita un análisis pormenorizado de la biota. En otros casos si se encuentra bien delimitado, como el lindero de un bosque o la orilla de un estanque. La frontera entre dos comunidades recibe el nombre de **ecotono**.

El **ecotono**, del griego eco (oikos o casa) y tono (tonos o tensión), es la zona de transición entre dos o más comunidades ecológicas (ecosistemas) distintas (fig. 5.18). Generalmente, en cada ecotono viven especies comunes a ambas comunidades, pero también pueden encontrarse organismos particulares. Por ejemplo, los manglares corresponden a la vegetación arborea

de la zona de mareas, por eso son considerados como el ecotono entre los ambientes marino y terrestre.



**Fig. 5.18** Formación de un ecotono por dos comunidades limítrofes en diferentes ecosistemas

A veces la ruptura entre dos comunidades constituye un límite bien definido, denominado **borde**, en otros casos, hay una zona intermedia con un cambio gradual de un ecosistema al siguiente, por ejemplo: las marismas son lugares de transición marcada (borde) entre comunidades y presentan gran interés medioambiental.

Entre las poblaciones que integran una comunidad o biocenosis se establecen relaciones, las cuales reciben el nombre de **relaciones intrespecíficas**, pues a diferencia de las que acontecen internamente en las poblaciones, estas tienen lugar entre organismos de diferentes especies. En estas uno de los dos organismos puede ser beneficiado (+), otro puede ser perjudicado (-) o serle indiferente (0), como se observa en la tabla 5.1, lo que hace posible que la comunidad se revele como una unidad dinámica en constante interacción y movimiento.

**Tabla 5.1** Características y ejemplos de los diferentes tipos de relaciones interespecíficas

Especies	Relaciones interespecíficas					
	Mutualismo	Comensalismo	Parasitismo	Depredación	Antibiosis	Competencia
A	+	+	+	+	0	-
B	+	0	-	-	-	-

A continuación analizaremos cada una de estas.

El **mutualismo**: este tipo de relación constituye una asociación simbiótica en las que ambas especies resultan beneficiadas. Cuando los miembros de dos especies están relacionados simbióticamente, el beneficio recibido por uno o por ambos consiste, principalmente, en la obtención de alimentos, pero puede también consistir en la obtención de albergue, substrato o transporte.

La asociación puede ser continua o transitoria, obligada o facultativa. En algunos casos el contacto entre los dos individuos es transitorio, mientras que en otros las dos especies pueden influirse mutuamente, sin ningún contacto efectivo. Ejemplos:

- Los líquenes (fig. 5.19) donde se unen un hongo y un alga. El hongo brinda humedad debido a sus células higroscópicas que pueden absorber agua, mientras que el alga brinda materia orgánica al hongo, que elabora mediante la fotosíntesis. Como ves, ambos miembros cooperan mutuamente en su nutrición.



**Fig. 5.19** De izquierda a derecha, *Phacophiscia orbicularis*, *Lobaria pulmonaria* y microfotografía de algas con forma esférica rodeadas por hifas de hongo

- Los rumiantes y otros animales que se alimentan con una dieta muy rica en celulosa serían incapaces de digerir esta sustancia sin la acción enzimática de una proteína de acción enzimática (celulasa),

producida por los microorganismos que viven en sus intestinos. Estos microorganismos procariotas simbióticos viven en el ganado y en otros rumiantes.

El **comensalismo**: este es otro tipo de asociación simbiótica donde una sola de las especies es beneficiada y ninguna perjudicada. Si el comensal obtiene algún beneficio sin molestar al hospedero, la relación tenderá a persistir.

Por ejemplo, muchas orquídeas tropicales crecen sobre las ramas horizontales o en las cruces de los árboles, o cuelgan en ondeantes festones utilizando los árboles como punto de fijación, gozando de luz conveniente y de otras condiciones favorables, pudiendo así fabricar su propio alimento mediante la fotosíntesis. Como no obtienen sustancias nutritivas de los tejidos del árbol, no pueden considerarse parásitos (fig. 5.20).



**Fig. 5.20** Ejemplos de comensalismo: dos plantas epifitas como el curujey y la orquídea, y peces pega con el tiburón

El **parasitismo**: es una interacción entre organismos de diferentes especies, en la que una de estas se beneficia de la relación y la otra se perjudica. La especie que lleva a cabo el proceso se denomina parásito y la especie parasitada se llama hospedero. En general, el parásito vive a expensas del hospedero sin llegar a matarlo de manera inmediata (fig. 5.21).

Por ejemplo: la giardia es un protista que vive a expensas de un hospedero, en este caso, el ser humano, produciéndole daños a la salud.

El mosquito, un parásito hematófago, perfora la piel de los mamíferos. Las hembras, tras perforar la piel del individuo, succionan la sangre y utilizan su energía, pueden entonces iniciar el ciclo y hacer así una puesta

de huevos. La picadura puede transmitir enfermedades infecciosas, entre ellas la malaria, el dengue, el zika y el chicungunya.

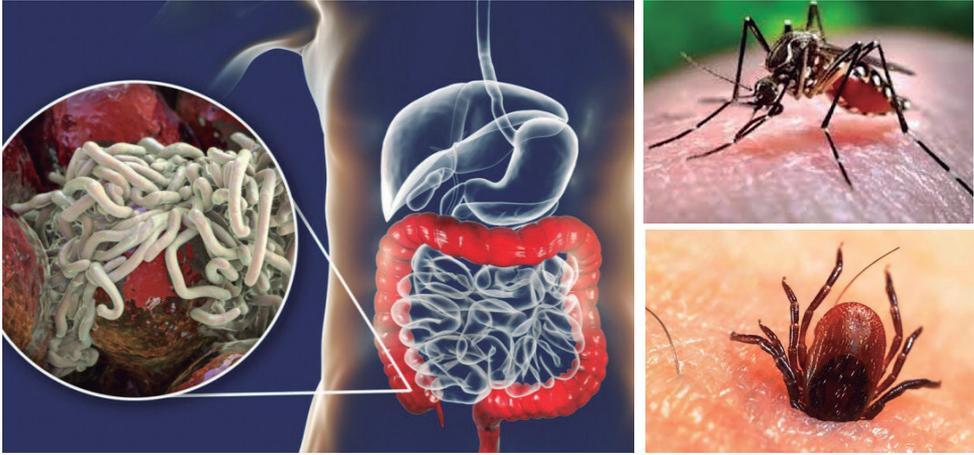


Fig. 5.21 Alimentación de organismos parásitos



### Saber más

El parasitismo de puesta (o parasitismo de nido), es un tipo de cleptoparasitismo consistente en una estrategia de algunas especies de aves, como los patos, donde una hembra pone sus huevos en otro nido para que el organismo hospedero críe la descendencia del parásito de puesta. Este proceso libera a los progenitores parásitos de la cría de los jóvenes o de la construcción del nido, permitiéndoles pasar más tiempo alimentándose y produciendo más descendencia.

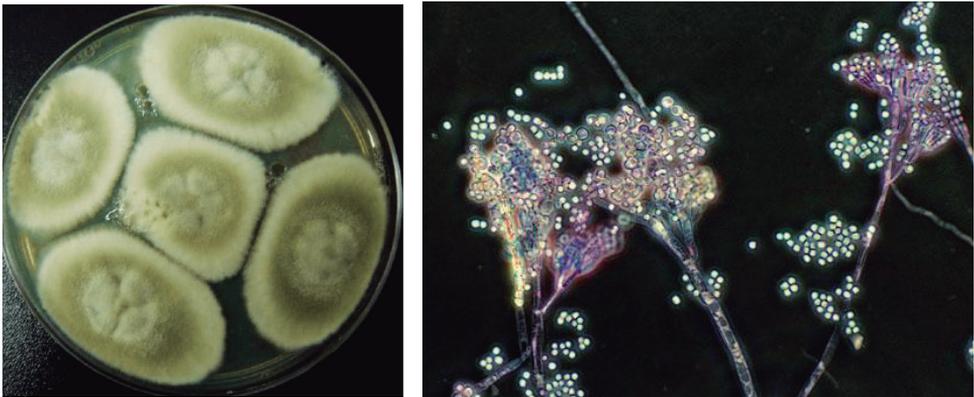
La **depredación**: este tipo de relación interespecífica se caracteriza por la captura e ingestión de organismos vivos, generalmente por los animales, pero también se considera como depredación la digestión de pequeños animales por plantas carnívoras u hongos (fig. 5.22).



Fig. 5.22 Depredación en varias especies de animales

La **antibiosis**: muchas sustancias elaboradas por algunos organismos, son generalmente perjudiciales a otros. Así la producción de anhídrido carbónico o de ácidos orgánicos, puede ser perjudicar de tal manera a otras especies más sensibles, que no puedan seguir viviendo en la misma zona, y la sombra excesiva producida por un tipo de vegetación puede determinar la desaparición de especies que no pueden vivir con una iluminación insuficiente.

La palabra antibiosis se aplica más particularmente a la producción de sustancias que resultan específicamente antagónicas a otras especies. Tales antibióticos son producidos generalmente por muchas clases de hongos y bacterias (fig. 5.23).



**Fig. 5.23** Cultivo de *Penicillium sp* y microfotografía de este hongo

Por ejemplo: la acción de la penicilina, la estreptomycin y otros antibióticos sintetizados por microorganismos, son producidos por ellos como una forma de eliminar la competencia por el sustrato con otros microorganismos. Muchos de estos antibióticos (naturales o sintéticos) se utilizan en la medicina contra las enfermedades infecciosas producidas por determinados microorganismos patógenos.

De modo análogo, ciertas plantas terrestres son peligrosas para los animales, pero generalmente solo ejercen efectos perjudiciales si son ingeridas. Por ejemplo, un arbusto semidesértico (*Halogeton glomeratus*) de Nevada y estados vecinos mata las ovejas que los comen. Las hojas esponjosas de esta planta están llenas de ácido oxálico, que se combina con el calcio sanguíneo y produce la muerte al cabo de pocas horas.

La **competencia interespecífica**: comprende la lucha entre las especies por su espacio vital o por su alimentación, manifestándose en agresiones directas o en rivalidad indirecta, como una lucha por la supervivencia.

Por ejemplo: los árboles rivalizan con los pequeños arbustos y hierbas durante la búsqueda de la luz (fig. 5.24). Las raíces de un árbol del bosque se empeñan en una lucha invisible pero continua, con las raíces de los otros árboles, disputándose el agua y las sustancias nutritivas.



**Fig. 5.24** En un bosque la competencia interespecífica impide a los árboles bajos y arbustos crecer bajo los árboles más altos

Los saltamontes, no solo compiten con otros insectos por la hierba, sino también, en cierto modo, con conejos, con las ovejas y antílopes que consumen el mismo alimento.

Varias especies carnívoras rivalizan por la misma presa. Cuanto más semejantes sean los organismos en sus requisitos y conductas, más probable es que la competencia entre estos sea intensa.

### **Dinámica del funcionamiento de las comunidades**

De la organización estructural de las comunidades analizada anteriormente emerge un conjunto de propiedades que las caracterizan,

entre las cuales se destacan la diversidad, la constancia y la resiliencia, entre otras. La diversidad está dada por el número de especies que la componen, la cual puede variar en el tiempo y es influida por las relaciones interespecíficas como la depredación y la competencia, entre otras. La **constancia** es la tendencia a no apreciarse cambios en los parámetros de una comunidad ante la aparición de factores estresantes, la **resiliencia** es la capacidad de una comunidad de asimilar un estrés, una perturbación, sin desorganizarse e incluso, asimilando el estímulo en beneficio propio.



### Reflexiona

¿Entonces son estáticas las comunidades o cambian durante el tiempo?

¿Se mantienen estas en equilibrio para siempre?

¿Qué utilidad tiene el análisis de la dinámica del funcionamiento de una comunidad para la conservación y uso sostenible de los ecosistemas?

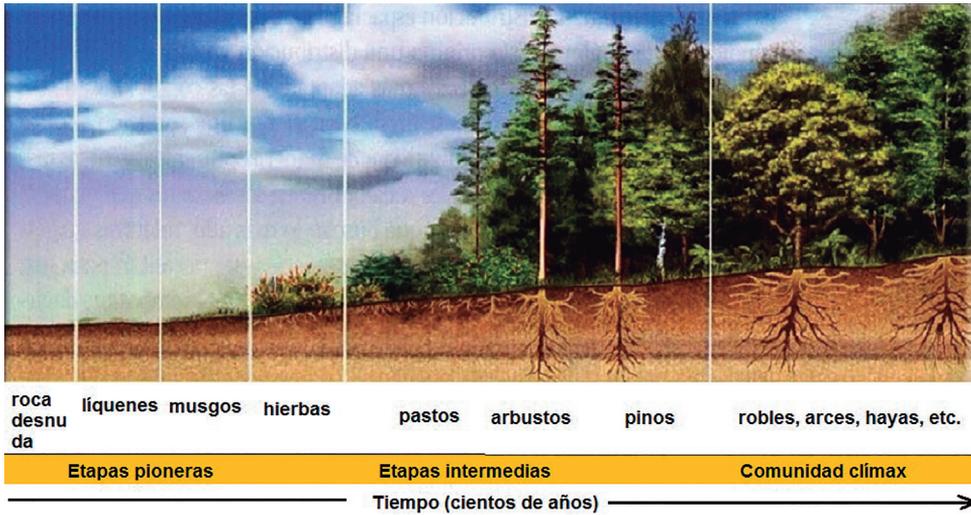
La perturbación en alguna de las propiedades de las comunidades puede ser causa de inestabilidad en su funcionamiento y el consiguiente deterioro de las relaciones internas entre las poblaciones, lo cual puede provocar la desaparición de una comunidad o su evolución hacia otra diferente con nuevas características estructurales y por ende funcionales.

El medio ambiente físico está en constante transformación y estos pueden producir cambios en las especies dominantes de una comunidad, lo suficientemente importante como para considerar que la comunidad existente ha cambiado por otra. Estos cambios se manifiestan en el fenómeno de **sucesión ecológica**, como expresión de la función de desarrollo de la comunidad. Una cadena de estos cambios progresivos conduce al establecimiento de un tipo de comunidad relativamente estable.

La **sucesión ecológica** es la concatenación de sustituciones de una comunidad por otra en un período de tiempo.

Estos cambios se manifiestan tanto en el transcurso de épocas geológicas como en períodos más limitados. La ecología estudia estos últimos en zonas determinadas y dentro de un mismo patrón climático.

La sucesión ecológica se pone en marcha por una causa natural o antropogénica. Las causas naturales pueden ser perturbaciones causadas por incendios, aluviones, sequías, o la ocurrencia de catástrofes como erupciones volcánicas, huracanes, tsunamis, meteoritos. Las causas antropogénicas están ligadas a la intervención humana, por ejemplo, la tala, la desviación de un río, la construcción de una presa, la actividad minera, la instalación de una fábrica, la contaminación de ríos y el mar, entre otros. Ambas causas despejan un espacio de las comunidades bióticas presentes o altera gravemente su estructura (fig. 5.25).



**Fig. 5.25** Modelación de la sucesión ecológica en una comunidad de bosque a partir de un terreno rocoso

### Aplicación práctica

El estudio de las comunidades o biocenosis es una importante herramienta por la creciente necesidad de conservar la biodiversidad, pudiendo contribuir al desarrollo de planes y estrategias de conservación a partir de la presencia y la abundancia de especies en un área determinada.

En el medio ambiente todos los organismos desempeñan una función, su nicho ecológico, contribuyendo al ciclo de la naturaleza, por lo cual proteger, restaurar y promover la utilización sostenible de las comunidades, los bosques, combatir la **desertificación**, detener y revertir la degradación de la tierra, y frenar la pérdida de biodiversidad, deben constituir hoy más que nunca lineamientos ecológicos para toda la humanidad.

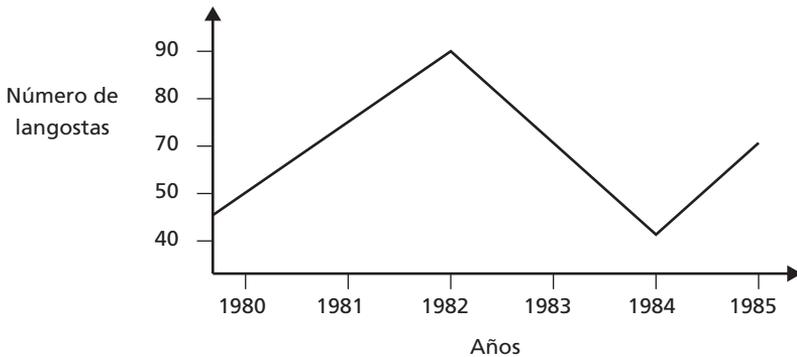
## Comprueba lo aprendido

1. Construye una gráfica que muestre el número de individuos y el tiempo, con los datos que se presentan a continuación y que corresponden en una población:

<b>Años</b>	0	1	2	3	4	5
<b>Número de individuos</b>	2	6	18	54	162	486

a) ¿En estos resultados se evidencia la resistencia ambiental o el potencial biótico? Argumenta tu respuesta.

2. La gráfica de la figura siguiente representa las fluctuaciones de una población de langosta durante cinco años.



a) Explica qué ocurrió a la población de langostas durante el período de 1980 a 1982.

b) Explica las dos posibles causas de lo ocurrido entre 1982 y 1985.

3. Analiza el párrafo siguiente:

Cada año, en nuestro país nacen miles de pichones de diferentes especies que habitan en los bosques, tales como carpinteros, zorzales, tocororos, pitirres, arrieros y otras. En todos ellos, al inicio, ocurre gran cantidad de muertes, pero una vez que pueden abandonar el nido, muy pocos se quedan en el territorio de sus padres; comienza entonces la llamada dispersión posjuvenil, que llevará al individuo a una nueva población, o a un área nueva aún no poblada por la especie.

a) ¿Qué propiedades o atributos de las poblaciones se ponen de manifiesto en el párrafo anterior?

4.

Las poblaciones humanas experimentan una movilidad cada vez más creciente ocasionada por el desarrollo tecnológico, las desigualdades regionales, las guerras, la trata de personas, los cambios ambientales, los fenómenos meteorológicos, entre otros.

- a) Ejemplifica en cada caso de los presentados en el párrafo anterior.  
 b) ¿Qué impacto tienen estos procesos para las poblaciones emigrantes y para las receptoras?

5.

Analiza cada uno de los ejemplos siguientes y di qué tipo de relación interespecífica se manifiesta en cada caso. Clasifícala.

-En el maracuyá, la fructificación depende de un tipo de abejas llamadas carpinteras, pues son las que pueden polinizar sus flores. Estas abejas se alimentan con néctar y polen que obtienen de las flores del maracuyá.

-En una población de gatos cimarrones los gatos rayados son más ágiles que los de la coloración uniforme. Al escasear el alimento los gatos rayados tienen mayor éxito y llegan a predominar en la población.

-En el zunzún la fecundación de la pareja y los cortejos de los machos hacia las hembras van acompañados por bulliciosas e intensas persecuciones.

-El almiquí ha sido incluido en el grupo de mamíferos insectívoros, pero se ha comprobado que en su alimentación no solo incluye insectos, pues también devora arañas, caracoles, lombrices de tierra, lagartos y otros organismos.

6.

Las lagunas son ecosistemas típicos de nuestro país que constituyen depósitos de agua dulce, donde se encuentra una gran diversidad de especies de plantas, animales y microorganismos característicos del lugar y de sus relaciones con el medio ambiente. En su interior crecen algas de las cuales se alimentan peces pequeños e insectos, como la libélula, que escasean en ocasiones por la presencia de anfibios que pueden ser devorados por las garzas.

- a) Clasifica el tipo de relación que se establece entre:  
 peces-insectos \_\_\_\_\_ anfibios-garzas \_\_\_\_\_.

7. En una sabana localizada al norte de Camagüey existen bacterias fijadoras de nitrógeno en las raíces de las leguminosas. Se observan además, lagartijas y sabaneros, consumidores ambos de larvas de mariposas, estas últimas en número reducido, así como ácaros chupadores de sangre entre el plumaje de los sabaneros. A partir de este enunciado:
- Clasifica tres relaciones interespecíficas que se evidencien.
  - Defina una relación interespecífica identificada en el inciso anterior.

## 5.4 El ecosistema es la unidad funcional de integración de los factores bióticos, abióticos y socioculturales

La tala sistemática de los bosques (fig. 5.26) destruye el hábitat de numerosas especies y provoca grandes cambios en el régimen local de precipitaciones, lo cual, a su vez, entorpece el ritmo de la vida natural del bosque e impide su desarrollo. La especie humana, como parte de la naturaleza, debe hacer un uso sostenible de los bosques que son sumideros naturales de  $\text{CO}_2$ . Su conservación es una de las medidas para el enfrentamiento a los efectos de los cambios climáticos ocurridos en los últimos años, de ahí la importancia de protegerlos.



**Fig. 5.26** Tala de bosques, práctica dañina en el equilibrio de la biosfera



## Reflexiona

¿Cómo pueden afectar las acciones humanas a las relaciones que se establecen entre los factores abióticos, bióticos y socioculturales en los ecosistemas?

¿Qué tipos de relaciones se establecen en los ecosistemas? ¿Cómo funcionan?

Ya conoces de epígrafes anteriores que los distintos organismos que existen en la naturaleza dependen unos de otros, así como de los factores abióticos del medio ambiente, constituyendo de esta forma los diferentes ecosistemas que existen en nuestro planeta.

En 1992, en el marco del Convenio sobre Diversidad Biológica celebrado en Río de Janeiro, el **ecosistema** se definió como:

Complejo dinámico de comunidades vegetales, animales y microorganismos, y su medio no viviente, con el que interactúan como una unidad funcional.

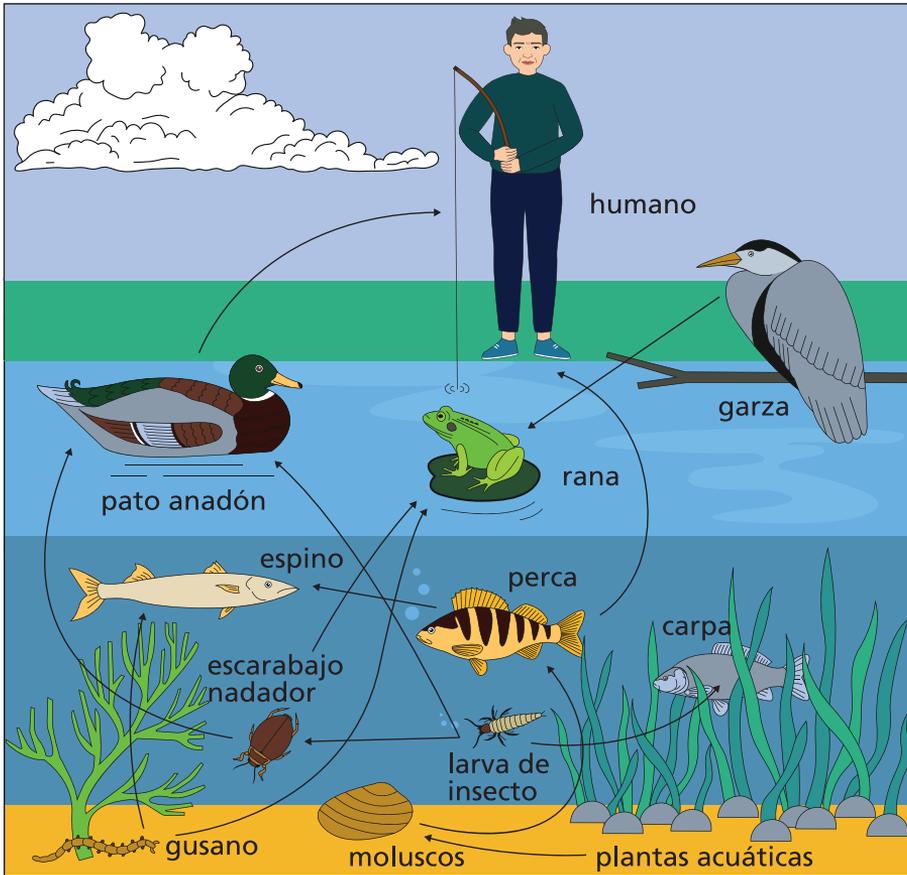
Cada ecosistema tiene sus propias especies y ellas participan en el mantenimiento del equilibrio ecológico, debido a que cada una utiliza recursos diferentes, adaptándose a ciertas condiciones concretas.

Son ecosistemas un lago, un prado, un bosque o un desierto. Hay ecosistemas muy complejos que han llegado a un alto grado de equilibrio y diversidad. Estos ecosistemas son muy sensibles a cualquier alteración, especialmente a la intervención del ser humano, que regulan las condiciones bióticas de los ecosistemas, los afecta indiscriminadamente.

En este epígrafe profundizaremos en su estructura, su dinámica, los servicios que brindan a la humanidad y, fundamentalmente, en cómo podemos, a partir de los conocimientos que tenemos sobre los ecosistemas, usarlos en forma sostenible (figura 5.27).

### 5.4.1 ¿Cuáles son los componentes y la estructura de un ecosistema?

Para estudiar el funcionamiento de un ecosistema es necesario precisar cuáles son sus componentes: el biotopo y la biocenosis (fig. 5.28); esta última interactúa notablemente con los componentes abióticos del medio ambiente.

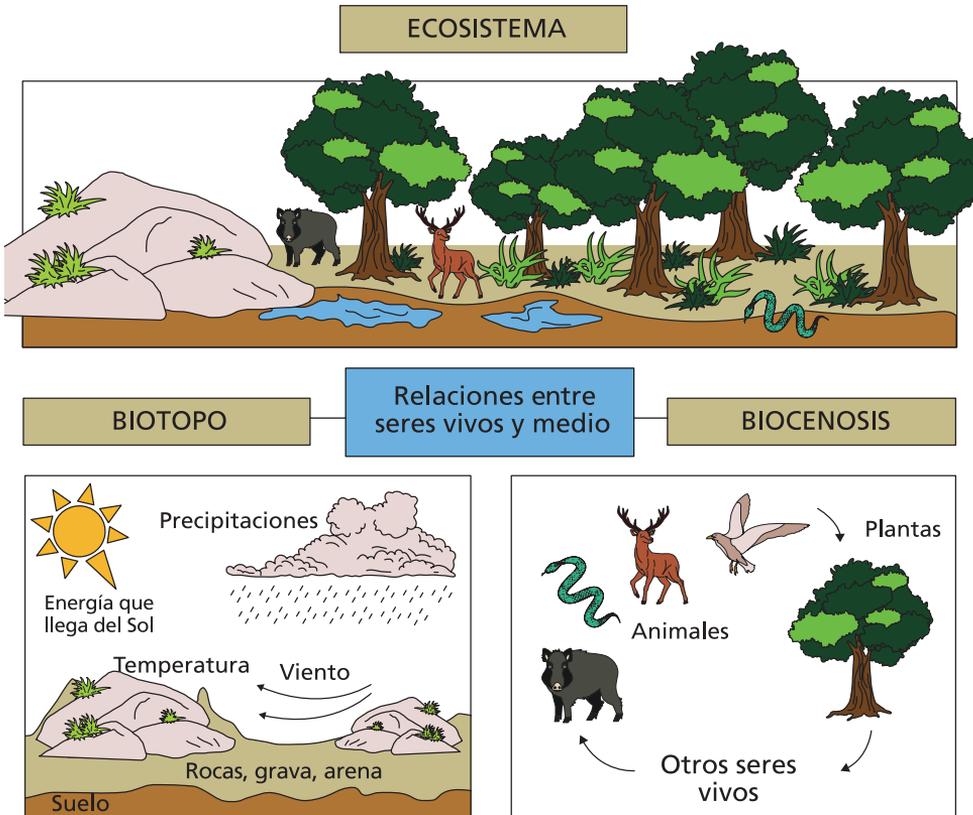


**Fig. 5.27** Relaciones entre los organismos de un ecosistema

El **biotopo** es el área física en que está localizado el ecosistema, donde actúan los factores abióticos. En este los organismos encuentran su hábitat y su sustrato.

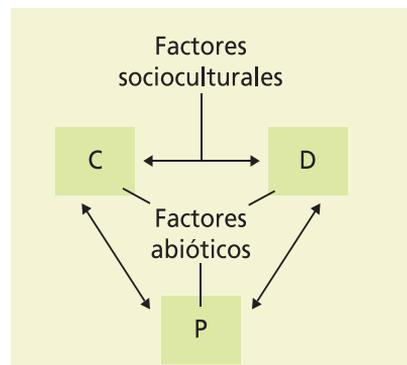
La playa, el río, el bosque, la sabana, el tronco podrido, entre otros, constituyen el biotopo de los ecosistemas que en estos se asientan.

La **biocenosis** o **comunidad** que vive en el ecosistema, incluye poblaciones de organismos productores (P), consumidores (C) y descomponedores (D) acopladas tan fuertemente que unos dependen de los otros durante su alimentación.



**Fig. 5.28** Componentes de un ecosistema. De izquierda a derecha, biotopo (área física) y biocenosis (comunidad de organismos vivos)

En la estructura de los ecosistemas se distinguen tres **niveles tróficos** atendiendo a sus modos de nutrición (figura 5.5): productores, consumidores y descomponedores. En cada nivel existen numerosas poblaciones de organismos que se identifican con su nivel trófico: organismos productores (de nutrición autótrofa), organismos consumidores (de nutrición heterótrofa ingestiva) y organismos descomponedores (de nutrición heterótrofa absorbente saprótrofa).



**Esquema 5.5** Modelo del sistema de relaciones en un ecosistema

Las relaciones entre estos conforman las **cadena alimentarias** o **cadena tróficas** (del griego *throphe*, alimentación) que describen el proceso de transferencia de sustancias y energía entre poblaciones de diferentes especies de una comunidad biológica en el que cada uno se alimenta del precedente y es alimento del siguiente, lo cual ocurre en el siguiente sentido (esquema 5.6):

Productores —————> Consumidores —————> Descomponedores

#### Esquema 5.6 Modelo de una cadena alimentaria

Entre los productores se encuentran las algas, las plantas y las bacterias fotosintetizadoras. Los consumidores pueden ser de tres niveles: consumidores primarios, que generalmente se alimentan de plantas (animales herbívoros como orugas, grillos, vaca, venado, entre otros), consumidores secundarios, que se alimentan de animales herbívoros (animales carnívoros primarios como ranas, lagartijas, lince, entre otros) y consumidores terciarios que se alimentan de carnívoros primarios (animales carnívoros secundarios como jubos, cernícalo, león, entre otros). Los descomponedores transforman las sustancias orgánicas de los cadáveres en sustancias menos complejas hasta llegar a inorgánicas, lo cual se denomina saprotrofismo que es la forma de nutrición característica de muchas bacterias y hongos.

Las **redes tróficas** o **tramas alimentarias** se establecen entre los organismos de una comunidad, donde existen relaciones más complejas que en las cadenas de alimentación (fig. 5.29).

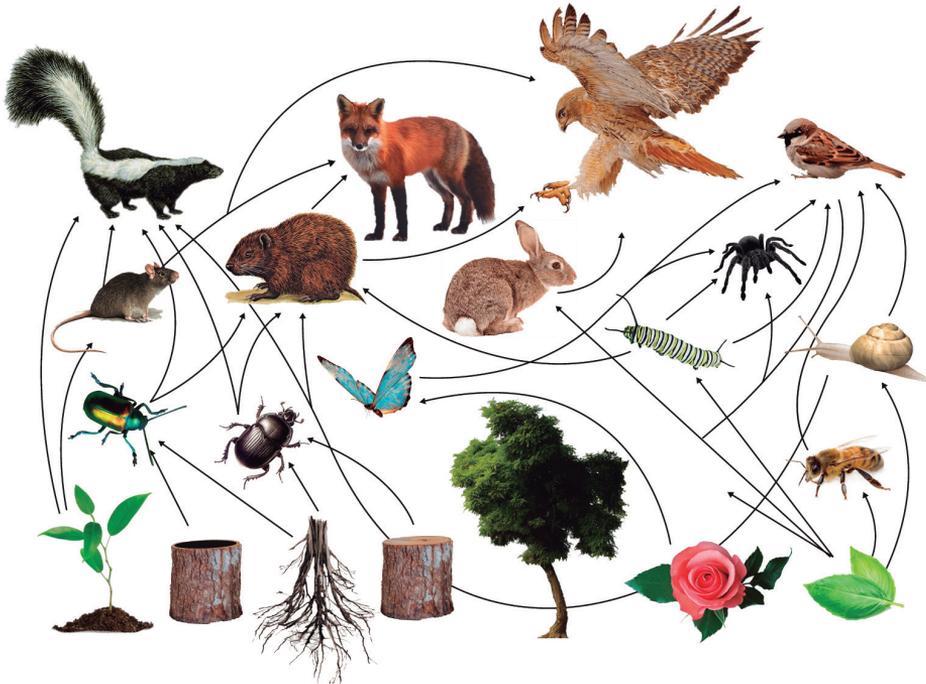
Una **red trófica** es un complejo entramado de interconexiones entre múltiples cadenas de alimentación basadas en la diversidad de formas de nutrición o alimentación, en la cual unos organismos se alimentan de otros.

Estas redes describen los hábitos alimentarios y las interacciones que se dan entre los individuos de una comunidad. Además, incluye ciertas interrelaciones con los componentes abióticos.

#### ¿Sabías que...?

El cuerpo humano se asemeja a un complejo ecosistema que contiene billones de bacterias y otros microorganismos habitando la piel, las zonas genitales,

la boca y, sobre todo, los intestinos. Las células bacterianas que albergamos en nuestro interior superan a las humanas en una proporción de diez a uno. Por otra parte, la comunidad mixta de microorganismos y de genes que estas contienen, denominada **microbioma**, no nos amenaza, sino que nos ofrece una ayuda vital en funciones básicas como la digestión, el crecimiento y la inmunidad, entre otras.



**Fig. 5.29** Red trófica producida en un ecosistema terrestre

### 5.4.2 ¿Cómo el funcionamiento dinámico del ecosistema hace posible su integridad biótica?

La integridad de los ecosistemas depende del equilibrio entre los factores que sobre estos inciden. Muchos son los fenómenos que ocasionan su pérdida, en muchas ocasiones provocadas por la actividad humana, como son: la contaminación (fig. 5.30), la desertificación, la tala indiscriminada, la caza furtiva, entre otros. Estos provocan la pérdida de eslabones en las cadenas alimenticias.



**Fig. 5.30** La contaminación atmosférica industrial, uno de los factores antropogénicos de desequilibrio ambiental

Las interacciones que se producen entre los organismos que constituyen las cadenas y redes tróficas de los ecosistemas son tan fuertes, que en caso de desaparecer un eslabón pueden suceder algunos de los siguientes acontecimientos:

- Desaparecerán con él todos los eslabones posteriores, pues se quedarán sin alimento.
- Se superpoblará el nivel inmediato posterior, debido a que ya no existe su predador.
- Se desequilibrarán los niveles más bajos como consecuencia de lo mencionado en el uno y en el dos.

¿Comprendes ahora por qué es tan importante la conservación de todas las especies y eslabones de las cadenas y redes tróficas?

El funcionamiento del ecosistema depende también de las transformaciones energéticas que se producen en cada uno de sus niveles estructurales. La energía fluye al pasar de un nivel trófico a otro y a través de las transformaciones materiales que ocurren en sus componentes abióticos, a su paso por los componentes bióticos, lo cual origina los llamados ciclos de los elementos químicos o ciclos biogeoquímicos. Estos garantizan el suministro constante de materia en los sistemas vivientes que componen a los ecosistemas, manteniéndose así un equilibrio u **homeostasis** entre los componentes bióticos y abióticos. Por su im-

portancia en el funcionamiento de los ecosistemas, describiremos cómo ocurren estos procesos.

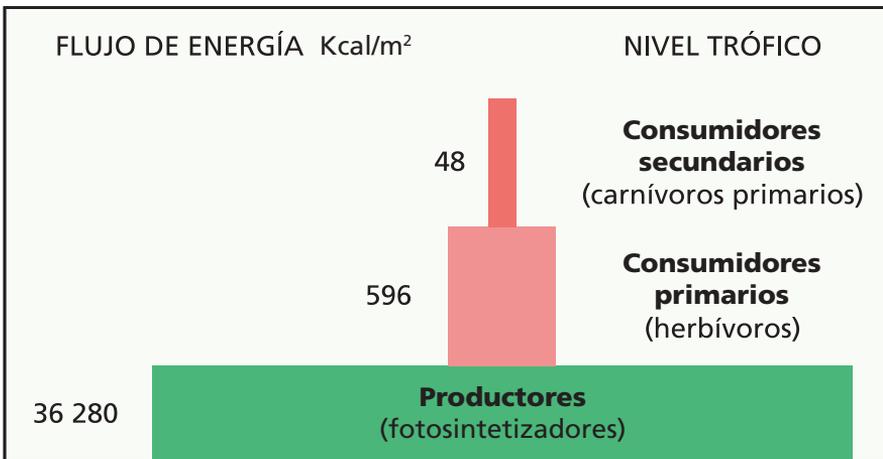
### El flujo de energía en un ecosistema

El funcionamiento dinámico de un ecosistema necesita de un aporte energético que llega a la biosfera en forma, principalmente, de energía radiante, proveniente del sol. En el ecosistema esta es transformada por las plantas en energía potencial contenida en los enlaces de las moléculas de glucosa que estas sintetizan mediante la fotosíntesis, lo que constituye una forma de nutrición autótrofa.

En el proceso de fotosíntesis no toda la energía radiante del sol es transformada en energía potencial química, sino que una parte importante se refleja y otra se pierde en forma de calor. Al pasar de un nivel a otro, una parte de la energía es transformada en energía radiante calorífica que se disipa, por tanto, esta disminuye notablemente al pasar de uno a otro eslabón de la cadena de alimentación. A esto se le denomina flujo de energía.

El **flujo de energía** es el traspaso de la energía en un ecosistema, de un eslabón a otro, en el cual se manifiestan transformaciones energéticas graduales.

Este fenómeno se puede representar mediante una pirámide de energía como te presentamos en el esquema 5.7.



**Esquema 5.7** Representación gráfica en forma de pirámide del flujo de energía de un nivel trófico a otro en el ecosistema

La energía en el ecosistema fluye unidireccionalmente, a partir de las relaciones tróficas entre los productores, consumidores y descomponedores.

Las plantas están ubicadas en el primer nivel, pues la energía radiante de la luz es transferida, una vez, del Sol a estas. Sin embargo, los consumidores herbívoros se ubican en el segundo nivel, pues su energía ha sido transferida dos veces: del sol a la planta y de la planta al animal herbívoro. El resto de los consumidores ocupan el tercer nivel y puede, incluso, existir hasta un cuarto nivel.

A medida que se asciende en la pirámide de energía el número de individuos disminuye, como resultado de la notable disminución de la energía disponible. Esta es la razón por la que las cadenas de alimentación no son infinitas y los organismos ubicados en el último nivel son pocos, aunque eficientes, ya que generalmente su alimentación es muy variada, lo que les permite alimentarse de diferentes eslabones de una misma cadena.

Por ejemplo, en la cadena de alimentación siguiente:

Hojas de plantas → Oruga → Escarabajo → Camaleón → Culebra → Arriero

el arriero se ubica en el último nivel trófico, se alimenta de culebras, pero también de camaleones y escarabajos.

### Ciclos biogeoquímicos en el ecosistema

Las sustancias y la energía están presentes en el ecosistema en las más diversas formas, aparecen en un punto de la larga cadena de la vida, se transforman y adquieren un aspecto distinto en otro eslabón. Así, los elementos químicos pasan de un medio a otro a través de los seres vivos, siguiendo un ciclo en el que también participa la energía como “motor” de la vida.

En la biosfera la materia es limitada, de manera que su reciclaje es un punto clave en el mantenimiento de la vida en la Tierra; de otro modo los nutrientes se agotarían y la vida desaparecería.

Los **ciclos biogeoquímicos** o **ciclos de los elementos en la naturaleza** constituyen la circulación de los elementos químicos durante su tránsito de las comunidades a los componentes abióticos del ecosistema y luego su regreso a las comunidades.

Una sustancia química necesaria en la vida de un organismo se denomina **nutriente**. Las fuentes y lugares de almacenamiento de estos se denominan **reservas**, las cuales generalmente se encuentran en los componentes abióticos, como la atmósfera, las rocas, el agua de los océanos, entre otros.

La mayor parte de las sustancias químicas de la Tierra no están en formas útiles a los organismos. Pero aquellas necesarias como nutrientes son recicladas continuamente en formas complejas, a través de las partes vivas y no vivas de la biosfera, y convertidos en formas útiles por una combinación de procesos bióticos, físicos y químicos. En la figura 5.31 se ilustra cómo ocurren estas transformaciones en el caso del ciclo del carbono.

Otras sustancias y los elementos químicos que los constituyen como el hidrógeno, el oxígeno, el fósforo, el azufre, reciclan en la naturaleza, cada una con sus particularidades, cuyo equilibrio e integración hace posible la vida en nuestro planeta.

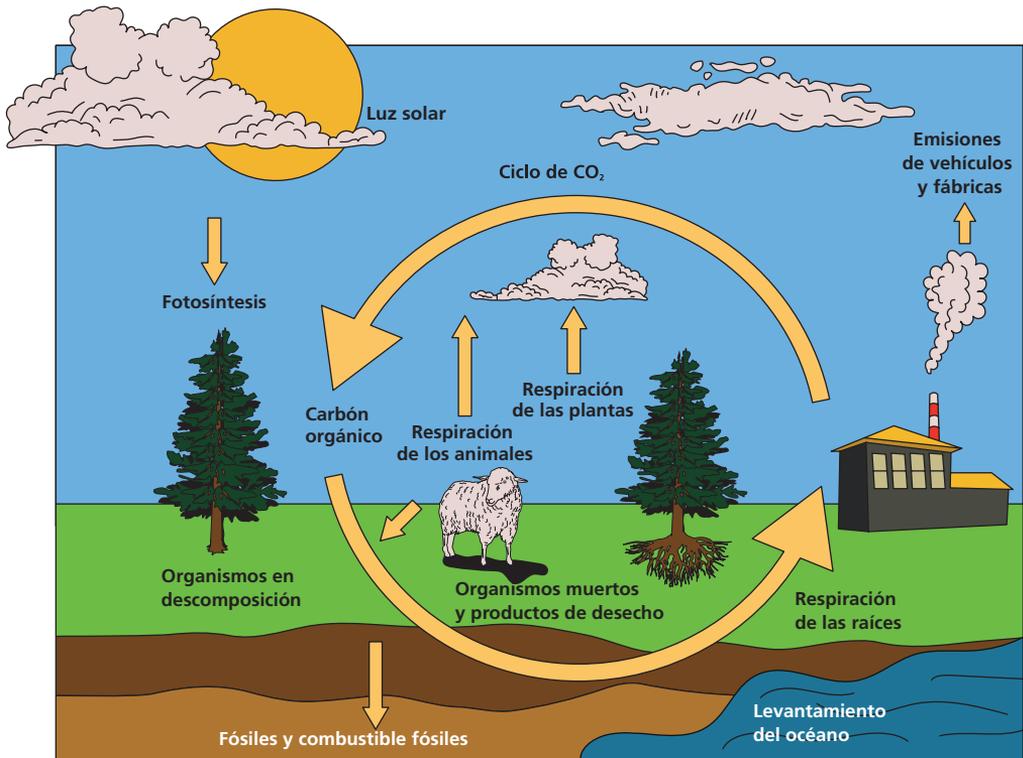


Fig. 5.31 Ciclo del carbono en los ecosistemas

## Homeostasia del ecosistema

La homeostasia como propiedad general de los sistemas vivientes se considera que es la tendencia al mantenimiento del estado de equilibrio del sistema. Si aplicamos este concepto a los ecosistemas tendríamos que:

La **homeostasia del ecosistema** es la propiedad de mantenimiento del equilibrio ecológico donde todos los componentes del sistema pueden existir creando sinergias entre estos.

Es una condición en la que los componentes abióticos se encuentran en equilibrio con los componentes bióticos (comunidad) que habitan en el ecosistema. De esta manera, ambos pueden existir sin aniquilarse el uno al otro y sin llegar a límites que obstruyan la existencia del otro.

La homeostasia de un ecosistema puede perderse tanto sea por alteraciones de los componentes abióticos como de los bióticos. Esencialmente se debe a dos tipos de fenómenos:

- Naturales: son debido a fenómenos geológicos, atmosféricos, cósmicos, volcanes, sequías, inundaciones, tornados, huracanes, entre otros. Suelen ser reversibles.
- Antropogénicos: son debido a las acciones humanas como la contaminación, la caza indiscriminada, la deforestación, entre otras. Suelen llevar a la pérdida del equilibrio y pueden ser irreversibles (figuras 5.26 y 5.30).

Los ecosistemas siempre se adaptan a los cambios ambientales más pequeños, lo que los hace sistemas altamente dinámicos. En ausencia de equilibrio en la naturaleza, la composición de especies de un ecosistema puede experimentar modificaciones que dependen de la naturaleza del cambio, pero es posible que el colapso ecológico total sea infrecuente. Un ecosistema tiene cierta capacidad de autorregulación y puede recobrar su equilibrio si el daño producido no ha sido vital.

Durante los últimos años, las personas han transformado los ecosistemas rápidamente. Esto se debe principalmente a una demanda de alimentos cada vez más creciente, agua dulce, madera, fibra, combustible, entre otros. El resultado de esto ha sido una pérdida sustancial y en gran medida irreversible de la diversidad de vida en la Tierra.



## Reflexiona

Existe en el mundo actual una gran preocupación por la pérdida de la biodiversidad, la cual se halla amenazada por el ser humano de forma tal, que una cuarta parte de las especies actuales están próximamente en peligro de extinguirse, unas por destrucción del hábitat, otras por contaminación del suelo, el aire y el agua, y otras por la desmesurada explotación comercial.

Cuando las personas modifican un ecosistema para obtener algo, en contrapartida esto suele provocar efectos negativos sobre otros de sus componentes. Por ejemplo, el aumento de la producción de alimentos tiende a provocar reducciones en la biodiversidad. La degradación de los servicios de los ecosistemas está dañando a las personas más pobres y vulnerables del planeta y representa, en ocasiones, el principal factor generador de pobreza. La pobreza, a su vez, tiende a aumentar la dependencia para con los servicios que prestan los ecosistemas y esto puede provocarles más presión, generando una espiral ascendente de pobreza y degradación de estos.

### ***5.4.3 ¿Por qué es necesaria la protección, conservación y uso sostenible de los ecosistemas?***

Los ecosistemas tienen una gran importancia biológica, al ser expresión de la vida en sus formas más complejas de organización, representando la unidad ecológica fundamental; de su funcionamiento dinámico depende la diversidad biológica y la existencia de todas las especies.

También estos poseen una gran importancia desde el punto de vista utilitario para los seres humanos, debido a los bienes y servicios que estos les prestan (fig. 5.32).

Los bienes que aportan los ecosistemas son los llamados **recursos naturales**, sin los cuales no es posible el desarrollo de la humanidad, como son, los recursos hídricos, minerales, energéticos, alimenticios, genéticos, entre otros. Estos recursos pueden ser renovables o no, de ahí que su explotación debe ser cuidadosamente estudiada y planificada, con métodos que no generen contaminantes, de manera que no afecte al medio ambiente y lo puedan disfrutar también, las generaciones venideras.

Los servicios que prestan los ecosistemas se pueden concentrar en cuatro grupos: abastecimiento, regulación, culturales y de apoyo.



Alimentos



Purificación de aguas



Fertilización del suelo



Recreación y estética



Purificación del aire



Materia prima

**Fig. 5.32** Aportes de los ecosistemas al desarrollo sostenible de la sociedad

En el **servicio de abastecimiento** se incluyen proveer alimentos, agua dulce, materias primas de origen biótico y geótico, energías renovables, medicinas naturales y principios activos.

En los **servicios de regulación** se incluyen la regulación climática de la calidad del aire, el tratamiento de las aguas residuales, el secuestro y almacenamiento del carbono, la fertilidad del suelo, la moderación de los desastres naturales, la polinización y el control de plagas y enfermedades transmitidas por vectores.

Entre los **servicios culturales** tenemos: el conocimiento tradicional y el sentido de pertenencia a un lugar determinado, conformando la identidad local, el disfrute estético del paisaje e inspiración para la cultura, el arte y el diseño, la experiencia espiritual en las prácticas religiosas, las actividades recreativas, salud mental y física, el ecoturismo, promoviendo la educación ambiental y el conocimiento científico.

Los **servicios de apoyo** sustentan a los demás, al proporcionar el lugar donde pueden vivir una gran diversidad de plantas, animales y microorganismos. Proporciona hábitats a las especies, y posibilitan el mantenimiento de la diversidad genética en distintas especies o razas, lo que forma la base de unos cultivos locales bien adaptados y crea la reserva de genes necesaria para desarrollar aún más las cosechas y el ganado comerciales.

El empleo y explotación por el ser humano de los servicios de los ecosistemas, como los alimentos, el agua o la madera, ha aumentado rápidamente y continúa haciéndolo, en ocasiones de forma insostenible.



### Reflexiona

Ciertas intervenciones humanas han originado cambios en la regulación del clima, de enfermedades y de otros procesos ligados a los ecosistemas, como el uso de estos con fines culturales (recreativos, de enriquecimiento espiritual y otros). Las acciones humanas durante el último siglo han reducido seriamente la cantidad de tierra cubierta por los bosques, disminuyendo la tasa de renovación, por la baja velocidad con que se renueva la biomasa, aumentando en las últimas décadas la desertificación.

¿Qué debe hacer la humanidad para salvar la Tierra?

El conocimiento de los ecosistemas y su protección constituye, indudablemente, un gran reto para cualquier nación, aun más para los países subdesarrollados o en vías de desarrollo. La comunidad científica internacional ha reconocido como los principales ecosistemas amenazados, a los forestales, los marinos, los costeros, los agrícolas, de agua dulce y las praderas.

Nuestro país, en su condición de archipiélago formado por un mosaico de ecosistemas fragmentados, cuenta con ecosistemas emblemáticos, tanto por su importancia en la conservación de la biodiversidad que albergan, como por los servicios ecosistémicos que brindan y el aporte a la economía nacional. Teniendo en cuenta esto, desde el triunfo de la Revolución, el Estado se dio a la tarea de proteger nuestros ecosistemas y una de las primeras acciones a favor de su conservación fue la reforestación, aumentando considerablemente la masa vegetal, principalmente en las zonas boscosas, abarcando una gran cantidad de territorios que logró incrementar la cobertura boscosa. Además, se mejoró la legislación ambiental para controlar que los recursos naturales sean utilizados de forma más racional.

La creación de un Sistema Nacional de Áreas Protegidas ha sido uno de los principales aportes a la preservación de nuestros recursos naturales. En la actualidad se realizan acciones importantes de restauración de ecosistemas y paisajes mediante su manejo integrado como son los ecosistemas costeros, entre los cuales se destacan los manglares y las playas. Son estas y muchas otras acciones conjuntas, que profundizarás en duodécimo grado,

las que nos darán la esperanza y la posibilidad de recuperar y conservar la biodiversidad cubana, y de que nuestros ecosistemas funcionen de forma armónica, para que las futuras generaciones puedan disfrutar de un porvenir ambientalmente más sano.



### Aplicación práctica

La ecología tiene amplias aplicaciones en la biología de la conservación, el manejo de los humedales, el manejo de recursos naturales, la agroecología, la silvicultura, la planificación física de ciudades, playas, centros turísticos, entre otros. Estos son el fundamento de la Adaptación basada en ecosistemas (AbE) que comprende un amplio rango de actividades de manejo tendientes a aumentar la resiliencia y reducir la vulnerabilidad de las personas y del ambiente al cambio climático.

Conservar y proteger el medio ambiente no significa dejar de usar sus recursos, sino hacerlo de manera racional para un desarrollo sostenible.

El **desarrollo sostenible** es aquel que permite satisfacer las necesidades de la generación presente, sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para resolver sus propias necesidades.

Para mitigar los daños a los recursos naturales en relación con los ritmos de desarrollo sostenibles se deben tener presente las siguientes exigencias:

- Ningún recurso renovable deberá explotarse a un ritmo superior al de su generación.
- Ningún contaminante puede generarse a un ritmo superior al que pueda ser reciclado, neutralizado o absorbido por el medio ambiente.
- Ningún recurso no renovable deberá aprovecharse a mayor velocidad de la necesaria para sustituirlo por un recurso renovable utilizado de manera sostenible.

Los seres humanos en su desarrollo necesitan de la naturaleza, sin embargo, el impacto de su actividad está provocando su deterioro progresivo. Así, el mundo se enfrenta a la mayor pérdida de la biodiversidad desde la extinción de los dinosaurios, con siete de cada 10 mamíferos, aves, peces, anfibios y reptiles aniquilados en tan solo 50 años. Los seres humanos no

pueden seguir pensando en el dominio de la naturaleza, sino en su salvaguardia. Ya no somos una pequeña parte del mundo en un gran planeta, ahora somos un gran mundo en un pequeño planeta, donde hemos alcanzado un punto de saturación.



### Reflexiona

En las naciones subdesarrolladas la pobreza crece a límites impredecibles y alcanzan su máxima expresión la marginalidad, la inseguridad alimentaria y la insalubridad, lo que provoca el incremento de la degradación de los recursos naturales y la contaminación. A esto se añaden los impactos ambientales que tienen lugar a consecuencia de la importación de capitales, provenientes de los países ricos, con el objetivo de obtener materias primas (explotando recursos naturales y fuerza de trabajo barata), y ello incrementa el deterioro del medio ambiente.

La mayor causa de la desaparición de especies es la destrucción de áreas silvestres para la agricultura y la explotación forestal. La caza furtiva es otro factor importante, unido a la pesca insostenible. Los ríos y lagos, por su parte, son los hábitats más afectados, cuyas poblaciones de animales disminuyeron en un 81 % desde 1970, debido a la extracción excesiva de agua, la contaminación y las presas. Todas estas presiones son agravadas por el **cambio climático** que está conduciendo al calentamiento global, el cual desplaza los hábitats en los que los animales son capaces de vivir.

Las principales variables asociadas al cambio climático son: incremento de la temperatura superficial del mar, aumento de la salinidad, incremento del nivel del mar, aumento de la frecuencia de ocurrencia de eventos meteorológicos extremos. Tales cambios se producen a muy diversas escalas de tiempo y sobre todos los parámetros meteorológicos: temperatura, presión atmosférica, precipitaciones, nubosidad, entre otros.

Existen fuertes evidencias de que el incremento de la temperatura del planeta, ocasionando cambios en el clima, es debido al aumento de las concentraciones de gases de efecto invernadero como resultado de la actividad humana.

El cambio climático puede dañar directamente a la biodiversidad, mediante cambios en las funciones de los organismos individuales, modifica poblaciones y afecta la estructura y función de los ecosistemas, y su distribución dentro del paisaje.

El incremento de la temperatura provoca cambios en las funciones vitales de los organismos marinos, como en su crecimiento, reproducción, respiración y, finalmente, su supervivencia. Ello puede conllevar cambios en la distribución de algunas especies y la extinción de otras, o afectar el alimento disponible en calidad y cantidad. El calentamiento también aumenta la morbilidad por enfermedades, como las ya identificadas en corales, gorgonias, erizos, peces, tortugas y cetáceos.

Las tendencias al incremento de las temperaturas y las variaciones en las precipitaciones propician condiciones óptimas al desarrollo de los vectores. Tales tendencias y variaciones favorecen la aparición de enfermedades al encontrar mejores condiciones ambientales a la incubación, desarrollo y propagación de agentes infecciosos, así como una mayor susceptibilidad de la población humana.

El aumento del nivel del mar es un fenómeno que puede generar la inundación de áreas boscosas costeras contiguas a los manglares o que formen parte del componente terrestre de esta formación, de manera irreversible, con la pérdida de todos los recursos forestales contenidos en ellas.

Para contrarrestar estos impactos se promueven **acciones de adaptación y mitigación**, adecuadas a cada uno de los tipos de ecosistemas. Por ejemplo, en las zonas costeras, que son las más vulnerables, se están implementando las medidas siguientes:

- Progresivo abandono de las áreas altamente vulnerables y el reasentamiento de los habitantes. Reducir la densidad demográfica en las zonas bajas y en las partes bajas de las cuencas hidrográficas.
- No construir áreas residenciales, fábricas u hoteles en las zonas bajas con perspectivas mayores de 50 años.
- Desarrollar concepciones constructivas en la infraestructura, adaptadas a las inundaciones temporales de las zonas bajas.
- Desarrollo de la acuicultura como un medio de disminuir la presión que actualmente sufren los ecosistemas arrecifales por parte de las actividades pesqueras.
- Repoblar las zonas de manglar en todos los sitios afectados por la deforestación y promover la reforestación de la zona costera con las especies propias.
- Desarrollar la regeneración de las playas sobre la base de “soluciones blandas” en combinación con otras tecnologías.
- Intensas acciones de educación ambiental con la población, los decisores y en los centros educacionales.

- Desarrollo de sistemas de monitoreo (mediciones sistemáticas) y de alerta temprana con tecnologías de punta, así como de nuevas tecnologías de ingeniería de costas.



### Reflexiona

Hoy más que nunca debemos replantearnos nuestra forma de actuar en la naturaleza, o el mundo natural, tal como los conocemos hoy en día, no existirá.

¿Qué debemos hacer la ciudadanía y los políticos?



### ¿Sabías que...?

El país más emisor de gases de efecto invernadero es Estados Unidos de América. El Protocolo de Kyoto es un acuerdo internacional que tiene por objetivo reducir tales gases que causan el calentamiento global. Para ello los países adscriptos a dicho protocolo deben tomar medidas en sus respectivas naciones para reducir las emisiones.

### Comprueba lo aprendido

1. En un estanque encontramos algas verdes en el interior de hidras (las algas utilizan el  $\text{CO}_2$  que expulsan las hidras y estas el  $\text{O}_2$  liberado por las algas). En el fondo viven cabombas y elodeas (plantas acuáticas), y flotando encontramos algas y diversos protozoos, moluscos, insectos y peces pequeños que se alimentan de los organismos mencionados, así como ranas que comen mosquitos, donde todos son alimento de peces mayores.
  - a) Elabora una red trófica e identifica los niveles tróficos.
  - b) Representa mediante flechas el sentido del flujo de energía.
  - c) Argumenta con tres elementos la importancia del nivel trófico productores en la dinámica del ecosistema.
  - d) Selecciona dos relaciones interespecíficas y descríbelas.
2. ¿Cómo puede el ser humano alterar los ciclos biogeoquímicos? Ejemplifica en cada uno.
3. Argumenta los efectos que ha provocado el factor sociocultural del medio ambiente en la crisis medioambiental que sufre actualmente el planeta.

4. Valora los efectos del cambio climático en los diferentes ecosistemas y propón medidas que se pueden tomar para mitigarlos y adaptarse a las nuevas condiciones climáticas.

Para concluir este capítulo podemos decir que las relaciones de los organismos en el medio ambiente tienen lugar a diferentes niveles ecológicos, como son el de organismo, población, comunidad, ecosistema, paisaje y biosfera. El análisis a cada uno de estos niveles revela la complejidad e integridad de la vida y los impactos que en estos tiene la acción humana, por lo que se hace necesario adoptar una postura bioética hacia la protección, la conservación y el uso sostenible del medio ambiente, con apego a la legislación vigente.

El estudio sistémico de la integridad biótica en cada uno de estos niveles nos permite comprender cómo la estructura que adoptan sus componentes como resultado del proceso evolutivo les infieren una serie de propiedades de las cuales dependen las funciones del sistema.

Los organismos han desarrollado adaptaciones que les han permitido su mantenimiento y perpetuación en presencia de diferentes factores abióticos y bióticos. Estos últimos han permitido que establezcan relaciones intra e interespecíficas de manera tan estrecha y diversificada que conforman en los ecosistemas redes tróficas en las cuales los organismos y las poblaciones intercambian sustancias, energía e información.

Los ecosistemas son proveedores de bienes y servicios de los cuales depende el desarrollo de las sociedades, sin embargo, en los últimos tiempos los factores socioculturales han incrementado su acción negativa en la dinámica de estos a nivel planetario, trayendo como consecuencia daños en la naturaleza por la explotación desmedida de sus recursos, la contaminación, las guerras, entre otras causas.

## Desafíos

1. En una laguna se introdujeron unos pocos individuos de una especie de algas; al cabo de unos meses el número de individuos aumentó considerablemente debido a las condiciones óptimas que encontró. El crecimiento de la población se hizo tan grande, que las condiciones externas se tornaron desfavorables al desarrollo y la reproducción de las algas, pues estas estaban sobreexplotando sus recursos. Como consecuencia comenzó la competencia entre los

individuos de la población por el espacio, la iluminación, el dióxido de carbono y los nutrientes que se encontraban en el agua. En un momento determinado la abundancia de algas disminuyó bruscamente debido a la alta mortalidad que se produjo. Al cabo del tiempo la población se estabilizó de acuerdo con las nuevas condiciones existentes.

a) Teniendo en cuenta esta situación explica cómo se evidencia la relación entre el potencial biótico, la resistencia ambiental, la densidad, la mortalidad y la natalidad.

**2.** En la biosfera, la materia es limitada, de manera que su reciclaje es un punto clave en el mantenimiento de la vida en la Tierra; de otro modo, las sustancias utilizadas como nutrientes se agotarían y la vida desaparecería. Debido a los ciclos biogeoquímicos, los elementos se encuentran disponibles, siendo usados una y otra vez por otros organismos. Sin embargo, la acumulación de residuos químicos (como óxidos de nitrógeno y de azufre) en la atmósfera, provocan las lluvias ácidas que ocasionan la infertilidad de los suelos, su deterioro y la destrucción de los ecosistemas naturales.

a) Investiga qué medidas se pueden tomar para reducir la emisión de los contaminantes precursores de este problema en tu comunidad desde el sector industrial, la población, en general, hasta tú como integrante de la comunidad.

**3.** Si fueras un agricultor ¿qué factores ambientales considerarías importantes para obtener un mejor rendimiento de tus cosechas? Fundamenta tu respuesta.

¿Cómo afecta el cambio climático la acción de estos factores?

**4.** Completa tu colección de recortes de artículos de revistas y periódicos con información acerca de los temas ecológicos, afectaciones, protección, conservación y uso sostenible de los recursos del medio ambiente.

**5.** Localiza en internet algún artículo en idioma inglés acerca de algún tema ecológico y con ayuda de diccionarios trata de comprender su contenido esencial. Redacta un texto en español acerca de lo que comprendiste y comunícalo a tus compañeros en el aula.

## Actividades prácticas

**Práctica de laboratorio:** Estudio de los efectos de factores ambientales en poblaciones de microorganismos e insectos

**Objetivo:** Sistematizar habilidades prácticas para el estudio de los efectos de factores ambientales en poblaciones de microorganismos e insectos

**Materiales:** insectos, cultivo de microorganismos (protistas), portaobjetos, frutas (plátano, piña, mango) fermentadas, embudo, frasco de vidrio o plástico, cubreobjetos, gotero, caja de cartón mediana, vaso de precipitados con agua, frasco lavador, bisturí o cuchilla, pinzas, agujas enmangadas, papel de filtro, lápices de colores, disolución de NaCl al 2 % (2 g de sal en 100 g de disolución acuosa) y microscopio óptico y el resto de los equipos y útiles de laboratorio

**Información básica:** los organismos que se utilizarán en la investigación (microorganismos e insectos como la cochinilla) son susceptibles de reaccionar ante cambios ambientales. Para ello se deberán someter a diferentes factores como olores, iluminación o concentración de sales inorgánicas.

### Sugerencias para el desarrollo de la actividad

- Gestiona el conocimiento necesario con vista a realizar adecuadamente una colecta de insectos. Debate con tus compañeros de equipo la bibliografía utilizada para esto. Nombra y anota en tu libreta los datos que se deben tomar al realizar dicha actividad.
- Se colocan en un recipiente, que puede ser un plato desechable o una cápsula de Petri, frutas fermentadas como la piña, el plátano o el mango.
- Colocar en una caja a los insectos, cerca pero no encima del recipiente con las frutas, esperar unos minutos y observar. ¿Se sienten atraídos por el olor que desprenden las frutas? Explica.
- Las frutas se pueden colocar en un frasco y en su extremo se le sitúa un embudo, así se impedirá que los insectos que penetren puedan salir.
- Se colocan los insectos en una caja sin tapa, se cierra el laboratorio dando la sensación de oscuridad, se esperan unos minutos, posteriormente se enciende una luz que puede ser una lámpara, los insectos deberán acudir a ella. En las noches, este efecto es muy bien observado.
- Se pueden tomar un grupo de cochinillas y se introducen en una caja de cartón, se tapan y se les hacen aberturas a la caja. Observa dónde se sitúan estas.

- Explica lo sucedido en los pasos cinco y seis.
- Toma una gota del cultivo de protistas y colócalo en un portaobjetos, vierte sobre él una gota de NaCl. Observa la muestra en el microscopio. ¿Qué le sucede a los microorganismos?

### Conclusiones

Analiza el comportamiento de los organismos empleados en los experimentos y relaciónalo con los factores ambientales a partir de los cambios presentados en cada uno de estos.

- ¿Consideras que estos comportamientos constituyen adaptaciones? Argumenta tu respuesta.
- ¿Cómo ha influido el proceso evolutivo en el comportamiento de los organismos analizados en el experimento? Explica.

### Excursión

#### Adaptaciones de los organismos y componentes de los ecosistemas

**Objetivo:** Identificar los componentes de un ecosistema de la localidad, los factores bióticos, abióticos y socioculturales que inciden en su funcionamiento, así como adaptaciones de los organismos, evidenciando la relación organismo-ambiente, sensibilidad y respeto por la naturaleza

**Organización:** en equipos

**Materiales:** libreta, lápiz, lupa y dispositivos móviles

#### Sugerencias para el desarrollo de la actividad

- Localiza un área en los alrededores de tu instituto, de la localidad o en las afueras de esta, donde se identifique un ecosistema para ser estudiado por tu equipo.
- Observa y realiza en la libreta una caracterización y croquis del área seleccionada por el equipo con relación a los aspectos físico-geográficos.
- Identifica algunas especies de plantas y animales, sus hábitats, medio y sustrato. Anota estos datos en tu libreta, tómale fotos y videos en su hábitat.
- Identifica la presencia de factores abióticos físicos y químicos.
- Ejemplifica adaptaciones que observes en algunos de los organismos presentes e indica con qué factor biótico o abióticos se corresponden.

- Selecciona una población característica de este ecosistema y determina su densidad. Identifica en algunas de las poblaciones existentes algún ejemplo de relaciones intraespecíficas. Descríbelas en tu libreta.
- Clasifica los organismos que anotaste en el punto tres en cuanto a su nivel trófico y elabora esquemas que representen una red trófica y una pirámide ecológica.
- Identifica algunas de las relaciones interespecíficas que representaste en la red trófica. Anótalas en tu libreta e indica con signos + y – el efecto en cada uno de los organismos.
- Identifica algún problema medioambiental existente en la zona, analiza sus causas y propón algunas soluciones.
- Elabora junto al resto de los educandos de tu equipo el informe de la actividad, el cual debes entregar a tu docente.

## Seminario

### Protección, conservación y uso sostenible de los ecosistemas

**Objetivo:** Valorar la necesidad de proteger y conservar los ecosistemas, así como utilizar sus recursos de manera sostenible, a partir de las vivencias en la comunidad y las experiencias de nuestro país y del mundo

#### Temáticas

- Bienes y servicios de los ecosistemas. Abastecimiento, regulación, culturales y de apoyo.
- Afectaciones a los ecosistemas más importantes. Sus causas y consecuencias. Impacto del cambio climático.
- Medidas que se deben tomar para proteger y conservar los ecosistemas. Mitigación y adaptación. Acciones que se desarrollan en Cuba y en la localidad de la institución.
- Estrategias, legislaciones y políticas para el uso sostenible de los recursos naturales.

#### Organización del seminario

Este seminario se desarrollará por equipos. Cada equipo realizará una ponencia escrita acerca de la temática que le corresponde y una presentación electrónica para la discusión colectiva en el grupo. La ponencia tendrá la siguiente estructura:

## CAPÍTULO 5

- Carátula con los datos del grupo, temática, educandos, grupo y fecha.
- Introducción, con la presentación de la temática, objetivos y cómo se realizó el trabajo.
- Desarrollo con los contenidos gestionados en diferentes fuentes, redactados de manera creadora por los educandos, pueden incorporar tablas, gráficas, imágenes, etcétera.
- Conclusiones con las reflexiones en forma de síntesis finales derivadas de los aspectos analizados en el trabajo.
- Bibliografía con todos los materiales utilizados en la gestión de la información actualizada (autor, título, editorial, lugar y fecha).



# CAPÍTULO 6

## La vida: unidad, diversidad e integridad

**A**l terminar los estudios en este grado sobre las características de la vida en la Tierra y, en especial, el alto grado de complejidad que se evidencia en todos los niveles de organización de la materia viva, es necesario retomar algunas generalizaciones que te permitirán confirmar la materialidad y cognoscibilidad del mundo vivo, lo cual es posible debido a la investigación científica de los fenómenos y procesos bióticos. Entre estas generalizaciones que se han abordado en este grado es necesario insistir en tres, en especial:

- Unidad y diversidad del mundo vivo
- Su complejidad estructural
- La integridad biótica en los niveles de organización de la vida

Al finalizar el estudio de estas generalizaciones podrás argumentarlas y ejemplificar en cada caso, contribuyendo así a tu formación científica desde posiciones materialistas. Estas convicciones te permitirán adoptar posiciones y actitudes objetivas ante diferentes situaciones, hechos y fenómenos que acontecen en el medio ambiente o puntos de vista que se intercambian en tu grupo de amistades o vecinos, los cuales no siempre reflejan la verdad científica.

### **6.1 En todos los sistemas bióticos estudiados en el grado se evidencia la unidad y diversidad**

Ante todo, debes recordar las características esenciales de todos los sistemas vivos presentados de manera muy general en el capítulo 2, pues estas características evidencian la unidad del mundo vivo, es decir, si todos poseen esas características, entonces existe unidad estructural, funcional

y de origen, lo cual se refleja en todos los niveles de organización de la materia viva, en los cuales se pueden describir sus estructuras, explicar sus propiedades y deducir sus funciones.

Así pues, dichas características esenciales de la vida asumidas son:

- Su elevada **complejidad**, organizada en niveles de jerarquía creciente.
- **Integridad** en su funcionamiento como un todo.
- **Autorregulación** de su funcionamiento, mediante la irritabilidad, la homeostasis y el metabolismo, que posibilitan el mantenimiento de la vida, en interrelación con el medio ambiente.
- Se reproducen y desarrollan, mediante información genética que poseen y transmiten a su descendencia, en interacción con factores ambientales, logrando así su **autoperpetuación**.
- Evolucionan a través del tiempo, resultando de ello su extraordinaria **diversificación** y **adaptación** a nuevas condiciones ambientales.

Estas características de la vida se encuentran en síntesis en la definición de vida presentada en el capítulo 1 de este libro.



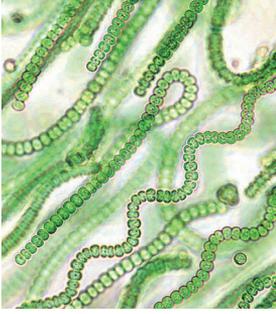
### Recuerda que...

Definimos a la vida como una forma especial de existencia de unidades de materia orgánica con elevada complejidad e integridad estructural y funcional, que le posibilita un funcionamiento autorregulado, en interacción con el medio ambiente, por lo cual se desarrollan, perpetúan y evolucionan en el tiempo.

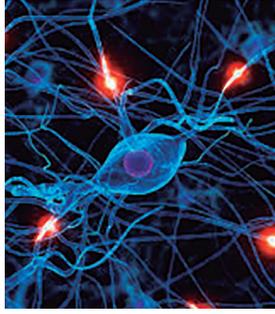
Estas características esenciales de la vida se pueden identificar en todos los niveles bióticos de organización de la materia: las células, los organismos, las poblaciones, las comunidades y la biosfera.

Sin embargo, cada uno de estos sistemas vivientes manifiesta una extraordinaria diversidad, como un reflejo de los cambios y transformaciones que a través del tiempo y en la ocupación de los diferentes espacios del planeta, han ocurrido en la materia viva durante su desarrollo continuo.

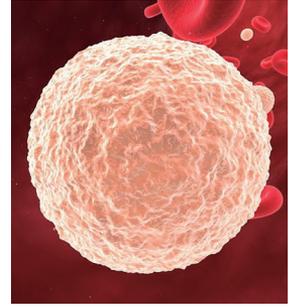
Así, el análisis de las diferencias estructurales y funcionales entre los diferentes tipos de biomoléculas, células, microorganismos, plantas, animales, entre poblaciones de la misma especie que habitan en diferentes regiones, entre otros, revela el maravilloso fenómeno de la diversidad biótica (figs. 6.1 y 6.2).



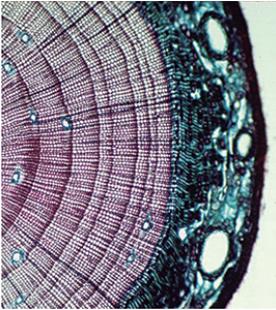
Cianobacteria



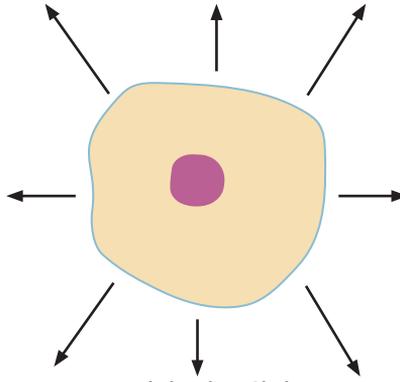
Neurona



Glóbulo blanco



Célula vegetal



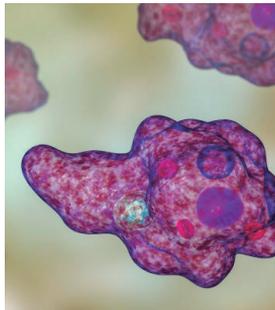
Modelo de célula



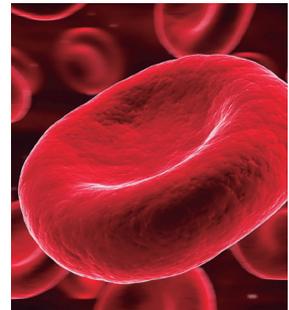
Euglena



Espermatozoide

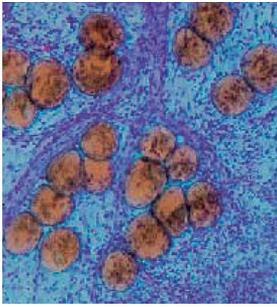


Ameba

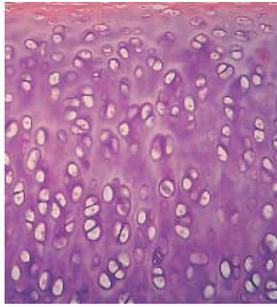


Glóbulo rojo

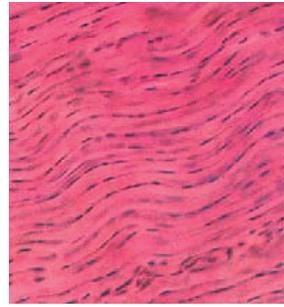
**Fig. 6.1** Unidad y diversidad de células procariotas y eucariotas, de microorganismos, plantas y animales



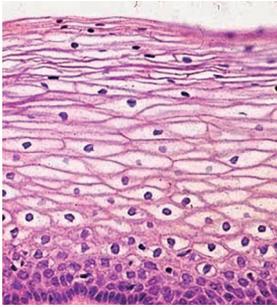
Adiposo



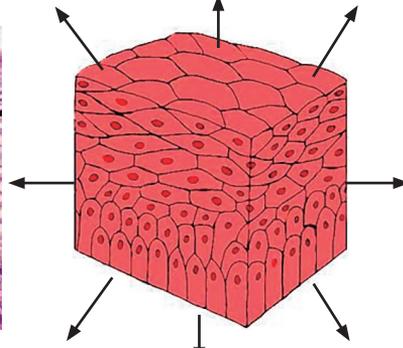
Cartilaginoso



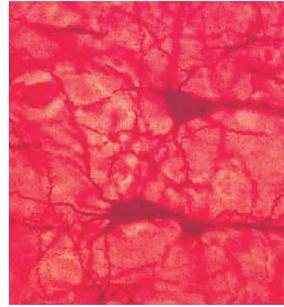
Conectivo o laxo



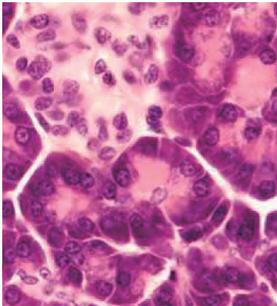
Epitelial estratificado



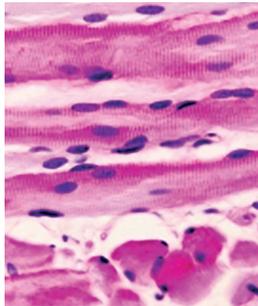
Modelo de tejido



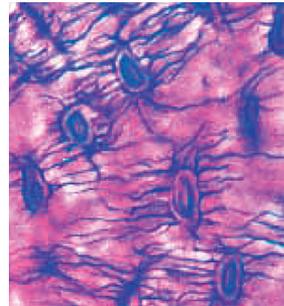
Nervioso



Epitelial glandular



Muscular estriado



Óseo

**Fig. 6.2** Unidad y diversidad de tejidos en los organismos de los animales

El abordaje de la biodiversidad data desde los primeros momentos en que se estudiaron los seres vivos en la antigüedad, desarrollándose la historia natural como disciplina por los naturalistas, que se encargaban de recolectar especímenes por todas las regiones del planeta, y mediante métodos empíricos de observación y comparación, los describían y clasificaban, identificando, en algunos casos, su utilidad para la medicina, la alimentación, la construcción, la ornamentación, entre otras.

Los estudios científicos de la biodiversidad debieron esperar al surgimiento de la biología como ciencia al insertarse junto a la observación, los métodos experimentales y los conocimientos de otras disciplinas de las ciencias naturales. Desde esta perspectiva, la biodiversidad ha sido organizada en tres grandes dominios: **Bacteria**, **Archaea** y **Eukarya**, que abarcan a todos los seres vivos, tanto microorganismos como organismos de mayor tamaño y complejidad.

En la actualidad estamos asistiendo a un notable deterioro de la biodiversidad, manifestado en las grandes extinciones de especies por pérdida de sus hábitats debido a la acción antrópica, es decir, del ser humano, al desbrozar los bosques con fines comerciales y agrícolas, a la caza furtiva, el desvío de ríos, la construcción de represas y ciudades, las consecuencias de las guerras y los desechos industriales o agrícolas, entre otros factores.

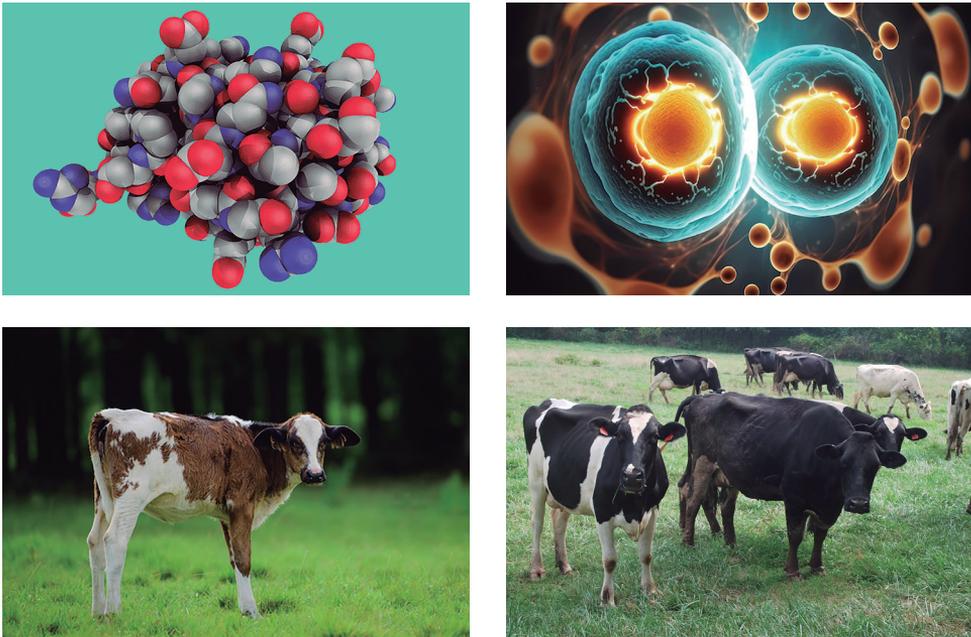
Su conservación se ha convertido en un problema global de la humanidad, identificado por la ONU y reiterado en numerosos eventos y tratados mundiales. Sin embargo, aún no se logra resolver, pues requiere no solo de acciones institucionales sino del concurso de toda la población, cada uno desde su puesto de trabajo y estudio, en las comunidades, los campos y las ciudades.

### Comprueba lo aprendido

1. ¿Qué importancia tiene para los estudios biológicos el determinar caracteres esenciales de la vida en la Tierra? Mencione los adoptados en este nivel.
2. Demuestra la manifestación de la unidad y la diversidad en los siguientes ejemplos de sistemas vinculados con la vida:
  - a) Bacterias
  - b) Célula vegetal
  - c) Animales cordados

## 6.2 Existe una tendencia al incremento en la complejidad estructural y funcional a medida que ascendemos en los niveles de organización de la materia

Como ya conoces, los sistemas vivos presentan diferentes grados de complejidad, lo cual está determinado por las características de su estructura y funciones. El descubrimiento de su organización en niveles de complejidad creciente (fig. 6.3) ha sido un logro de la biología moderna, pues permite estudiar cada fenómeno en su nivel y en interrelación con los demás, pues las causas de estos pueden estar en los niveles inferiores, y a su vez repercutir en los niveles superiores.



**Fig. 6.3** Complejidad creciente en representantes de diferentes niveles de la vida, de izquierda a derecha: biomolécula de proteína, células eucariotas, organismo animal, y población

A medida que se asciende en el sistema de niveles se incrementa la complejidad, pero disminuye el número de unidades. Sin embargo, las funciones son más complejas, pues incluyen en sí mismas las funciones de cada una de sus partes. Así por ejemplo, el funcionamiento de la célula como un todo requiere la integración de todos sus componentes como la membrana citoplasmática, el citoplasma, el núcleo y sus funciones respectivas.

Como puedes ver, la complejidad es mayor que la existente en una biomolécula aislada, como una macromolécula de proteína (la hemoglobina); sin embargo, en esta misma molécula se manifiesta una mayor complejidad en comparación con un átomo de carbono que la constituye como molécula orgánica que es.

### Comprueba lo aprendido

1. Compara una célula, un organismo y una comunidad o biocenosis y demuestra que el grado de complejidad de estos va en ascenso.
2. ¿Qué vínculo existe entre el incremento en complejidad de los sistemas vivos y la evolución?

## 6.3 En cada uno de los niveles en que se organiza la vida se evidencia la integridad biótica

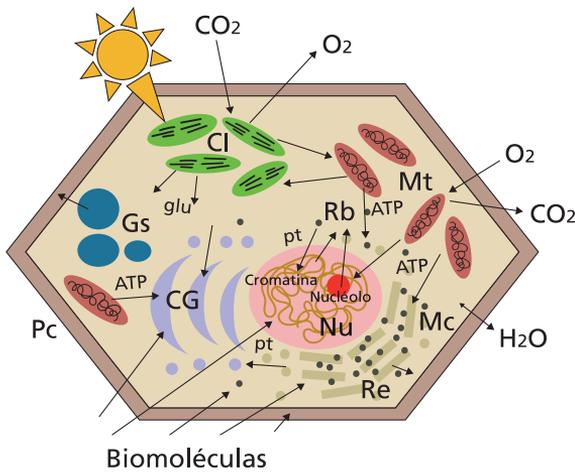
La integridad biótica constituye la concreción a los sistemas vivos, del concepto integridad del universo, de la concatenación universal de todos los objetos, fenómenos, propiedades, procesos y funciones.

Como ya estudiaste, la **integridad biótica** está dada por las relaciones, interacciones o nexos que existen entre cada uno de los objetos y fenómenos que se dan en los diferentes sistemas vivos.

Se manifiesta en todo sistema biótico (en cada uno de sus niveles organizativos), históricamente formado a través del tiempo (de su evolución) y distribuido en el espacio (océanos, envoltura terrestre, planeta, galaxias y universo), siempre que existan las condiciones ambientales adecuadas que posibiliten su existencia.

Su pérdida puede provocar diferentes efectos en los sistemas vivos, como pérdida del equilibrio homeostático, malformaciones, trastornos, enfermedades, muerte, extinción, desaparición de ecosistemas, entre otros fenómenos que afectan la continuidad de la vida.





**Leyenda**

- Gs: gránulo de secreción
- Cl: cloroplasto
- Pc: pared celular
- Rb: ribosoma
- Mt: mitocondria
- Mc: membrana citoplasmática
- Nu: núcleo
- Re: retículo endoplasmático
- ATP: trifosfato de adenosina
- glu: glucosa
- pt: proteína

**Fig. 6.4** Interrelaciones de la célula como un sistema dinámico en interrelación con el medio ambiente

Como puedes ver, es imposible separar las **interrelaciones con el medio ambiente** del análisis del funcionamiento dinámico de los sistemas vivos como un todo. En el caso de una célula, el **intercambio de sustancias** es evidente en la incorporación de agua, iones y moléculas pequeñas, y la salida de otras mediante los procesos de transporte, endocitosis y exocitosis.

Por otra parte el **intercambio de energía** de la célula con el medio ambiente se evidencia con la absorción de energía radiante de la luz durante la fotosíntesis y de la energía química contenida en las moléculas orgánicas tomada por las células heterótrofas, de la energía calorífica que irradian las células vivas durante su funcionamiento, entre otras. El **intercambio de información** se manifiesta a través de la información genética que puede una célula tomar en su interacción con virus u otras formas acelulares, información emitida y recibida por hormonas y neurotransmisores en las células de los órganos endocrinos y nerviosos, que permite la regulación de su funcionamiento del resto de las células del organismo.

En onceno grado profundizarás en las relaciones dinámicas que se dan en el nivel de organismo en interrelación con los otros niveles y con el medio ambiente, de modo que en este grado lo podemos observar en uno de los niveles de organización ecológica que estudiaste: el ecosistema.

Uno de los ecosistemas que en Cuba está más vulnerable actualmente son las playas, ante su explotación desmedida por el turismo. En una playa, la comunidad que la constituye está formada por organismos productores como las uvas caletas, las hierbas, las algas de diferentes especies, entre otras. Estos organismos forman poblaciones que sirven de sustento alimenticio a organismos consumidores como los cangrejos, los moluscos, los peces, diferentes especies de crustáceos, entre otros, de los que a su vez se alimentan otros tipos de poblaciones carnívoras, formando un enrejado de relaciones llamado red trófica. Además de los alimentos orgánicos que estos animales toman del medio ambiente, también toman otras sustancias inorgánicas como el dióxido de carbono disuelto en el agua del mar o en el aire, y eliminan a esta sustancia de desecho del metabolismo, en un intercambio continuo que si se detiene se desestabilizan los organismos y sus poblaciones, lo que deja un vacío en el ecosistema, y en el nicho ecológico que esta especie ocupaba en este.

### Comprueba lo aprendido

1. Explica las relaciones que se evidencian entre las tres dimensiones de la categoría integridad biótica.
2. Demuestra cómo se manifiesta la integridad biótica en una célula, un organismo, una población y una comunidad. Para ello debes basarte en ejemplos y argumentos en cada caso.
3. Explica las relaciones estructura-propiedades-funciones en cada uno de los siguientes ejemplos de componentes de los sistemas vivientes:
  - a) Membrana citoplasmática de una célula nerviosa
  - b) Vacuolas digestivas de un glóbulo blanco de la sangre
  - c) Tejido muscular del brazo
  - d) Tallo de una planta de frijol
  - e) Estómago de un cerdo
4. Explica qué relación guarda la integridad biótica con los problemas medioambientales que hay en la actualidad. Analiza, en tu explicación, el papel de la humanidad en el origen de estos.

Podemos concluir este capítulo diciendo que la investigación científica de los fenómenos y procesos bióticos durante muchos años de desarrollo de las ciencias biológicas ha logrado descubrir la unidad en la diversidad de seres vivos, la cual se resume en las características esenciales de los sistemas vivientes.

A medida que se asciende en los niveles en que se organiza la materia viva se va aumentando el nivel de complejidad estructural y funcional como una de las características de la vida.

La integridad biótica es una regularidad de todos los sistemas vivientes por muy sencillos que aparezcan a nuestros sentidos, en la cual se evidencian estrechas relaciones de dependencia entre la estructura de sus componentes, las propiedades que esta le infiere y las funciones que desempeñan en el sistema viviente, las relaciones con el medio ambiente que se producen durante sus funciones y las interrelaciones entre todos sus componentes funcionando como un todo íntegro.

## Desafíos

1. El perro es un animal que constituye un sistema viviente:
  - a) Demuestra la complejidad estructural y funcional que se manifiesta en: una molécula de proteína, una célula muscular y el perro como un todo.
  - b) Compare el grado de complejidad entre estos sistemas vivientes y llegue a conclusiones.
  - c) Analiza las consecuencias en la integridad biótica del perro, cuando una determinada enzima digestiva de este animal no funcionara correctamente.
2. Selecciona una de las enfermedades que aquejan a la humanidad actualmente e investiga sus causas. Explica cómo se evidencia en este caso la pérdida de la integridad biótica.
3. El cambio climático es uno de los problemas globales más importantes en la actualidad. Valora la posibilidad de que este puede ser un factor causal de la pérdida de la integridad biótica en las poblaciones y comunidades de animales, plantas y microorganismos.
4. Investiga acerca del enfoque "Una salud" promovido por la Organización de Naciones Unidas y redacta un texto sobre su importancia en estos momentos en que hay amenazas de nuevas epidemias y pandemias.
5. Elabora un proyecto con tu colectivo de educandos que responda a la temática de Economía circular. Valora la importancia de esta concepción y su vínculo con los problemas globales que aquejan a la humanidad.

# GLOSARIO

**Adicciones:** es una dependencia hacia una sustancia, actividad o relación que arrastra a la persona adicta lejos de todo lo demás que le rodea, con graves consecuencias en su calidad de vida, su salud física, mental y social.

**Análisis:** es un proceso lógico del pensamiento que implica la descomposición de un sistema (todo) en sus elementos o partes componentes para someterlas a estudio y poder entender su estructura, propiedades, funcionamiento e interacción entre las partes y con el medio ambiente.

**Anatomía:** rama de la biología que estudia la organización estructural de los organismos.

**Anticuerpo (inmunoglobulina):** proteína sintetizada por un tipo de glóbulo blanco en respuesta a la penetración en el organismo de una sustancia extraña (antígeno), cuya función está relacionada con la defensa del organismo y la regulación inmunológica.

**Armas biológicas:** son agentes bióticos de fácil producción y bajo costo adaptados para un uso con finalidad bélica. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), cualquier agente infeccioso o tóxico puede usarse, en teoría, como arma.

**Biodiversidad:** es la variabilidad de los organismos, de su material genético, y de los ecosistemas de que forman parte.

**Biofísica:** es la rama de las ciencias biológicas que surge por la interacción de la biología y la física. Estudia la biomecánica de las estructuras biológicas, la comunicación molecular y las transformaciones de la energía en los seres vivos.

**Bioinformática:** uso de computadoras, **software** y modelos matemáticos para procesar e integrar información biológica a partir de un conjunto grande de datos.

**Biorremediación:** se refiere a los procesos en los cuales se utilicen seres vivos (microorganismos y plantas) para retornar al equilibrio de un

ambiente modificado por contaminantes (contaminación del agua, del aire o del suelo).

**Bioterrorismo:** cuando el objetivo de un ataque con armas biológicas es la población civil u otros elementos de importancia político-económica como cultivos, ganados e instituciones.

**Bioquímica:** ciencia interdisciplinaria que estudia los componentes químicos de los seres vivos, especialmente las proteínas, carbohidratos, lípidos y ácidos nucleicos, además de otras pequeñas moléculas presentes en las células y las reacciones químicas en que están involucradas durante el metabolismo celular.

**Cadenas de alimentación:** representación abstracta lineal de las relaciones tróficas en un ecosistema en el cual cada nivel se relaciona con el que le sucede, constituyendo un eslabón de esta.

**Calidad de vida:** categoría socioeconómica, política y moral que se sustenta en un determinado desarrollo económico, cultural, jurídico, ético, y en un sistema de valores sociales que son los que permiten que la vida tenga o no la calidad en correspondencia con el consenso técnico y moral de cada lugar y época.

**Cáncer:** conjunto de enfermedades en las cuales el organismo produce un exceso de células malignas (conocidas como cancerígenas o cancerosas), con crecimiento y división más allá de los límites normales (y a veces invasión del tejido circundante).

**Ceras:** moléculas de lípidos compuestas de ácidos grasos unidos por enlaces covalentes a alcoholes de cadena larga.

**Clonación:** proceso mediante el cual se obtienen individuos genéticamente idénticos que descienden de un mismo organismo por mecanismos de reproducción asexual.

**Creacionismo:** conjunto de creencias, según las cuales la Tierra y cada ser vivo que existe actualmente proviene de un acto de creación por uno o varios seres divinos.

**Deducción:** proceso lógico del pensamiento que parte de proposiciones generales para verificar su comportamiento en diversos casos particulares, con lo cual se corrobora la veracidad de la generalización de partida.

**Desertificación:** es la degradación de las tierras áridas, como consecuencia de variaciones climáticas debido a la acción humana como: la falta

de riego, la deforestación, el pastoreo intensivo y la sobreexplotación de los cultivos.

**Diferenciación celular:** son las transformaciones estructurales y funcionales de las células madre durante su desarrollo ontogenético que permiten la formación de las células constituyentes de los tejidos adultos especializados.

**Endosimbionte:** organismo que vive dentro de una célula hospedera, manteniendo una relación simbiótica, es decir, de dependencia mutua y armónica, entre ambos.

**Fauna:** conjunto de animales de un país o región.

**Fermentación:** proceso catabólico de obtención de energía a partir de la degradación incompleta de compuestos orgánicos en ausencia de oxígeno, que tiene como producto final compuestos menos complejos.

**Filogenia:** desarrollo evolutivo.

**Fisiología:** ciencia que estudia las funciones biológicas de los tejidos, órganos y sistemas de órganos de los seres vivos.

**Flora:** conjunto de plantas de un país o región.

**Fosfolípidos:** moléculas de lípidos constituidos por una cabeza hidrófila de glicerina, formada por un fosfato de un compuesto nitrogenado (colina o etanolamina) y una cola hidrófoba, formada por ácidos grasos que repelen el agua, lo que le da un carácter anfipático.

**Fotosíntesis:** la palabra fotosíntesis proviene del griego antiguo, φως (foto), "luz", y σύνθεσις (síntesis), "unión". Síntesis de compuestos orgánicos a partir de sustancias inorgánicas como el dióxido de carbono y el agua, debido a que poseen moléculas transductoras, como las clorofilas, capaces de absorber energía radiante de la luz y transformarla en energía química en forma de ATP.

**Genes:** segmento de molécula de ADN que contiene la información genética determinada en la secuencia de bases de nucleótidos.

**Genética:** ciencia que se encarga del estudio de la herencia, la variación y sus causas.

**Genoma:** conjunto de cromosomas y genes que contienen la información genética de una especie.

**Genómica:** rama de la genética molecular que se encarga de investigar, estudiar y conocer los genes de un genoma particular, dilucidar cómo están coordinados, así como indagar la relación que hay entre las alteraciones de

los genes y las enfermedades, además de inferir las relaciones evolutivas entre especies.

**Hidrofílico:** propiedad que presentan determinadas moléculas de ser atraídas por el agua.

**Hidrofóbicas:** propiedad que presentan determinadas moléculas de ser repelidas por el agua.

**Histología:** ciencia que tiene como objeto de estudio a los tejidos.

**Homeostasis:** deriva de vocablos griegos que significan, mantenerse igual. Es el fenómeno de la constancia y la estabilidad dinámica del medio interno de un sistema que se logra mediante la regulación.

**Hospedero:** organismo, animal o planta, en cuyo cuerpo está alojado un parásito. Puede ser definitivo o intermediario.

**Información genética:** información contenida en la secuencia de nucleótidos (determinada por la secuencia de bases nitrogenadas) del ácido desoxirribonucleico (ADN), que se transmite a la descendencia, se expresa en los caracteres hereditarios y puede sufrir variaciones, originando nuevas características.

**Inducción:** operación lógica del pensamiento que permite llegar a generalizaciones a partir del análisis de casos particulares.

**Ingeniería genética:** biotecnología de tercera generación basada en la recombinación del ADN, es decir, la transferencia de ADN de un organismo a otro que posibilita la creación de especies con nuevas características, la corrección de defectos genéticos y la producción de numerosos compuestos.

**Irritabilidad:** propiedad característica de todos los organismos que consiste en responder ante los estímulos del medio.

**Investigar:** proviene del latín, *investigare* (seguir las huellas, encontrar, hacer aparecer) y de *vestigium* (huella, traza y apariencia). Es sinónimo de indagar, inquirir, averiguar, poner en claro, seguir la pista. Ese deseo de satisfacer una curiosidad, de descubrir, con una constante insatisfacción, es el sello de la investigación.

**Medio ambiente:** es un sistema dinámico de componentes abióticos, bióticos y socioculturales, con los cuales interactúan los organismos.

**Metabolismo:** propiedad inherente a la materia viva que consiste en un conjunto de reacciones acopladas en la que se degradan y sintetizan compuestos vitales en las células y el organismo.

**Metabolitos:** sustancias que intervienen en los procesos metabólicos, muchos de los cuales son producidos por el organismo en el curso del metabolismo, otros son captados del medio ambiente, porque el organismo es incapaz de elaborarlo por sí mismo: los autótrofos solo toman del medio los metabolitos inorgánicos como el agua, el CO<sub>2</sub>, los nitratos y determinados microelementos.

**Microbiología:** rama de la Biología encargada del estudio de los microorganismos (*mikros* "pequeño"; *bios*, "vida" y *logos*, "estudio"), también conocidos como microbios, que solo son visibles a través de diferentes tipos de microscopios. En el primer caso se encuentran los virus, cuyo reconocimiento como seres vivos está en discusión, así como, los procariontes y eucariontes simples.

**Monosacáridos:** azúcar soluble en agua, estructura química más sencilla que forma a los carbohidratos.

**Morfología:** ciencia que estudia la forma, la estructura de los tejidos, los órganos y sistemas de órganos de los seres vivos.

**Nanómetros (nm):** unidad de medida de longitud que representa 10<sup>-9</sup> m. "Nano" proviene del latín *nanus* que significa muy pequeño o enano. Se utiliza para expresar las medidas de moléculas, orgánulos, virus y microorganismos muy pequeños.

**Nutrición autótrofa:** tipo de nutrición en la que se sintetizan compuestos orgánicos a partir de sustancias inorgánicas y una fuente de energía.

**Nutrición heterótrofa:** tipo de nutrición en la que se obtienen del medio ambiente compuestos orgánicos preelaborados por los autótrofos.

**Organismo:** sistema autorregulado de materia viva que funciona como un todo independiente, en constante intercambio de sustancias, energía e información con el medio ambiente, lo que le permite su desarrollo individual y la reproducción.

**Organismos pluricelulares:** organismos complejos formados por muchas células que pueden alcanzar diferentes grados de organización, como tejidos, órganos o sistemas de órganos, especializados en la realización de una función determinada, lo que les permite alcanzar mayor eficiencia en su funcionamiento.

**Organismos unicelulares:** organismos constituidos por una célula que realiza todas las funciones inherentes a la vida, se autorregula y tiene vida independiente.

**Órgano:** sistema biótico constituido por dos o más tejidos que están relacionados estructuralmente y funcionalmente, y se especializan en una o varias funciones en el organismo.

**Ósmosis:** es un caso especial de difusión de disolventes a través de una membrana cuando los solutos no pueden atravesarla, por lo que el disolvente se mueve de una zona de menor concentración de soluto a otra de mayor concentración (de mayor concentración a menor concentración de disolvente).

**Plásmidos:** moléculas de ADN circular extracromosómica de pequeño tamaño, que se pueden encontrar en células procariontas.

**Polímero:** macromolécula orgánica formada por la unión de moléculas más pequeñas iguales llamadas monómeros. Son polímeros las proteínas, los ácidos nucleicos y los carbohidratos.

**Polinucleótidos:** molécula constituida por varios nucleótidos que forman cadenas lineales enlazadas a través de los grupos o radicales fosfato por un enlace fosfodiéster y que constituyen a los ácidos nucleicos.

**Propiedades:** atributos o cualidades esenciales de alguien o algo.

**Proteómica:** rama de la biología molecular que estudia la expresión de las proteínas y su relación con las condiciones de vida y del ciclo celular de los organismos.

**Quimiosíntesis:** proceso anabólico de síntesis de materia orgánica a partir de materia inorgánica obtenida en el medio, utilizando energía química de reacciones de oxidación de diferentes compuestos inorgánicos de azufre, hierro, nitrógeno, entre otros, realizada por bacterias y arqueas; también reciben el nombre de litótrofas (lito-piedra, trofos-alimentación).

**Recambio celular:** proceso de sustitución de los componentes celulares a consecuencia del metabolismo y la dinámica del funcionamiento celular.

**Reproducción:** función que permite la perpetuación de cada especie en el tiempo y el espacio, como resultado de la multiplicación del número de sus individuos, en la cual se transmiten las características hereditarias de generación en generación.

**Respiración:** proceso metabólico celular regulado enzimáticamente, en el que los compuestos orgánicos se degradan completamente en presencia de dioxígeno, mediante reacciones de oxidación-reducción (redox) y se producen moléculas de alto contenido energético como el ATP.

**Salud:** bienestar físico, psíquico y social de los humanos como resultado de la equilibrada interacción con el medio ambiente en que se desarrollan.

**Tecnología:** es el conjunto de conocimientos técnicos, ordenados y fundamentados científicamente, que permiten diseñar y crear bienes y servicios que facilitan la adaptación al medio ambiente y satisfacen tanto las necesidades esenciales como los deseos de las personas.

**Tecnología del ADN recombinante:** tipo de biotecnología en la cual se logra modificar el material genético de un individuo mediante la introducción de genes foráneos, con la utilización de enzimas de restricción que cortan la molécula de ADN y vectores como los plásmidos y virus que permiten la introducción de los segmentos de ADN foráneos, lográndose producir artificialmente, organismos híbridos que exhiben ciertas propiedades de otras especies.

**Tejido:** agrupaciones de células semejantes y especializadas que participan coordinadamente en la realización de una o varias funciones específicas.

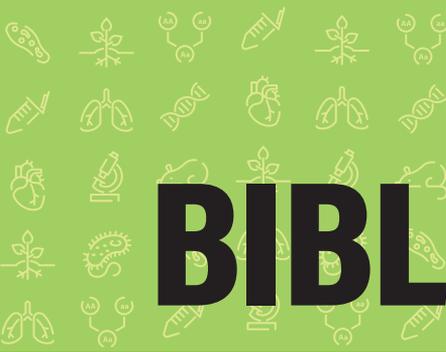
**Terapia génica:** metodología mediante la cual se introducen genes en un individuo para eliminar las consecuencias clínicas de una enfermedad genética heredada o adquirida de forma directa o indirecta, mediante el uso de células como vehículo de liberación.

**Transgénicos:** organismos en los cuales, un gen foráneo (transgen) ha sido incorporado a su genoma durante su desarrollo inicial, produciendo en este la incorporación de una característica deseada.

**Transposoma o elemento genético transponible:** es una secuencia de ADN que puede moverse de manera autosuficiente a diferentes partes del genoma de una célula, por un fenómeno conocido como transposición. En este proceso se pueden ocasionar mutaciones y cambio en la cantidad de ADN del genoma.

**Vacuna:** la vacuna (del latín *vaccinus-a-um* (vacuno); de *vacca-ae*, "vaca") es un preparado de antígenos que una vez dentro del organismo provoca la producción de anticuerpos y con ello una respuesta de defensa ante microorganismos patógenos.

**Vida:** forma especial de existencia de la materia de los cuerpos formados por biomoléculas, con elevada complejidad estructural y funcional, que le posibilitan la autorregulación de su funcionamiento en interacción con el medio ambiente, su desarrollo, perpetuación y evolución en el tiempo.



# BIBLIOGRAFÍA

ACOSTA SARRIEGO, J. R.: *Bioética desde una perspectiva cubana*, Publicaciones Acuario (edición digital), La Habana, 2007.

Algunas cuestiones biológicas. Recopilación de artículos, t. 4, t. 5 y t. 6, Ed. Pueblo y Educación, La Habana, 1988.

ÁLVAREZ GARCÍA, M. Á., C. SANTÍN y D. CANESTRARI: *Los ecosistemas: estructura y funcionamiento. Ciencias medioambientales*, edición digital, España, 2011.

ÁLVAREZ POMARES, O. y otros: "Fundamentos de la Ciencia Moderna", *Universidad para todos, Juventud Rebelde*, La Habana, 2001.

*Atlas de Histología Vegetal y Animal*, recuperado de: <http://webs.uvigo.es/mmegias/inicio.html>

AUDESIRK, AUDESIRK y BYERS: *Biología, la vida en la Tierra*, 8.<sup>a</sup> ed., Ed. Pearson Education, México, 2008.

BAISRE, J. A.: *La vida en el mar*, Ed. Científico-Técnica, La Habana, 2007.

BANASCO ALMENTEROS, J. y otros: *Ciencias Naturales: una aproximación epistemológica*, Ed. Pueblo y Educación, La Habana, 2011.

\_\_\_\_\_ : *Ciencias Naturales: una propuesta para su enseñanza-aprendizaje. Segunda parte*, Ed. Pueblo y Educación, La Habana, 2012.

BERNAL, J. D.: *La ciencia en la historia*, t. 1, Ed. Científico-Técnica, La Habana, 2007.

\_\_\_\_\_ : *La ciencia en la historia*, t. 2, Ed. Científico-Técnica, La Habana, 2008.

BEROVIDES ÁLVAREZ, V.: *Biología evolutiva*, Ed. Pueblo y Educación, La Habana, 1995.

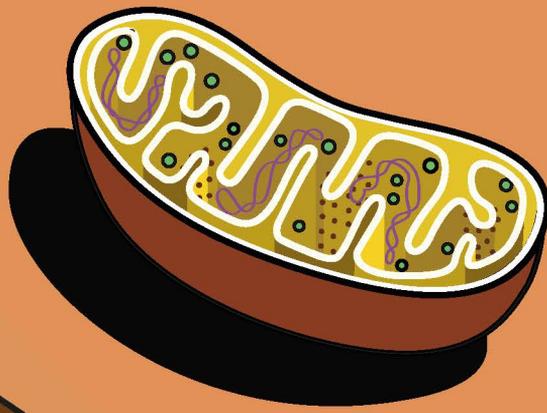
\_\_\_\_\_ : *La vida en la Tierra y en otros mundos ¿estamos solos en el universo?*, Ed. Científico-Técnica, La Habana, 2015

BEROVIDES ÁLVAREZ, V. y J. L. GERHARTZ: *Diversidad de la vida y su conservación*, Ed. Científico-Técnica, La Habana, 2009.

- BONILLA CASTRO, E. y otros: *La investigación. Aproximaciones a la construcción del conocimiento científico*, Ed. Alfaomega, México, 2009.
- CARDELLA ROSALES L. y R. HERNÁNDEZ FERNÁNDEZ: *Bioquímica Médica*, 4 t., Ed. Ciencias Médicas, La Habana, 1999.
- CARRILLO FARNÉS, O. V. y otros: *Los vegetales en la nutrición humana. Curso Universidad para Todos*, Ed. Política, La Habana, 2001.
- CASTRO RUZ, F.: *El derecho de la humanidad a existir. Selección de reflexiones del Comandante en Jefe sobre el desarrollo sostenible*, Ed. Científico-Técnica, La Habana, 2012.
- CERVANTES, M. y M. HERNÁNDEZ: *Biología general*, Grupo Editorial Patria, México, 2008.
- CHACÓN ARTEAGA, N.: "Curso de ética y sociedad", *Universidad para Todos, Juventud Rebelde*, La Habana [s. a.].
- CURTIS, H. y N. SUE BARNES: *Biología*, 6.<sup>a</sup> ed., Ed. Médica Panamericana [s. a.].
- DE ROBERTIS, E.D.P. y E.M.F. DE ROBERTIS: *Biología celular y molecular*, 2.<sup>a</sup> ed., Ed. El Ateneo, Buenos Aires, 1998.
- ENGELS, F.: *Dialéctica de la naturaleza*, Editorial de Ciencias Sociales, La Habana, 1982.
- FERNÁNDEZ MEDINA, R. D.: Algunas reflexiones sobre la clasificación de los organismos vivos. *História, Ciências, Saúde-Manguinhos*, Rio de Janeiro, v.19, n.3, jul.-set. 2011.
- GONZÁLEZ PÉREZ, F. y otros: "Nuevas tecnologías", *Universidad para Todos*, Ed. Academia, La Habana, 2005.
- HERNÁNDEZ MUJICA, J. L. y otros: *Biología 1. Séptimo grado*, Ed. Pueblo y Educación, La Habana, 1988.
- HERRERA BATISTA, A. y otros: *Morfofisiología 1 [s.n.]*, La Habana, 2007.
- JARDINOT MUSTELIER, L. R.: *Integridad biótica: una explicación de la vida en sus diferentes niveles de organización*, Ed. Científico-Técnica, La Habana, 2019.
- JENKINS, L.: *Genética*, Ed. Revolucionaria, La Habana, 1981.
- KREBS, J. E., S. KILPATRICK y E. GOLDSTEIN: *Lewin's genes XI*, Ed. Jones & Bartlet Learning, USA, 2014.
- LEHNINGER A.: *Principios de Bioquímica*, 2.<sup>a</sup> ed., Ed. Revolucionaria, La Habana, 1992.
- LÓPEZ CABRERA, C. y otros: "Introducción al conocimiento del medio ambiente", *Universidad para Todos*, Ed. Política, La Habana, 2001.

- LÓPEZ DE OLMOS R. y Y. SAID: "El destronamiento del reino", edición digital, [s.a.].
- MADIGAN, M., J. M. MARTINKO y J. PARKER: *Brock. Biología de los microorganismos*, 10.<sup>a</sup> ed., Ed. Pearson Pentice Hall, España [s.a.].
- Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente de la República de Cuba: "V Informe Nacional al Convenio sobre Diversidad Biológica", La Habana, 2014.
- MONSERRATE RODRÍGUEZ, A. A. y otros: *Biología 4. Onceno grado*, Ed. Pueblo y Educación, La Habana, 1990.
- NEGRÍN MARTÍNEZ, S. y otros: "Curso de Introducción a la Biotecnología", *Universidad para todos, Juventud Rebelde*, La Habana, [s.a.].
- \_\_\_\_\_ : "Historia y repercusión de un descubrimiento: la estructura espacial de la molécula de ADN", *Universidad para Todos*, Ed. Academia, La Habana, 2003.
- \_\_\_\_\_ : "Proyecto Genoma Humano", *Universidad para Todos*, Ed. Academia, La Habana, 2005.
- OCHOA SOTO, R. y otros: "Infecciones de transmisión sexual. VIH/SIDA", *Universidad para Todos*, Ed. Academia, La Habana, 2012.
- ODUM, E. P.: *Elementos de ecología*, Nueva Editorial Interamericana S. A., México, 1986.
- PANIAGUA, R. y otros: *Biología celular*, 3.<sup>a</sup> ed., Ed. Mc. Graw Hill Interamericana, España, 2007.
- PICHS MADRUGA, R.: *Cambio climático. Globalización y subdesarrollo*, Ed. Científico-Técnica, La Habana, 2008.
- PLANOS GUTIÉRREZ, E., R. RIVERO VEGA y V. GUEVARA VELAZCO: *Impacto del cambio climático y medidas de adaptación en Cuba*, Sello Editorial Ana, La Habana, 2013.
- PORTELA, J. y otros: *Biología 4. Décimo grado. Parte 1*, Ed. Pueblo y Educación, La Habana, 2001.
- RODRÍGUEZ ARTAU, R.: "Educación Bioética: un puente hacia la sustentabilidad", Curso preevento, V Congreso Internacional Didáctica de las Ciencias, La Habana, 2007.
- RODRÍGUEZ ARTAU, R. y otros: *Orientaciones metodológicas para la realización de las prácticas de laboratorio en preuniversitario. Educación Preuniversitaria*, Ed. Pueblo y Educación, La Habana, 2014.
- SOCARRÁS RIVERO, A. A. y otros: "Diversidad biológica", *Universidad para Todos*, Ed. Academia, La Habana, [s.a.].

- 
- SOLOMÓN, E. P., L. R. BERG y MARTIN D. W.: *Biología*, 9.<sup>a</sup> ed., Ed. Cengage Learning Editores, S. A. de C. V., México, 2013.
- SPIVAK, E.: "El árbol de la vida: una representación de la evolución y la evolución de una representación", revista *Ciencia Hoy*, no. 16, Argentina, 2006.
- STARR C. y otros: *Biología. La unidad y la diversidad de la vida*, 12.<sup>a</sup> ed., Ed. Cengage Learning Editores, S. A. de C. V., México, 2009.
- ZILBERSTEIN TORUNCHA, J. y otros: *Biología 5. Duodécimo grado. Parte 1*, Ed. Pueblo y Educación, La Habana, 1991.



**EDITORIAL  
PUEBLO Y EDUCACIÓN**

