

SEGUNDA EDICIÓN

Martín Díaz, Patricia Ercoli,  
Carolina Gailhou, Sergio Tedesco

# BIOLOGÍA IV



4º año Secundaria



# Biología IV

# Biología IV

Martín Díaz

Patricia Ercoli

Carolina Gailhou

Sergio Tedesco



EDITORIAL  
**MAIPUE**

## **BIOLOGÍA IV**

Martín Díaz; Patricia Ercoli; Carolina Gailhou; Sergio Tedesco

1<sup>a</sup> edición, abril de 2020

ISBN: 978-987-8321-17-2

Arte de tapa: Gisella Acquaviva

Ilustraciones interior: Mariana Gabor

Diagramación: Mariana Cravenna

Corrección: María Valle

Diseño de tapa: DisegnoBrass

Biología IV / Sergio Tedesco ... [et al.]. - 2a ed ampliada. - Ituzaingó : Maipue, 2020.  
Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga  
ISBN 978-987-8321-17-2

1. Biología. 2. Educación Secundaria. I. Tedesco, Sergio.  
CDD 570.712

© Editorial Maipue, 2020

Tel/Fax: 54 (011) 4624-9370 / 4458-0259 / 4623-6226

Zufriategui 1153 (1714) – Ituzaingó

Pcia. de Buenos Aires – República Argentina

Contacto: [promocion@maipue.com.ar](mailto:promocion@maipue.com.ar) / [ventas@maipue.com.ar](mailto:ventas@maipue.com.ar)

[www.maipue.com.ar](http://www.maipue.com.ar)

Queda hecho el depósito que establece la Ley 11.723.  
Libro de edición argentina.

*No se permite la reproducción parcial o total, el almacenamiento, el alquiler, la transmisión o la transformación de este libro, en cualquier forma o por otro cualquier medio, sea electrónico o mecánico, mediante fotocopias, digitalización u otros métodos, sin el consentimiento previo y escrito del editor. Su infracción está penada por las leyes 11.723 y 25.446.*



# ÍNDICE

## CAPÍTULO 1. MATERIA Y ENERGÍA EN LOS SISTEMAS NATURALES

Materia y energía en la naturaleza .....	9
Naturaleza dinámica .....	11
Vueltas y vueltas... y de nuevo al principio .....	12
Sistemas: el todo es más que la suma de sus partes.....	13
Los seres vivos como sistemas abiertos .....	17
Nutrición autótrofa: en síntesis... fotosíntesis .....	17
Se ha recorrido un largo camino... Fotosíntesis y evolución .....	18
Nutrición heterótrofa por absorción: ¡puaj!... descomponedores y parásitos .....	20
Nutrición heterótrofa por digestión: la mesa está servida .....	22
Se ha recorrido un largo camino... Digestión y evolución .....	23
Esenciales para la vida: los nutrientes .....	25
Hay equipo: agrupación de nutrientes.....	26

## CAPÍTULO 2. FUNCIONES DE NUTRICIÓN EN LOS ORGANISMOS HETERÓTROFOS

Digestión .....	29
Mecánicos y químicos en acción .....	32
Mecánica digestiva en la boca .....	34
Química digestiva en la boca.....	34
Deglución .....	34
Mecánica gástrica .....	34
Química digestiva en el estómago y el duodeno .....	35
Peristalsis en el intestino .....	35
Absorción intestinal .....	36
Absorción en el intestino grueso y formación de heces .....	37
Química digestiva en el intestino grueso.....	37
Intercambio gaseoso y respiración .....	39
Combustibles y comburentes .....	40
Organización del sistema respiratorio humano.....	40
Aire “acondicionado”: la mecánica respiratoria .....	41
Inspiración .....	41
Espiración .....	44
Eliminación de desechos metabólicos: la excreción.....	46

RRR: reducir, reutilizar, reciclar .....	47
Estructura y funciones del sistema excretor .....	47
Transporte de sustancias en el organismo: circulación .....	51
Autopistas, calles y pasadizos: el sistema circulatorio en la especie humana.....	53
Estructura y funciones específicas de los órganos del sistema circulatorio.....	54
Corazón .....	54
Vasos sanguíneos .....	54
La sangre .....	58
¡A tu salud!.....	62

### **CAPÍTULO 3. LA CÉLULA, LA ESTRUCTURA BÁSICA DE LOS ORGANISMOS**

La célula como unidad de los sistemas vivos: un breve repaso .....	67
Cada cosa en su lugar: el intercambio de materia y energía y los compartimientos celulares .....	69
Un nuevo vistazo al interior celular.....	70
Los principales tipos de células: Bacteria, Archaea y Eukarya .....	72
Compartimientos y estructuras para el intercambio de materia y energía.....	76
Marcando los límites: la membrana plasmática .....	76
¿Qué se puede construir con membranas? .....	78
¿Se puede atravesar la membrana? .....	81
Un soporte para toda la estructura.....	81
ADN y algo más.....	82
Una cuestión de formas y tamaños: la diversidad funcional .....	83
Las estructuras y procesos dan forma a las células.....	84
Dime qué tienes y te diré qué eres: los seis reinos .....	84

### **CAPÍTULO 4. TRANSFORMACIONES DE MATERIA Y ENERGÍA EN LOS SISTEMAS VIVOS**

Ser o no ser: el metabolismo como una de las características de los seres vivos .....	87
Sin ellas no somos nada: las enzimas y su papel en el metabolismo .....	95
Apurar y localizar: la función de las enzimas .....	96
Armar y desarmar. ¿Cómo actúan las enzimas? .....	99
¿Qué función cumplen en los organismos y sus células? .....	100
¿De dónde obtienen energía las células? .....	101

### **CAPÍTULO 5. PRINCIPALES PROCESOS DE OBTENCIÓN Y APROVECHAMIENTO DE LA ENERGÍA QUÍMICA**

Producción de materia y energía: la fotosíntesis .....	105
El comienzo de todo: energía solar y fotosíntesis .....	106

Más que una simple hoja: compartimientos donde ocurre la fotosíntesis.....	107
Receta para obtener un azúcar: moléculas para la fotosíntesis.....	109
A cada uno su color: los plástidos y sus pigmentos .....	112
Tener o no tener plástidos: la fotosíntesis en las células procariotas .....	114
Fotosíntesis y procesos evolutivos .....	114
Procariotas .....	114
Nada funciona sin combustible: materia y respiración celular.....	115
La central energética celular: mitocondrias y combustión.....	117
Quemando grasas y proteínas: otras moléculas para obtener energía.....	121
No todo es respirar: procesos alternativos de catálisis y síntesis .....	121
Las primitivas formas de obtener energía: respiración procariota .....	121
Cuando el oxígeno no estaba: la fermentación .....	123
Producción de materia orgánica: quimiosíntesis .....	124

## **CAPÍTULO 6. ENERGÍA Y MATERIA EN LOS ECOSISTEMAS**

Los ecosistemas .....	128
Todo cambia para que nada cambie .....	129
La energía no se crea ni se destruye, fluye .....	130
Modelos que representan la realidad .....	131
Niveles tróficos.....	132
Otro punto de vista .....	132
¿Hacia dónde va la energía? .....	133
Las pirámides .....	133
¿Las pirámides representan la realidad? .....	134
Producción .....	135
Ciclos biogeoquímicos .....	136
Ciclo del nitrógeno .....	136
Ciclo del azufre .....	138
Ciclo del agua .....	138
Cambia, todo cambia, inclusive los ecosistemas .....	139
Etapas de la sucesión.....	140
Un poco de historia.....	140
Para pensar: sociedades cazadoras y recolectoras actuales .....	142
¿Cómo sobrevivir hoy siendo un cazador recolector? .....	142
Desmontes y conflictividad social .....	143
Agroecosistemas .....	144
Ecosistemas naturales frente a agroecosistemas.....	145
Contaminación y contaminantes.....	146
Según su fuente .....	146

Según su naturaleza .....	146
Según el lugar donde actúa .....	147
Circulación de los contaminantes.....	147

## **CAPÍTULO 7. UN PODER TRANSFORMADOR: LA BIOTECNOLOGÍA EN EL SIGLO XXI**

¿Qué es la biotecnología? .....	149
Usando los microorganismos en la biotecnología tradicional .....	153
¿Y si pongo esto acá? La bioingeniería moderna .....	161
Volver al estado natural: la biodegradación .....	166
Debate final: los biocombustibles y la biotecnología.....	170
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>175</b>

# CAPÍTULO

# 1

## *Materia y energía en los sistemas naturales*



### **MATERIA Y ENERGÍA EN LA NATURALEZA**

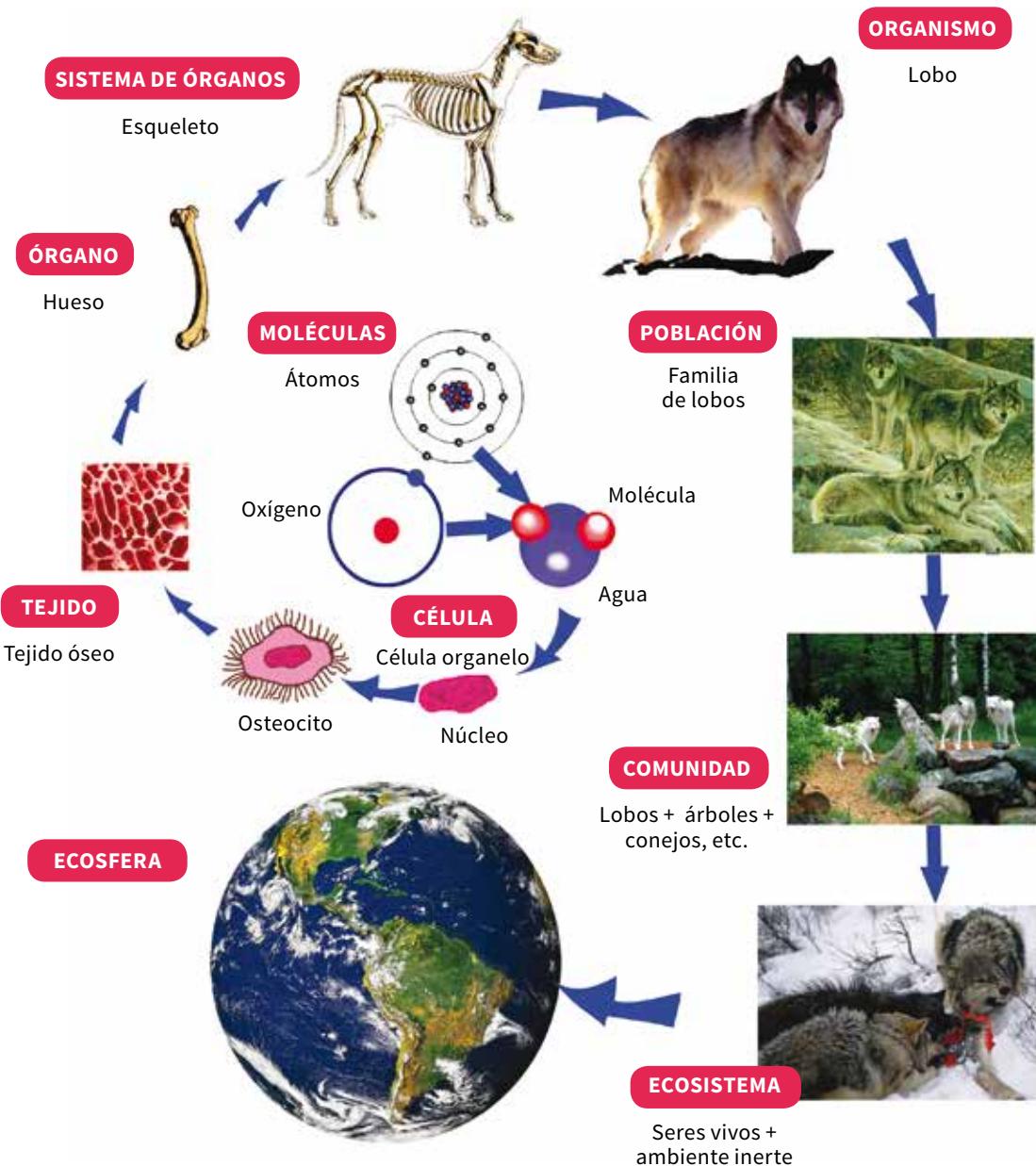
La naturaleza puede considerarse una compleja red de interrelaciones entre una enorme cantidad y diversidad de estructuras que van desde la más delicada y pequeñísima organización de las partículas subatómicas, hasta los sistemas más extensos como las galaxias y sistemas planetarios integrados en el Universo.

A los científicos les resultaría imposible abordar esta inmensidad. Por este motivo, los conocimientos sobre el mundo natural se organizan en diversas disciplinas científicas, cada una de ellas con su objeto de estudio y metodologías de investigación propios. La Biología es una de ellas. Sin embargo, centrar la atención en la vida y sus manifestaciones resulta aún demasiado amplio para acceder a la comprensión de tanta diversidad biológica. La comunidad científica realiza clasificaciones de la naturaleza para poder investigarla. Para los especialistas, esta es una forma de acercarse a la biodiversidad y la dinámica de los sistemas biológicos. En este libro, te proponemos realizar un acercamiento al mundo natural, no como el que realizan los científicos, pero sí como una forma de comprenderlo mejor. Para ello comenzaremos por presentarte los niveles de organización de la **materia**.

# Materia y energía en los sistemas naturales

En estos niveles se consideran tanto el mundo biológico (el mundo vivo, en el que se incluye a todas las especies biológicas y sus interacciones) como el mundo inerte (integrado por ejemplo, por el agua, el aire y el suelo de nuestro planeta) y pueden secuenciarse, por ejemplo, según su complejidad, tal como observamos en la imagen.

Todos y cada uno de estos niveles están presentes en el mundo biológico del que somos parte y ninguno de ellos resulta más importante que los restantes.



**MATERIA:**  
constituyente universal  
de los cuerpos

**AMBIENTE:**  
es el conjunto de  
condiciones y recursos  
exteriores que interactúan  
con dicho organismo.

**ENERGÍA:**  
agente físico responsable  
de los cambios ocurridos  
en la materia

### Actividad



Si estudiamos un hormiguero...

- ¿De qué forma describirían al ambiente en el que se encuentra?
- Citen cuatro manifestaciones de energía presentes en esa población de hormigas. ¿De dónde obtienen las hormigas la energía necesaria para llevar a cabo sus actividades vitales?
- Comenten ejemplos de intercambios de materia entre el hormiguero y su entorno.

## NATURALEZA DINÁMICA

Hay muchas formas de aproximarse a la naturaleza. Una de ellas es a partir del conocimiento y comprensión de las relaciones entre la materia y la energía, puesto que ambas están presentes en todos los niveles de organización mencionados antes y de sus interacciones resulta la dinámica de los seres vivos, las células y los ecosistemas.

La cantidad total de materia y energía en el Universo es constante. Los especialistas consideran que ambas se habrían originado en un suceso único, ocurrido hace aproximadamente 13 mil millones de años atrás, al que han denominado *Big Bang* (la “Gran Explosión”). A partir de este evento se habrían originado los átomos y moléculas, que se organizaron formando cuerpos materiales en los que ocurren muchísimas transformaciones. Con respecto a la materia, esto significa que cuando tienen lugar las reacciones químicas, las sustancias se transforman unas en otras, pero la cantidad de materia no se modifica. La siguiente fórmula, que corresponde a la ecuación de la respiración celular, representa un ejemplo de esto:



En la primera parte de la ecuación, observamos  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6 \text{ O}_2$ :

- $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$  representa a la molécula de glucosa, que está integrada por 6 átomos de carbono (C), 12 de hidrógeno (H) y 6 de oxígeno (O): 24 átomos en total.
- $6 \text{ O}_2$  representa a 6 moléculas de oxígeno ( $\text{O}_2$ ), 12 átomos en total.

En la segunda parte de la ecuación, observamos  $6 \text{ CO}_2 + 6 \text{ H}_2\text{O}$ :

- $6 \text{ CO}_2$  representa a 6 moléculas de dióxido de carbono, en total son 6 átomos de carbono y 12 de oxígeno: 18 átomos en total.
- $6 \text{ H}_2\text{O}$  son 6 moléculas de agua, en total, 12 átomos de hidrógeno y 6 de oxígeno: 18 átomos en total.

## Materia y energía en los sistemas naturales

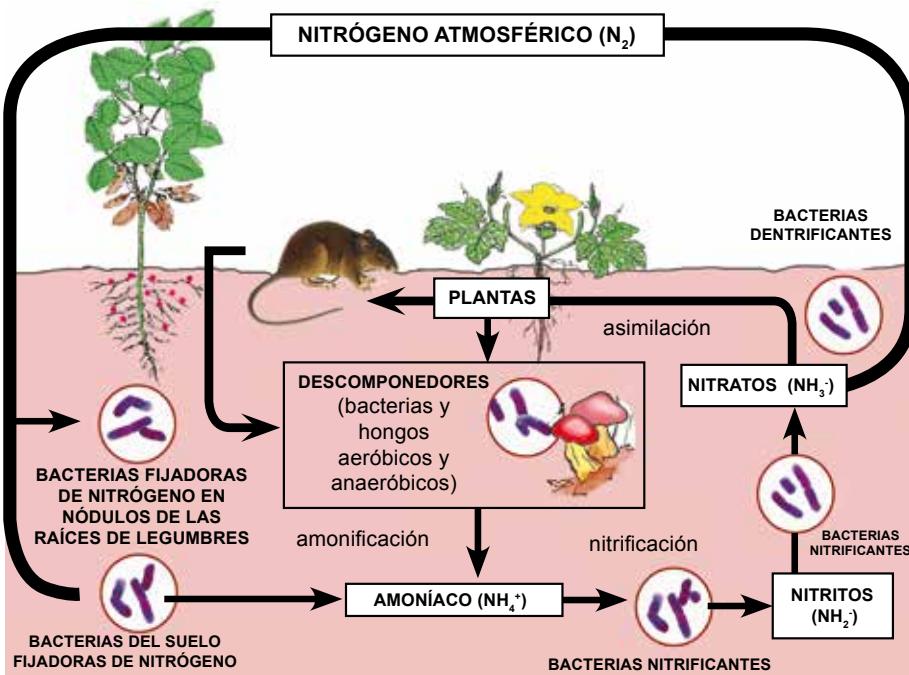
Si se suma la cantidad de átomos de la primera parte de la ecuación, se obtienen 36; en la segunda parte de la ecuación, la suma también da 36 átomos en total: la cantidad de materia se mantuvo constante. Por último, la ecuación incluye la intervención de la energía en esta reacción química. En la primera parte está contenida en la molécula de glucosa, como energía química, que en la segunda parte de la ecuación queda liberada y puede manifestarse como energía calorífica.

La energía presente en el Universo interviene en todos los fenómenos físicos y químicos y se manifiesta como calor, fuerzas, movimiento, etc., un tipo de energía puede transformarse en otro, pero su cantidad total no se modifica. Por ejemplo, el Sol es considerado una fuente de energía, como el resto de las estrellas. Produce diversas formas de energía, como luz, radiación ultravioleta, entre otras. En la Tierra, por ejemplo, la luz se transforma en energía química durante la fotosíntesis, y una parte de ella se libera en forma de calor.

Para sintetizar, la materia y la energía intervienen en todos los procesos biológicos de los que vamos a ocuparnos en los capítulos de este libro. Los seres vivos forman parte de los ciclos de la materia y las rutas de energía, procesos que te presentamos a continuación.

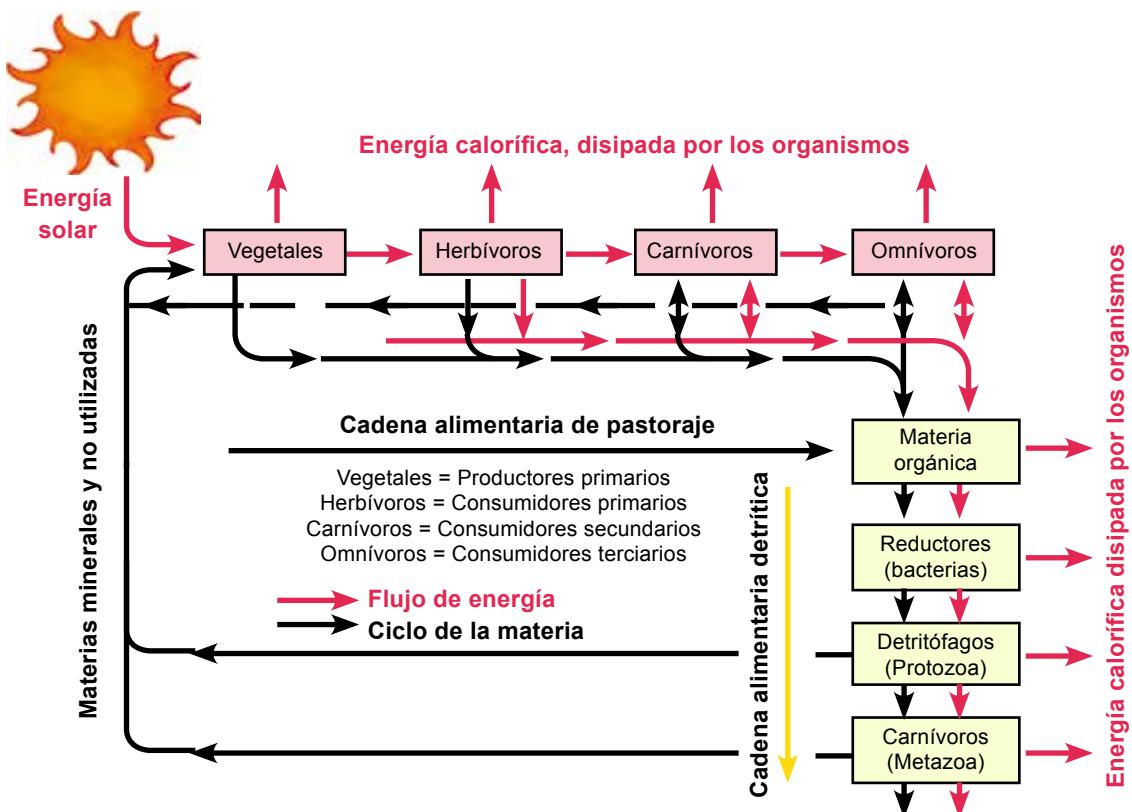
### VUELTAS Y VUELTAS... Y DE NUEVO AL PRINCIPIO

La **materia** cumple ciclos en la naturaleza. Sus transformaciones fisicoquímicas constituyen el objeto de estudio de varias disciplinas científicas, que proponen teorías para explicar estos cambios cíclicos. Estos ocurren en forma de recorridos diversos que conducen al punto de partida, sea cual fuere este, tal como se observa en la siguiente imagen:



**Ciclo biogeoquímico del nitrógeno.** Esta representación gráfica incluye algunas de las transformaciones químicas en las que interviene el nitrógeno (N), un elemento químico presente en la naturaleza. En el ciclo, las flechas indican la transferencia o pasaje de sustancias que contienen nitrógeno desde el mundo vivo al inerte y viceversa. Este ciclo se verá en detalle en el capítulo 6.

La **energía**, en cambio, sigue rutas en las que se va transformando y transfiriendo, pero nunca puede regresar al punto de partida. Por lo tanto, en su recorrido por la naturaleza, no regresa al sol, tal como se observa en la siguiente imagen:



**Rutas de la energía.** El gráfico indica con flechas rojas algunos recorridos posibles de la energía en la naturaleza, en este caso, a través de una cadena alimentaria. En ella interviene también la materia, cuyo ciclo está representado con flechas negras. En la naturaleza las rutas de la energía y los ciclos de la materia interactúan

## SISTEMAS: EL TODO ES MÁS QUE LA SUMA DE SUS PARTES

En nuestro planeta ocurren fenómenos físicos y químicos que participan de las interacciones entre materia y energía. Todos los seres vivos interactúan con el ambiente que los rodea. Así, es imposible concebir la idea de un ser vivo aislado del medio, y la de un ser vivo que se desarrolle sin ninguna intervención, de manera absolutamente independiente de otros organismos que habitan su entorno, o de otros procesos que tienen lugar a su alrededor. Se comportan como **sistemas**; es decir, un conjunto organizado en el que cada uno de sus componentes depende del resto. Un ejemplo de esto son los intercambios de materia y energía entre los seres vivos y el ambiente. Esta condición permite comprender a los sistemas biológicos entre los que se incluye a los seres vivos y las células que los constituyen, como **sistemas abiertos**. También son ejemplos de este tipo los ecosistemas, la Biosfera y el planeta Tierra. De ellos nos ocuparemos en este libro.

**Vocabulario****• Homeostasis**

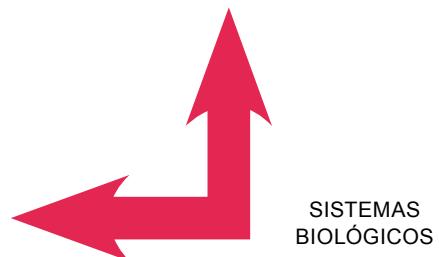
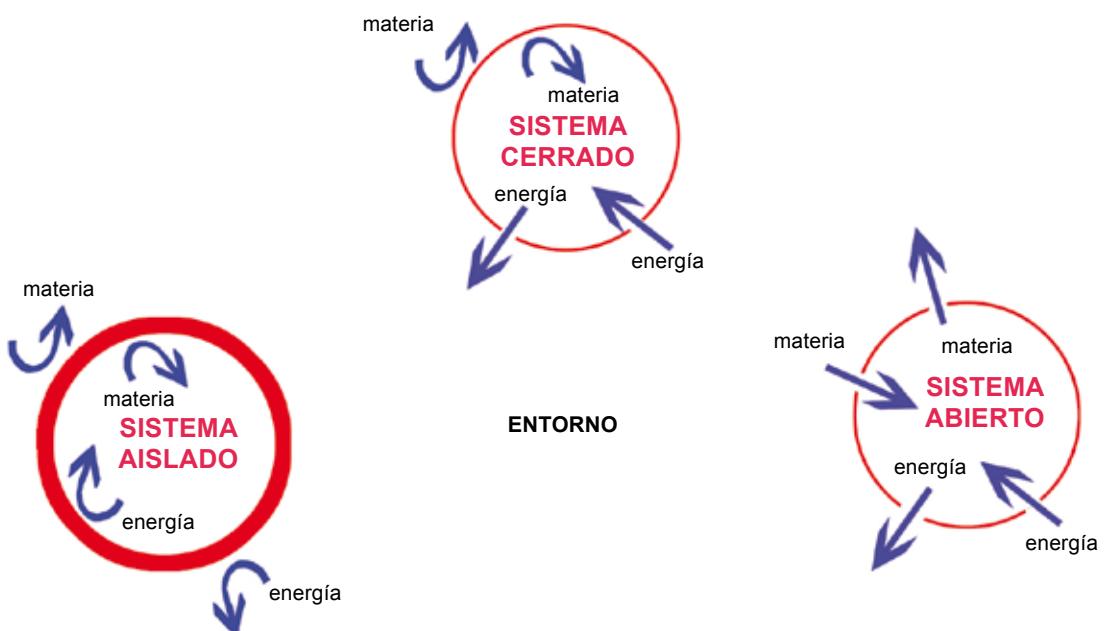
Característica de los seres vivos (sistemas biológicos), que consiste en la tendencia a mantener estables las condiciones internas del organismo, a pesar de la inestabilidad del medio externo.

**El túnel del tiempo**

En 1932, Cannon (EE. UU.) introdujo el término **homeostasis**.

Los físicos, en su clasificación de sistemas, incluyen a los cerrados: es decir, aquellos que solo intercambian energía con el entorno; y los aislados, que son los que no intercambian ni materia ni energía con su entorno. Por ejemplo, en el Universo no ocurren intercambios con el exterior, porque ese “exterior” no existe, por lo tanto, se lo puede considerar un sistema aislado.

Los seres vivos, que constituyen un tipo muy particular de sistema abierto, pueden mantener su organización interna. A esta propiedad se la denomina **homeostasis**.

**SISTEMAS ABIERTOS****HOMEOSTASIS****SISTEMAS BIOLÓGICOS**

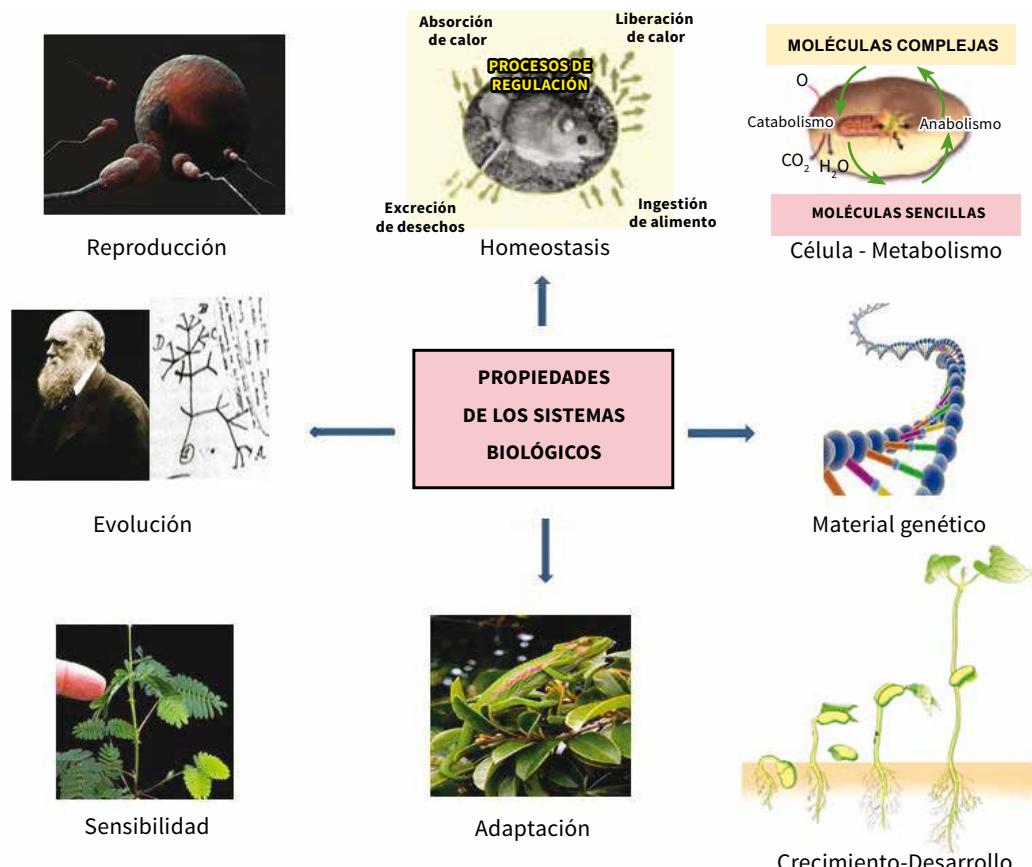
**Sistemas abiertos, cerrados y aislados.** Estas representaciones esquemáticas muestran las relaciones entre materia y energía en los diferentes tipos de sistemas

Los seres vivos poseen características particulares, por lo que se los considera **sistemas biológicos**. Algunas de sus propiedades son:

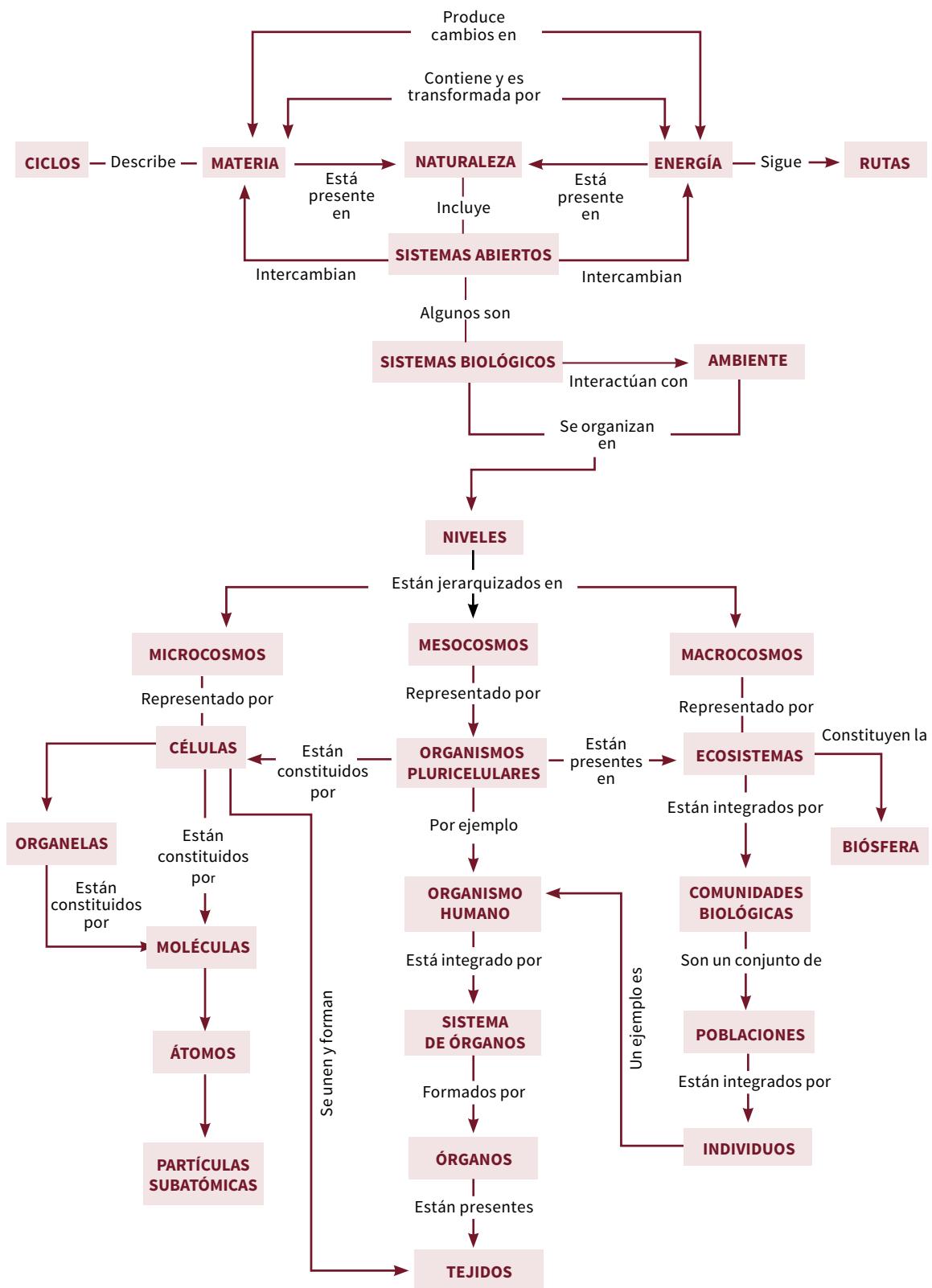
- Están constituidos por **células**, en las que ocurren fenómenos fisicoquímicos complejos que, en conjunto, se denominan **metabolismo**. Estos fenómenos están regulados por el **material genético** (ácidos nucleicos) que se encuentra en su interior. Estos procesos de regulación e interacción entre cada sistema biológico y su entorno constituyen la **homeostasis**, y en ellos está involucrada la **sensibilidad**, que les permite captar estímulos y reaccionar ante ellos.
- **Evolucionan**, es decir, las especies biológicas son el resultado de cambios por los cuales, a partir de una especie preexistente se originan otras. En el transcurso de su existencia pueden ocurrir procesos de **adaptación** a diversos ambientes, como consecuencia de la intervención del mecanismo de selección natural.
- Todos los seres vivos tienen, potencialmente, la capacidad de la **reproducción**, es decir, de dejar descendientes fértiles, que transmiten características a las generaciones siguientes, a través de la **herencia**. Esta es una propiedad de las especies y hace posible su continuidad en el tiempo.

### El túnel del tiempo

Erasístrato, en el siglo III a.C, fue uno de los primeros en considerar una visión global del organismo que funciona como unidad, a pesar de que en su época no era esta la visión imperante sobre el cuerpo humano.



# Materia y energía en los sistemas naturales



Esquema integrador: organización de los sistemas biológicos

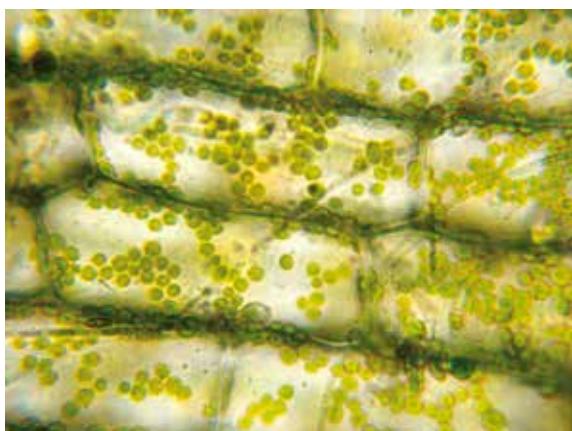
## LOS SERES VIVOS COMO SISTEMAS ABIERTOS

Las **funciones de nutrición** constituyen un conjunto de procesos en los que tienen lugar intercambios y transformaciones de materia y energía, y en los que intervienen los individuos y el medio. Estos procesos no ocurren de manera aislada en las células, sino que se llevan a cabo en todos los organismos y se integran a los ciclos biogeoquímicos de la materia y las rutas de la energía en los ecosistemas y, en sentido más amplio, la biosfera y el Universo.

Vale la pena aclarar que nutrirse no es sinónimo de “comer” o “alimentarse”, sino que incluye todos los procesos físicos y químicos que implican el ingreso, transformaciones, transporte y eliminación de sustancias, con intervención de la energía en diferentes manifestaciones.

Estas funciones resultan vitales, ya que hacen posible la supervivencia. En la naturaleza se pueden identificar diversos modos de nutrirse. Los biólogos clasifican a las funciones de nutrición en los siguientes tipos:

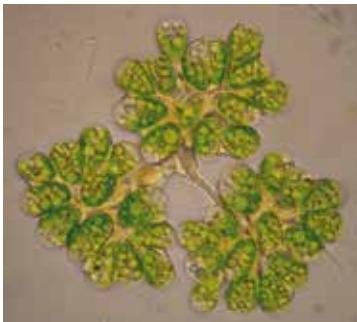
- Nutrición autófrofa.
- Nutrición heterótrofa, por absorción y por digestión.



**Cloroplastos en Elodea.** Las imágenes muestran células de una planta acuática, Elodea. En el interior de ellas, se observan, de color verde, los cloroplastos, donde ocurre la fotosíntesis

### Nutrición autófrofa: en síntesis... fotosíntesis

Este proceso ocurre en algunas bacterias y protistas y en todas las plantas. A través de la **fotosíntesis**, estos organismos captan energía lumínica y la transforman en energía química y, a partir de moléculas de dióxido de carbono y agua, construyen moléculas de glucosa, que luego almacenan en forma de almidón. La nutrición autófrofa incluye el ingreso de sustancias desde el exterior –por ejemplo, agua y dióxido de carbono– a través de las membranas celulares, en el caso de organismos unicelulares. En los organismos pluricelulares, como las plantas, ocurre a través de tejidos y órganos especializados, como la epidermis y las raíces. También, los procesos de transporte de nutrientes en el interior del cuerpo, como por ejemplo, los vasos conductores de los vegetales y, por

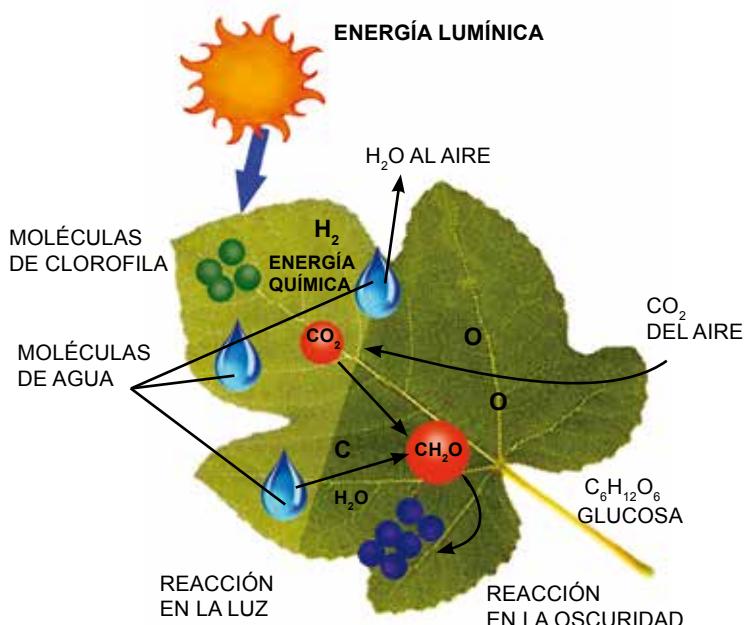


Imágenes de microalgas, captadas por un microscopio óptico

último, la eliminación de desechos a través de los estomas de las hojas. Es importante destacar que la respiración forma parte de las funciones de nutrición y, a través de ella, los organismos obtienen energía de los alimentos. Esta energía es almacenada en una sustancia denominada ATP.

### **Se ha recorrido un largo camino... Fotosíntesis y evolución**

Los científicos consideran que la vida comenzó hace aproximadamente 3.500.000.000 años, es decir 3,5 Ga (1 Ga = 1 giga año = mil millones de años), en el agua y en un planeta cuya atmósfera carecía de oxígeno molecular (ambiente **anóxico**). Sin embargo, aún constituye un tema de debate cuándo los seres vivos más antiguos comenzaron a realizar fotosíntesis. Algunos proponen que un grupo de microorganismos, llamados cianobacterias, habrían tenido nutrición autótrofa hace más de 3 Ga. Otros cuestionan esta idea y sostienen que la fotosíntesis, como proceso metabólico, habría comenzado hace aproximadamente 2 Ga. En esta época geológica se habría registrado el mayor aumento en la concentración de oxígeno atmosférico. Los científicos atribuyen este aumento al proceso de fotosíntesis, que implica la liberación de este gas.



Representación gráfica de intercambios y transformaciones de materia y energía durante la fotosíntesis

Otro aspecto del pasado de la vida en la Tierra es la aparición de las primeras células con organelas capaces de realizar las funciones de nutrición. Se trata, entre otras, de los cloroplastos, donde ocurre la fotosíntesis. Aproximadamente en la misma época en la que habría comenzado la fotosíntesis como proceso biológico, algún tipo de microorganismo procariota se habría asociado con otro, capaz de fotosintetizar. Producto de esa interacción, llamada **simbiosis**, se cree que pudieron originarse los primeros unicelulares eucariotas autótrofos. Estos, además, contarían con mitocondrias, originadas de manera similar, que hicieron posible un cambio metabólico: la **respiración aeróbica** (requiere de O<sub>2</sub> para la obtención de energía de los alimentos).

Otro hito importante es el que representa el origen de las primeras plantas terrestres. Los paleontólogos consideran que ocurrió hace, aproximadamente, poco más de 400 millones de años; aunque recientes descubrimientos de restos fósiles sugieren su origen podría remontarse a 475 millones de años. Esas especies vegetales, probablemente originadas de otras acuáticas, habrían sido las primeras en presentar alguna estructura especializada en la absorción de agua del suelo (origen de las raíces), alguna estructura de conducción de sustancias (vasos conductores) y una parte aérea fotosintética. De ellas se originaron, por evolución biológica, todos los grupos de plantas actuales y muchísimos más, ya extinguidos.



Cooksonia, una de las plantas vasculares terrestres más antiguas conocidas. Su tamaño era pequeño, hasta 6 o 7 cm



### Actividades

- 1) Existen en este planeta seres que viven en ambientes anóxicos. Averigüen cuáles pueden ser algunos de esos ambientes y cuáles son los seres vivos que pueden vivir en ellos.
- 2) ¿Cuál es el concepto de eucarionte autótrofo?
- 3) En el segundo párrafo, cuando dice: "Estos, además, contarían con mitocondrias, originadas de manera similar, que hicieron..." ¿Quiénes son y a qué "manera" se refiere?
- 4) Segundo este texto, ¿qué ciencias aportaron a la construcción del concepto de fotosíntesis?
- 5) Algunos investigadores, como los geólogos, encuentran en la actualidad atmósfera sin modificar; es decir que está en las mismas condiciones que algún Ga atrás. Averigüen dónde.
- 6) En el último párrafo, comenta: "esas especies vegetales, probablemente originadas de otras acuáticas". En ambos casos ¿a qué plantas les parece que hace referencia?
- 7) Esta línea representa 4 Ga: ubíquen en ella posibles hitos fotosintéticos que se expliquen en el texto, y ordénenlos cronológicamente.

0

1

2

3

4

Inicio

Actualidad

**El túnel del tiempo**

Los conocimientos que hoy tenemos sobre la nutrición vegetal resultan del trabajo de muchos pensadores que, desde la antigüedad se han preguntado sobre estas cuestiones. Muchas de sus explicaciones hoy ya no tienen validez, pero eso no las hace menos importantes, porque son parte del largo proceso de construcción del conocimiento científico.

**¿Sabías que?...**

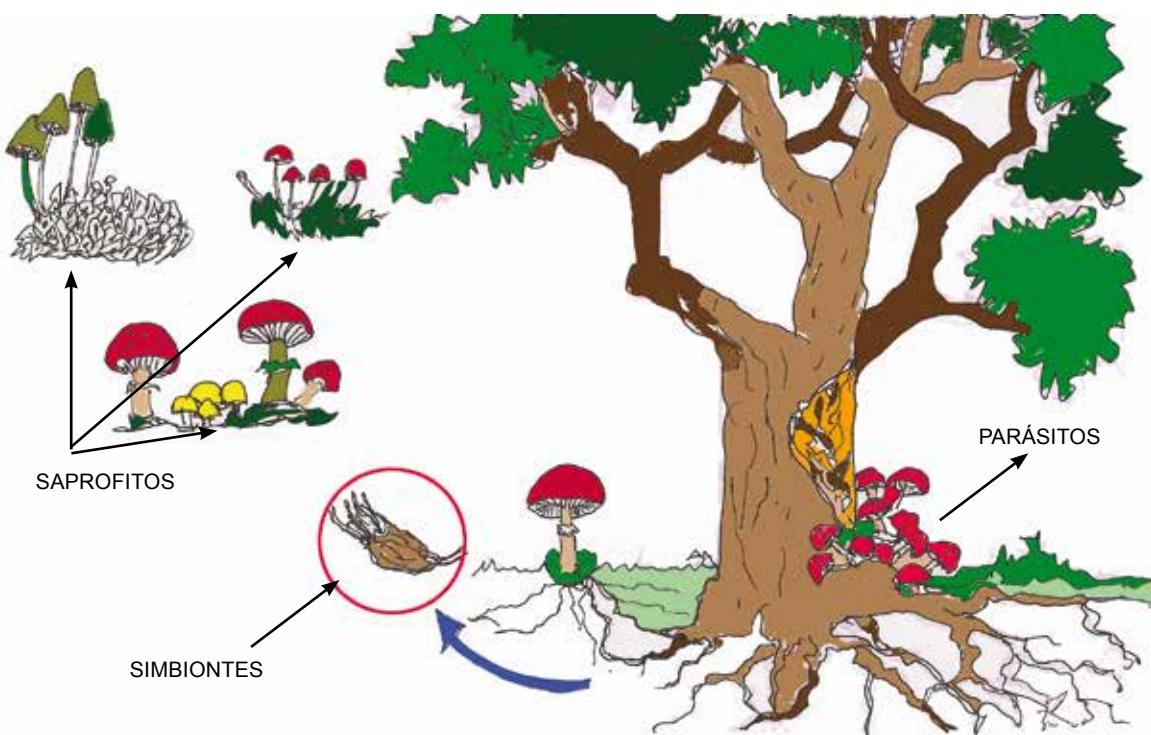
Aristóteles, en el siglo IV a. C. pensaba que las plantas “comían tierra”. Cesalpino, dos mil años después, mantenía la misma idea. Recién en el siglo XVII Van Helmont logró demostrar que las plantas requieren de agua para su crecimiento y desarrollo. Otro naturalista, Hales, en el siglo XVIII, propuso una explicación sobre el recorrido del agua a través de una planta. En el mismo siglo, Malpighi demostró que, cuando las plantas pierden sus hojas, no crecen, ni producen flores ni frutos, por lo que concluyó que las plantas “fabrican” su alimento en las hojas. En este prolífico siglo también se contó con los aportes de los experimentos de Priestley, que pudo demostrar que las plantas “renuevan el aire”, dato vinculado con la eliminación de oxígeno durante la fotosíntesis. En el transcurso del siglo XX, más precisamente en 1961, el científico estadounidense Melvin Calvin recibe el premio Nobel de Química, por sus descubrimientos acerca del proceso metabólico de la fotosíntesis, concretamente, por la forma en que las plantas consiguen la asimilación fotoquímica del carbono. El recorrido de las investigaciones científicas no ha terminado...

### **Nutrición heterótrofa por absorción: ¡puaj!... descomponedores y parásitos**

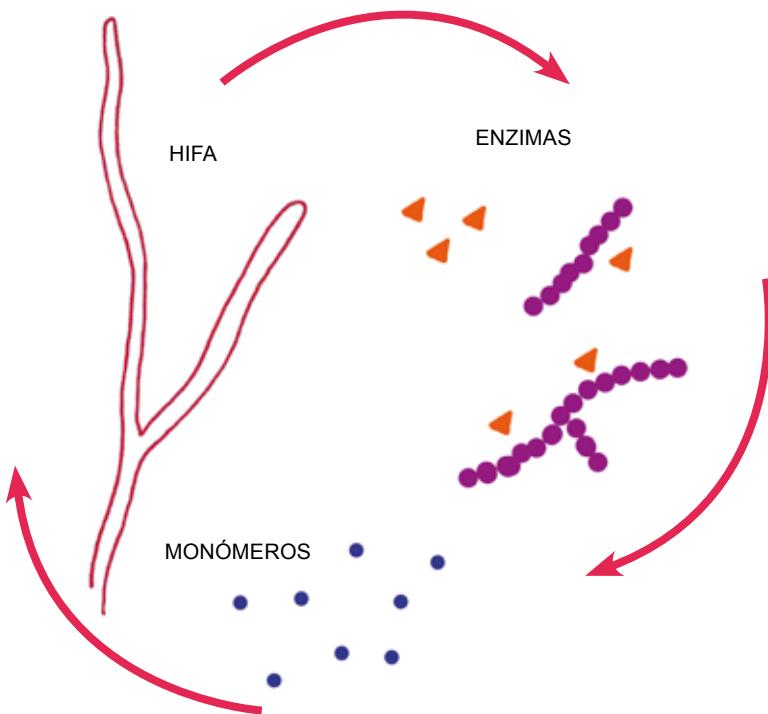


Amanita muscaria (hongo)

Los hongos, representantes del Reino Fungi, se nutren absorbiendo distintas sustancias que obtienen de otros seres vivos, en situaciones de parasitismo o de descomposición. Los hongos, como el resto de los seres vivos, respiran y, por lo tanto, pueden aprovechar la energía obtenida de la degradación química de los alimentos, y eliminan desechos, que son producto de las actividades celulares; tal como ocurre en otras formas de vida.



**Modos de nutrición de los hongos.** Los hongos pueden obtener nutrientes de otros seres vivos que parasitan. También hay especies que se asocian en simbiosis con plantas y otras que obtienen sustancias de los procesos de descomposición en los que participan



Proceso de degradación de sustancias en los que participan los hongos, por ejemplo, durante la descomposición

## Nutrición heterótrofa por digestión: la mesa está servida

Este tipo de nutrición es característica del Reino Animal y de algunos Protistas. Los nutrientes se obtienen de otros seres vivos. Una vez obtenidos y simplificados químicamente durante la digestión, son transportados a las células del cuerpo; allí intervienen en procesos metabólicos y pueden asimilarse. Los heterótrofos obtienen la energía a partir de la degradación de sustancias que forman parte de los alimentos que ingieren y la almacenan en una sustancia denominada ATP, este proceso se denomina respiración celular y puede requerir la presencia de oxígeno (respiración aeróbica) o no, en este último caso, se denomina respiración anaeróbica o fermentación. Todas estas transformaciones que ocurren en el interior de las células producen desechos, que son eliminados. Esta función se denomina excreción. Estos temas se desarrollan con mayor profundidad en el capítulo 2.



**Depredación, herbivorismo.**  
Imágenes representativas de diferentes tipos de nutrición heterótrofa

## Se ha recorrido un largo camino... Digestión y evolución

Tal como comentamos en páginas anteriores, los paleontólogos aún no llegan a un acuerdo respecto del tipo de nutrición de las primeras formas de vida en la Tierra. Muchos consideran que los primeros microorganismos, similares a las bacterias, habrían sido heterótrofos. Pero... si fueron los primeros seres vivos y los heterótrofos se alimentan de otros organismos, ¿de qué se alimentaban? Algunos investigadores sugieren que de sustancias orgánicas presentes en el ambiente acuático, donde habrían tenido lugar por primera vez estos maravillosos, únicos e irrepetibles procesos biológicos. Con el transcurso del tiempo, y una diversidad biológica mucho mayor, unos se habrían alimentado de otros. En la naturaleza es posible encontrar múltiples estrategias de búsqueda y captura de una gran variedad de alimentos. Todas ellas son producto de la evolución biológica.



Representación artística de la vida cámbrica (hace 500 millones de años aprox.). En primer plano, Anomalocaris capturando alimento

**Para saber más**



El **águila real** puede ver una liebre a dos kilómetros de distancia. Esta ave caza, además ciervos, marmotas y tortugas. Las **arañas** no pueden comerse a los insectos porque estos tienen la piel muy dura. Entonces hace lo siguiente: primero le inyecta jugos digestivos con enzimas que degradan las partes blandas de la presa. Al poco tiempo, los órganos del insecto, que están debajo de la cubierta dura del cuerpo, se han convertido en papilla, y la araña solo tiene que hacer un agujero en la en esa cubierta y succionarla. Los **pájaros** no tienen dientes, y cuando tragan la comida, esta queda almacenada cerca en un sitio que se llama buche, y después pasa a un estómago que se llama molleja. Allí van a parar también las piedrecitas que el ave picotea junto con las semillas. Las piedrecillas ayudan al estómago a desmenuzar el alimento. Las **estrellas de mar** poseen en sus brazos una serie de ventosas con las que abren caparazones de las almejas que después devoran con su estómago móvil, que saca al exterior envolviendo el cuerpo de la almeja y digiriéndolo. Una vez concluido el proceso, vuelve el estómago al interior de su cuerpo... ¿Y las **plantas carnívoras**? Si bien estas especies pertenecen al Reino Vegetal y, por lo tanto son autótrofas (realizan fotosíntesis), viven en ambientes pobres en nitrógeno. La evolución ha intervenido y estas plantas pueden capturar pequeños animales, como insectos y arañas que luego degradan con sustancias similares a los jugos digestivos y así aprovechan los nutrientes faltantes en el suelo.



Galen, en el siglo II, y siguiendo a Aristóteles, que ya había aportado explicaciones sobre la importancia del aire para la vida, consideraba, como su antecesor, que la respiración permitía alimentar el calor del cuerpo y, que en esta función intervenía el corazón. También elaboró teorías que incluían explicaciones sobre la digestión y la circulación. Por ejemplo, afirmó que el alimento era parcialmente digerido en el tubo digestivo y transportado por venas hacia el hígado. Según él, las venas lo transportaban a la cabeza y extremidades, pero no incluía la intervención del corazón en este proceso. En el siglo XVII comienzan a cuestionarse estas ideas. Es, con el surgimiento de la anatomía en Italia, cuando se conocen más detalles vinculados con la estructura de los pulmones y la circulación, entre otros aportes. William Harvey, fisiólogo inglés, se destacó en esta época por explicar la intervención del corazón en el proceso circulatorio y el recorrido de la sangre por venas, arterias y capilares. Sus ideas fueron cuestionadas por más de un siglo. La historia continúa...



Distintas formas de obtención de materia y energía

En síntesis, la nutrición incluye:

- Ingreso de nutrientes.
- Transformaciones fisicoquímicas en el interior de las células (metabolismo): digestión, fotosíntesis.
- Transporte de sustancias en el interior del organismo.
- Obtención de energía contenida en los alimentos (respiración celular).
- Eliminación de desechos metabólicos (excreción, defecación).



Nutrición heterótrofa: captura de alimento por un arácnido

## Esenciales para la vida: los nutrientes

Los seres vivos están constituidos por muchísimas sustancias químicas, que se encuentran presentes en todas sus células. Allí, producto de procesos metabólicos, las sustancias que los organismos incorporan se degradan o participan de reacciones químicas que forman parte de la construcción de otras. En la composición química de un ser vivo, podemos encontrar:

- Agua
- Minerales
- Carbohidratos
- Lípidos
- Proteínas
- Ácidos nucleicos
- Vitaminas

El agua suele ser la sustancia más abundante del cuerpo. Es considerada el disolvente universal, y todas las funciones biológicas requieren de su presencia. Aun los organismos que habitan las zonas más áridas del planeta disponen de mecanismos que les permiten obtener agua del ambiente.

Los minerales generalmente se encuentran disueltos en el agua o formando parte de la composición química de los organismos. Algunos de los elementos químicos presentes en la composición de los minerales que requiere un ser vivo para su supervivencia son: hierro (Fe), magnesio (Mg), fósforo (P), azufre (S), sodio (Na), potasio (K), calcio (Ca), iodo (I).

Los **carbohidratos** y los lípidos integran el grupo de las sustancias **ternarias** porque en su composición química siempre están presentes tres elementos químicos: carbono (C), oxígeno (O), hidrógeno (H). Las **proteínas** son sustancias **cuaternarias**: contienen carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno en sus moléculas. El nitrógeno, y también el fósforo, están presente en la composición química de los ácidos nucleicos, que son moléculas muy complejas. Las vitaminas tienen una composición variada.

Los **nutrientes** ingresan al cuerpo de todos los seres vivos, ya sea a través de la membrana celular en los unicelulares y algunos pluricelulares protistas, como a través de las raíces, en la mayoría de las plantas; filamentos (hifas) en los hongos, y por ingestión, en los animales. Algunos nutrientes, como la glucosa y las vitaminas son sintetizados en las células de los organismos que realizan fotosíntesis y transferidos a los heterótrofos, cuando estos los consumen (**relaciones tróficas**).

## Vocabulario



### • Nutriente

Sustancia orgánica o inorgánica contenida en los alimentos que los organismos requieren para ser utilizadas en los procesos metabólicos.

### • Alimento

Cada una de las sustancias que un ser vivo toma o recibe para su nutrición.

### • Cadena y redes alimentarias

Son representaciones gráficas de las relaciones alimentarias entre los seres vivos, en las que unos comen comidos por otros.

### • Relaciones tróficas

Es el conjunto de interacciones entre seres vivos, vinculadas con la alimentación. Se pueden representar como cadenas y redes alimentarias.

## Hay equipo: agrupación de nutrientes

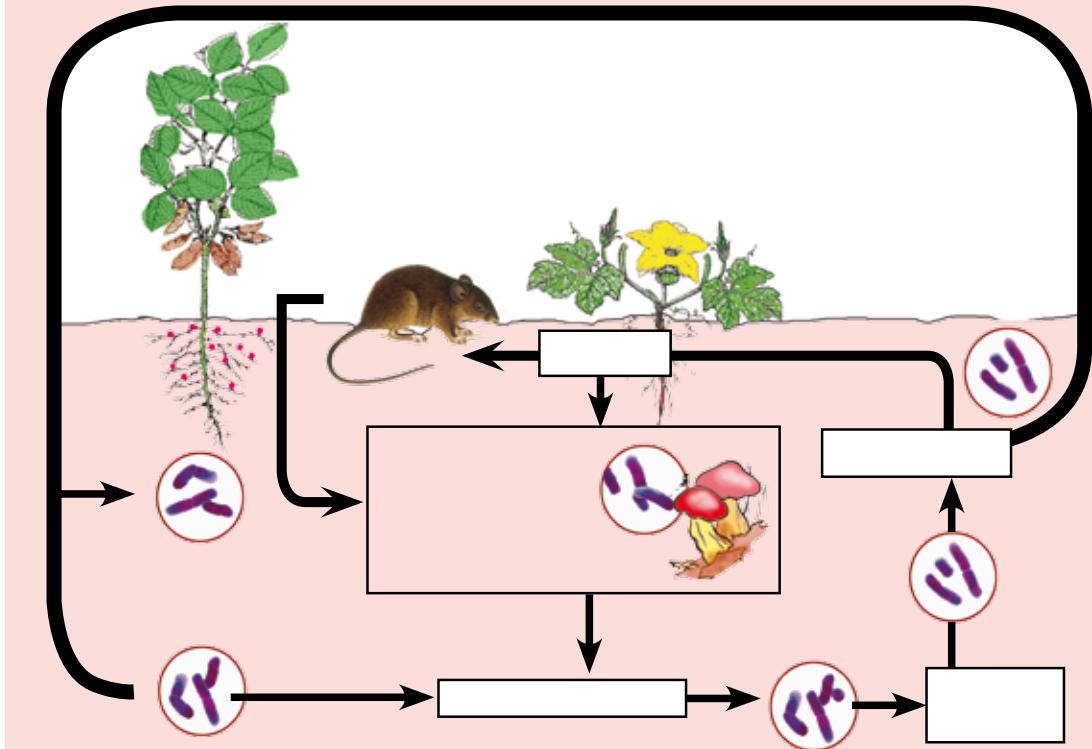
Los nutrientes, según las funciones que cumplen en el organismo, pueden clasificarse en:

- Estructurales: son aquellas sustancias químicas que forman parte de la estructura de las distintas partes del cuerpo: sus células y el medio extracelular que las rodea. A este grupo pertenecen las proteínas, los carbohidratos y los lípidos.
- Energéticos: estas sustancias aportan energía que cada célula obtiene al degradarlas químicamente por el proceso de respiración celular. Se trata de los carbohidratos y los lípidos.
- Reguladores: este grupo de nutrientes participa de procesos homeostáticos que regulan el metabolismo celular. Están incluidos en este grupo el agua, los minerales y las vitaminas.

Los requerimientos de nutrientes varían de acuerdo con las especies biológicas de que se trate, es una característica que se relaciona, por ejemplo, con los hábitos alimentarios de cada una de ellas. También, cuando nos referimos a los organismos, podemos afirmar que no todos necesitan la misma calidad y cantidad de nutrientes. Esto último depende de características individuales tales como la edad, la contextura física, el tipo de actividades que desarrolla, las enfermedades preexistentes, entre otras.

La incorporación de nutrientes no garantiza una nutrición saludable, ya que este concepto involucra otras funciones biológicas tales como la simplificación química de los alimentos, los procesos de absorción de nutrientes, la capacidad de las células para incorporarlos, metabolizarlos y asimilarlos y la capacidad de liberar los desechos producto de estas reacciones. Los procesos biológicos que permiten el ingreso, las transformaciones y la eliminación de sustancias se desarrollarán en el próximo capítulo.

## Actividad



- Este gráfico explica parte de la dinámica en la naturaleza. Hay tres sectores destacados. ¿Pueden comentarlos en palabras? ¿Qué representa cada sector?
- Traten de determinar, observando la imagen, si este ciclo tiene o no carácter sistémico y justifiquen su respuesta.

## Actividades

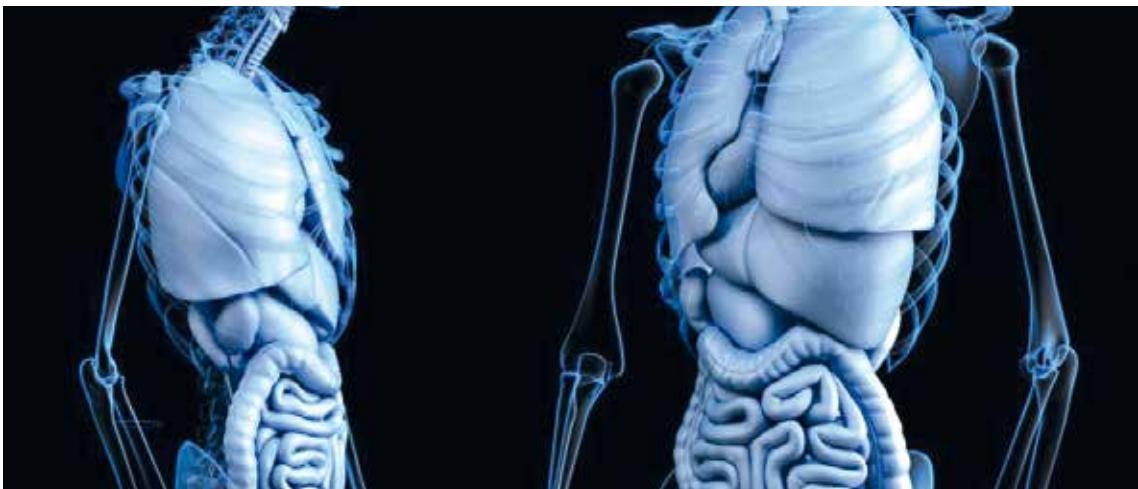


- Busquen en diferentes fuentes bibliográficas y/o en Internet información sobre tres enfermedades que alteren algunas de las funciones descritas en el último párrafo como celajúa, fibrosis quística, diabetes, colon irritable, gastritis. Organicen la información redactando un artículo periodístico breve. Consideren el origen de cada una, procesos u órganos alteran, y qué se recomienda para el tratamiento de cada una.
- Si en una probeta se coloca un caldo de cultivo adecuado y un cierto número de bacterias, se observará que la población de la colonia crece. Sin embargo, repentinamente, el crecimiento se detiene y el número de bacterias decrece. ¿Qué ocurrió? Con demasiadas bacterias ya no hay alimento para todas, y muchas mueren de inanición. Y las que no mueren de hambre lo hacen al ingerir alimentos contaminados por sus propios desechos.
  - En el relato se nombran seres vivos, ¿a qué nivel de organización corresponden?
  - Se describen intercambios de materia y de energía. ¿Pueden comentarlos en dos frases cortas?

# CAPÍTULO

# 2

## *Funciones de nutrición en los organismos heterótrofos*



En el capítulo 1 nos ocupamos de presentar generalidades sobre la intervención e importancia biológica de la materia y la energía en los procesos biológicos y en la organización de los seres vivos. En este capítulo nos ocuparemos de profundizar el tema de la nutrición en los organismos heterótrofos animales, poniendo especial atención en la nutrición en los seres humanos. Se consideran funciones de nutrición a los procesos biológicos de digestión, respiración e intercambio gaseoso, circulación y excreción.

Recordemos que la nutrición heterótrofa implica la incorporación de nutrientes de otros seres vivos y que resulta importante conocer y comprender la diferencia entre alimento y nutriente:

### Vocabulario



#### ● Nutriente

Es todo compuesto presente en los alimentos que puede ser utilizado por el cuerpo para una variedad de procesos vitales: reponer energía, formar células o regular las funciones del organismo.

#### ● Alimento

Es toda sustancia o conjunto de sustancias que pueden ser utilizadas por el organismo para la obtención de energía y de materia.



### ¿Sabías que?...

En la naturaleza existen especies que se alimentan de diversas fuentes; esto define sus hábitos alimentarios. Algunos de ellos son:

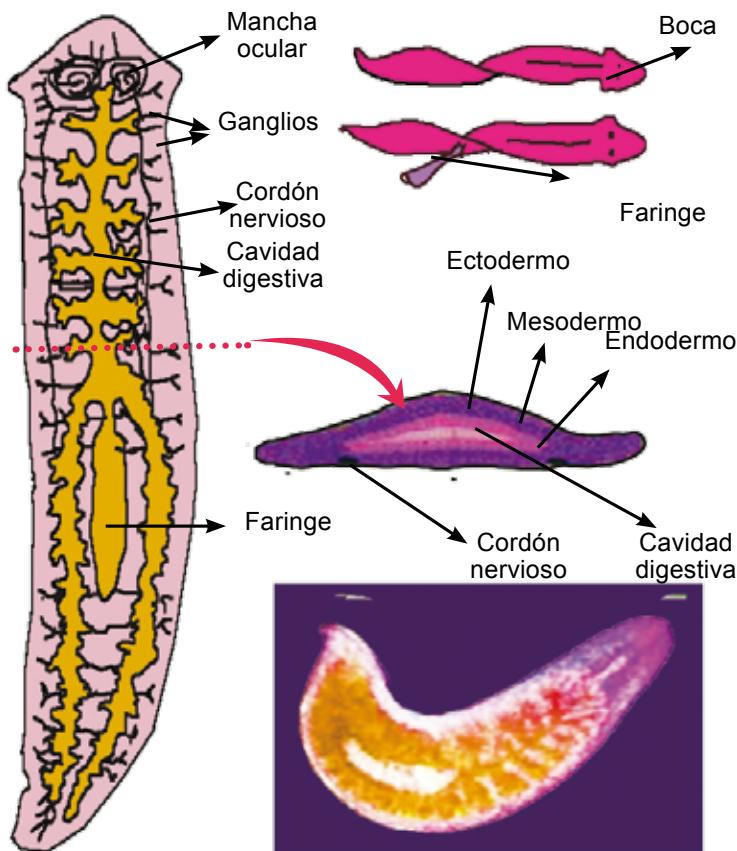
- Herbívoros (consumen vegetales; sus hojas, raíces, tallos): jirafas, elefantes, rumiantes.
- Frugívoros (consumen solo los frutos producidos por algunas plantas): algunos murciélagos y aves.
- Espermatófagos (consumen solo las semillas producidas por algunas plantas): roedores, ardillas.
- Nectarívoros (consumen néctar de las flores): colibríes, algunos insectos.
- Carnívoros (se alimentan de carne de otros animales): felinos, lobos.
- Ictiófagos (consumen peces): tiburones, lobos marinos, pingüinos.
- Malacófagos (se alimentan de crustáceos y animales invertebrados de caparazones duros): estrellas de mar, calamares, algunos peces.
- Hematófagos (obtienen nutrientes de la sangre de otros animales): vampiros, sanguisueñas, mosquito hembra, piojos.
- Omnívoros (se alimentan de diversidad de fuentes): ser humano, algunos monos, osos.
- Coprófagos (se alimentan de materia fecal producida por otros organismos): algunos insectos como moscas y escarabajos.

La biodiversidad es muy rica en variedad de estructuras orgánicas. Los animales cuentan, no solo con diferentes preferencias a la hora de obtener alimentos, sino que, también, sus cuerpos están organizados de diferente manera y, por lo tanto, el ingreso, transformaciones y eliminación de sustancias, no ocurre de la misma manera en todos ellos. Para cada una de las funciones biológicas de nutrición presentaremos generalidades sobre la diversidad de estructuras que las hacen posible y, en detalle, nos ocuparemos de la nutrición en el organismo humano.

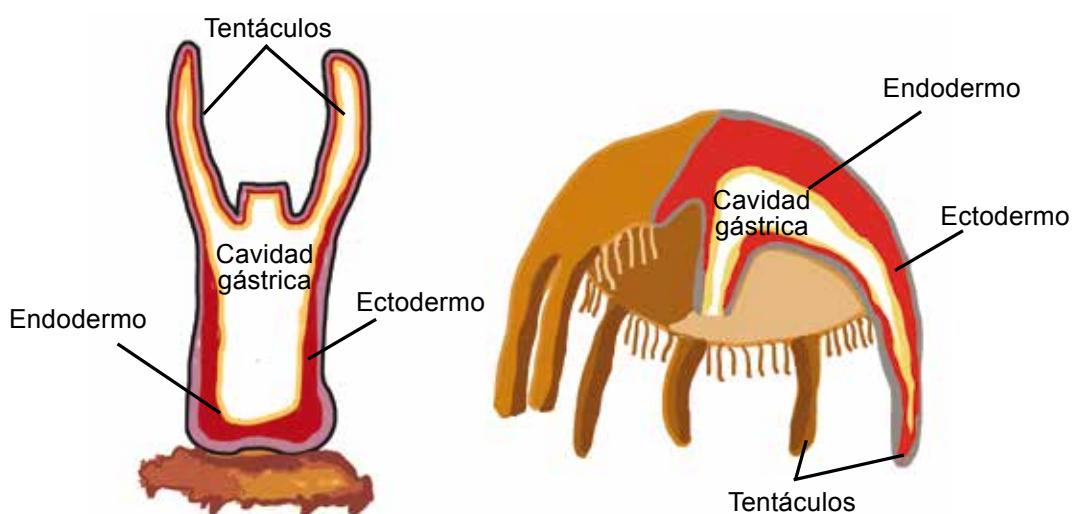
## DIGESTIÓN

La digestión es la función biológica que hace posible la degradación o simplificación química de los alimentos. Estos procesos incluyen la incorporación o ingestión de los mismos, los fenómenos físicos (mecánica digestiva) y químicos (química digestiva) de transformación de los mismos, la selección de nutrientes y su absorción al interior del cuerpo (células y tejidos) y la eliminación de desechos no digeridos o no absorbidos.

En el reino animal es posible clasificar a los animales teniendo en cuenta sus estructuras digestivas. Los animales con tubo digestivo incompleto son aquellos que poseen un único orificio por el cual entran los alimentos y sales los desechos de la digestión. Por ejemplo, esto ocurre en los Platelmintos (también denominados gusanos planos, como por ejemplo, las planarias). Hay grupos de animales, como los corales y medusas (celenterados) y esponjas (poríferos), que ni siquiera poseen sistema digestivo; los nutrientes ingresan en una cavidad del cuerpo y, desde allí, las células los incorporan y digieren.

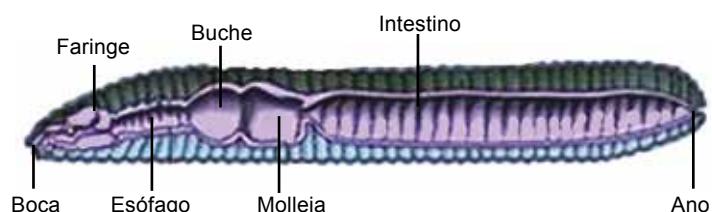


Tubo digestivo incompleto en Planaria

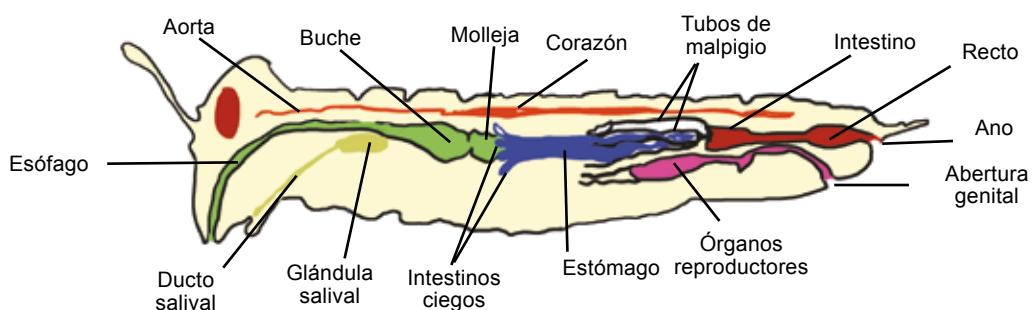


Cavidad gástrica en Cnidarios

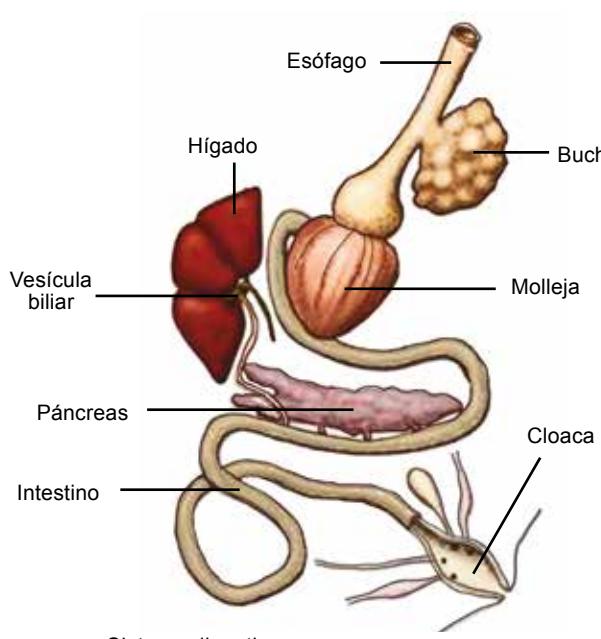
El tubo digestivo completo se caracteriza por presentar una boca, u orificio encargado de la incorporación de alimentos, y otro orificio, por el que eliminan los desechos de la digestión (defecación). Ejemplos de esto son algunos grupos de invertebrados, como los Anélidos (lombrices de tierra), Artrópodos (insectos, arácnidos, crustáceos), Moluscos (caracoles, almejas, clamores y pulpos), Equinodermos (estrellas y erizos de mar) y todos los vertebrados (peces, anfibios, reptiles, aves y mamíferos, incluida nuestra especie).



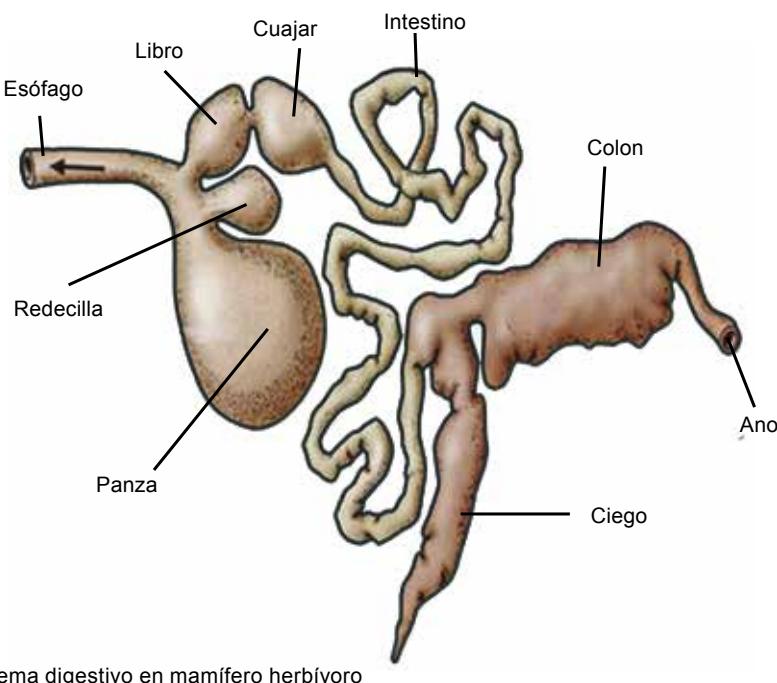
Tubo digestivo completo en anélidos



Sistema digestivo en insectos



Sistema digestivo en aves



Sistema digestivo en mamífero herbívoro

**Actividad**

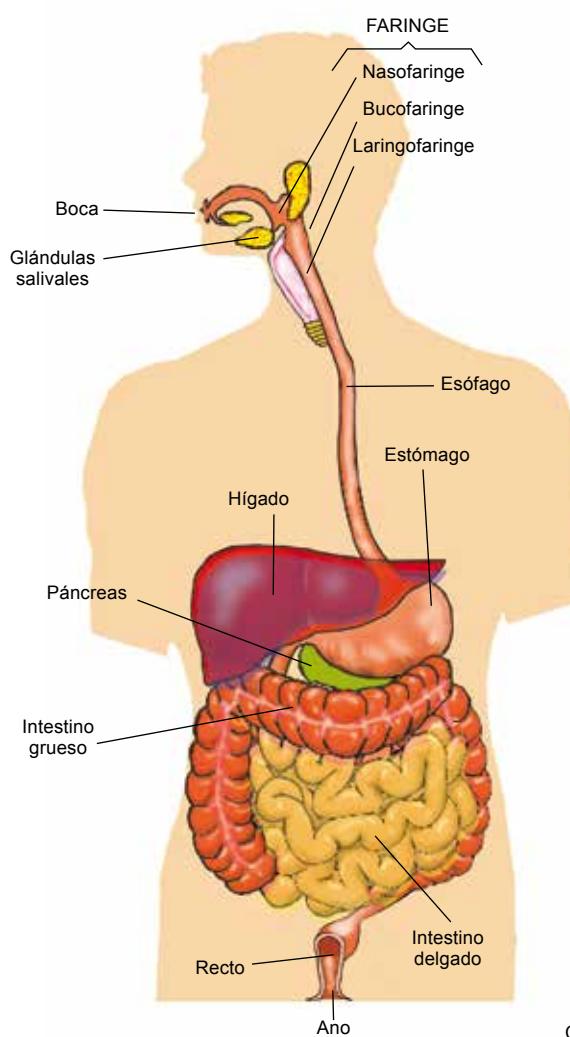
Se presentan diferentes, pero todas las estructuras son digestivas. ¿Por qué se las considera así?

Las especies que tienen su cuerpo organizado en sistemas de órganos, poseen un sistema digestivo formado por el tubo digestivo, que es el conjunto de órganos huecos por donde pasa el alimento, y las glándulas anexas, que producen sustancias que contribuyen al proceso digestivo; producen enzimas digestivas, mucus y otros compuestos.

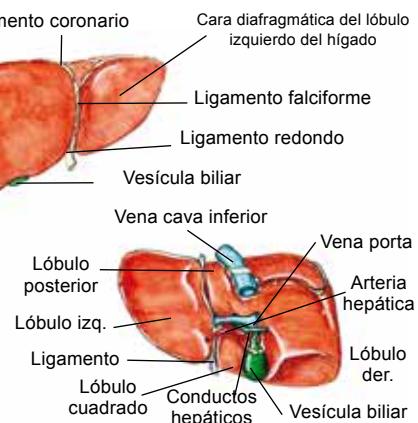
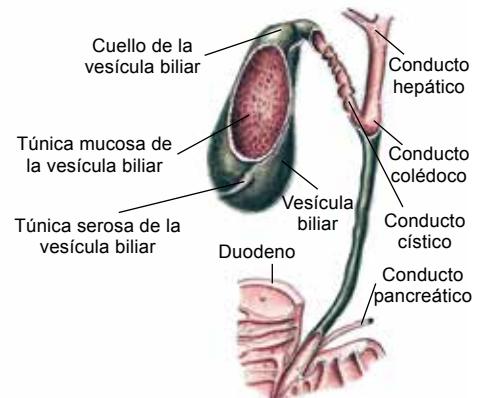
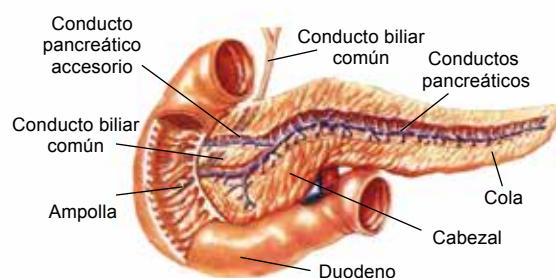
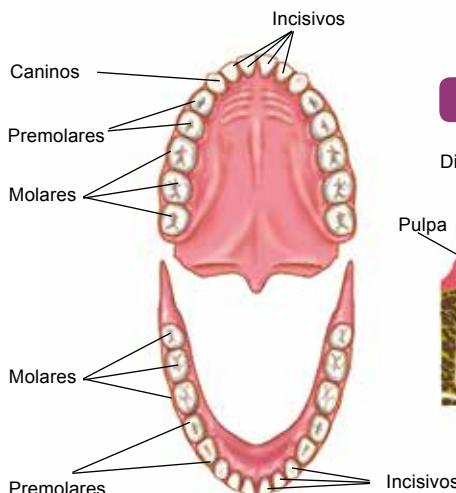
### MECÁNICOS Y QUÍMICOS EN ACCIÓN

Cuando se hace referencia a la **mecánica digestiva**, se incluyen los fenómenos físicos de trituración, mezcla y movimiento de los alimentos en el tracto digestivo. Por otra parte, la **química digestiva** consiste en las transformaciones de las sustancias que componen los alimentos, que generalmente son complejas, como por ejemplo, proteínas, carbohidratos como el almidón, grasas y aceites. Con la intervención de jugos digestivos que contienen enzimas, estas biomoléculas complejas se degradan a sustancias más simples, las que pueden ser absorbidas y transportadas hasta las células del cuerpo.

Todos los órganos del tubo digestivo participan de la mecánica digestiva, que consiste en un conjunto de procesos que incluyen la trituración, mezcla y movimientos de los alimentos. La química digestiva solo ocurre en la boca, el estómago y la primera porción del intestino delgado, el duodeno. Este proceso implica la degradación o simplificación química de las moléculas que componen los alimentos.

**SISTEMA DIGESTIVO**

Cara diafragmática del lóbulo derecho del hígado  
Cara diafragmática del lóbulo izquierdo del hígado  
Ligamento coronario  
Ligamento falciforme  
Ligamento redondo  
Vesícula biliar

**HÍGADO****VESÍCULA BILIAR****PÁNCREAS****SISTEMA DENTARIO****MOLAR**

## Mecánica digestiva en la boca

En la ingestión o incorporación de alimentos interviene la boca, que posee los dientes –estructuras especializadas en cortar, triturar o moler y mezclar los alimentos– y la lengua. Nuestra dentición (heterodonte) está integrada por diversidad de dientes: los incisivos (cortan el alimento), los caninos (desgarran) y los premolares y molares (trituran). Nacemos con una primera dentición, denominada comúnmente “dientes de leche”, que en el transcurso de los 10 ó 12 años es reemplazada por la dentición definitiva. La lengua es un órgano muscular que mezcla los alimentos con la saliva, mientras son triturados. El resultado es el bolo alimenticio, una mezcla pastosa, que puede ser deglutida. La mecánica digestiva en la boca es un acto voluntario y consciente.

## Química digestiva en la boca

En la boca interviene, por primera vez en este proceso, la saliva; compuesta por un conjunto de sustancias, tales como agua, mucus y enzimas digestivas, encargadas de iniciar la degradación química de algunos nutrientes, específicamente un tipo de carbohidratos complejos: los polisacáridos (el almidón). Este jugo digestivo contiene enzimas específicas; una de ellas es la ptilalina o amilasa salival, que participa de estas primeras transformaciones. El resultado es la obtención de otro carbohidrato, más simple, la maltosa. En la saliva también se encuentra una lipasa (enzima encargada de la digestión química de los lípidos, que comenzará en el estómago). El proceso de transformación recién comienza.



### Vocabulario

#### ● Enzimas

Proteínas que cumplen la función de acelerar la velocidad de una reacción química.

## Deglución

Es el acto mecánico de tragar el bolo alimenticio, es decir, el alimento que ha sido triturado y mezclado con la saliva. Interviene en este proceso la faringe y se trata de una acción involuntaria, una vez que la lengua puja el alimento hacia atrás.

El bolo alimenticio recorre el corto trayecto de la faringe y pasa al esófago, órgano con forma de tubo aplastado, que se encuentra detrás de la tráquea. Efectúa este recorrido con la intervención de músculos involuntarios que se contraen dirigiéndolo hacia el estómago (peristaltismo). Por lo tanto, este también es un proceso mecánico.

## Mecánica gástrica

Para ingresar al estómago, el alimento debe atravesar una válvula, **el cardias**, que regula la entrada del bolo alimenticio a este órgano e impide el reflujo de alimentos una vez que ingresaron a él. El estómago es un órgano hueco, muscular, con forma de “bolsa”. Allí los alimentos continúan mezclándose, ahora con el jugo gástrico. El **píloro**, un esfínter en el otro extremo del estómago, impide que los alimentos pasen al intestino delgado antes de completarse la digestión estomacal.

## Química digestiva en el estómago y el duodeno

El proceso de mezcla de los alimentos, parcialmente digeridos en la boca, se complementa con la transformación química de algunos de los componentes de estos alimentos en el estómago, con intervención del jugo gástrico. Este está compuesto de agua, mucus, ácido clorhídrico y enzimas, que intervienen en la digestión de las proteínas y los lípidos. La **pepsina**, digiere proteínas de la carne, la **renina**, proteínas de la leche y la **lipasa** gástrica digiere lípidos. Estas enzimas cumplen su función específica solo en un medio ácido, dado por presencia del ácido clorhídrico; se trata de una situación excepcional, ya que la mayoría de las proteínas (las enzimas son proteínas) alteran su estructura molecular en un medio con estas características y, por lo tanto dejan de ser funcionales. El mucus protege las paredes del estómago de la acidez del jugo gástrico, impermeabilizándolo. Una vez completada la digestión estomacal, el piloro se abre, dejando pasar el producto de la digestión estomacal: una pasta parcialmente digerida. En el **duodeno** se completa la química digestiva. Intervienen en este proceso: el jugo pancreático (producido por el páncreas), el jugo intestinal (producido por glándulas del duodeno) y la bilis (producida por el hígado). Los jugos pancreático e intestinal contienen las enzimas necesarias para completar las transformaciones de los alimentos y así obtener compuestos más simples que puedan ser absorbidos. Las enzimas son:

- Lipasa intestinal: completa la digestión química de los lípidos, transformándolos en ácidos grasos y glicerol.
- Maltasa: transforma las moléculas de maltosa, obtenidas de la degradación del almidón en la boca, en carbohidratos simples, los monosacáridos, como la glucosa.
- Sacarasa: digiere químicamente la sacarosa (sustancia que compone el azúcar de caña que consumimos habitualmente).
- Tripsina y quimotripsina: enzimas que degradan los péptidos obtenidos en el estómago, producto de la degradación de las proteínas y los transforma en aminoácidos, moléculas que componen a las proteínas.

También intervienen en este proceso las DNAsas, enzimas que digieren los ácidos nucleicos presentes en la composición de los alimentos.

### Peristalsis en el intestino

En la primera porción del intestino delgado, el duodeno, también ocurren movimientos peristálticos (mecánica digestiva), que mueven los alimentos hasta que son totalmente digeridos, y pasan a la segunda porción del intestino delgado, llamada **yejuno ileon**, la más extensa.

### ¿Sabías que?...

Todas las funciones biológicas estás coordinadas y reguladas por el **sistema neuro-endocrino**. En el estómago hay células especializadas en la secreción de una hormona llamada gastrina, que estimula la producción de jugo gástrico. En el duodeno se secreta secretina, otra hormona, que estimula al páncreas, órgano que produce jugo pancreático, contenido iones bicarbonato, que neutralizan la acidez del jugo gástrico que llega al duodeno con los alimentos parcialmente digeridos.

## Absorción intestinal

En su recorrido por el **yejuno íleon**, la composición de los alimentos ha cambiado, producto de la digestión. Ahora se trata de un conjunto de sustancias más simples que las ingeridas, y su aspecto es el de una mezcla de apariencia algo lechosa. El yeyuno íleon presenta pliegues en su interior, denominados vellosidades intestinales, que aumentan considerablemente la superficie de absorción de este órgano. En este largo recorrido, de casi 5m, se produce una selección de los nutrientes que serán absorbidos y de aquellas sustancias que no fueron digeridas y no serán absorbidas. Los nutrientes atraviesan las membranas de las células que tapizan el interior del intestino delgado, que también poseen pliegues, las microvellosidades. Luego pasan a los capilares sanguíneos y linfáticos que posee cada vellosidad. En este momento podemos afirmar que los nutrientes han ingresado al interior del cuerpo. Serán transportados por la **sangre** y la **linfa** hasta el **hígado**. Allí, en esta glándula, la más extensa del cuerpo, comienzan los procesos metabólicos que permiten el aprovechamiento de estos nutrientes. También funciona como una central de “reciclado” de sustancias. Una vez completado estos procesos, los nutrientes, viajan por el plasma sanguíneo y son distribuidos a todos los tejidos del cuerpo. Una vez allí, ingresan a cada una de las células y participan de las reacciones químicas que ocurren en su interior: el metabolismo. Estos complejos procesos permiten la asimilación de nutrientes y la obtención de la energía contenida en ellos; funciones que desarrollaremos con más detalle en los capítulos siguientes.

### ¿Sabías que?...

#### “TIC TAC”

El sistema nervioso interviene en la función digestiva, tal como lo hace con el resto de la fisiología de nuestro cuerpo. Los procesos voluntarios y conscientes (por ejemplo, la masticación) son coordinados en la corteza cerebral; los inconscientes e involuntarios, por el sistema autónomo. Incluso, en una región cerebral llamada hipotálamo se encuentran centros nerviosos responsables de los “relojes biológicos”, que coordinan los ritmos de numerosas funciones biológicas, entre ellos, el de apetito y saciedad; razón por la cual, nuestras glándulas digestivas comienzan a segregar jugos digestivos a intervalos de tiempo relativamente regulares, aunque no estemos comiendo.



Vellosidades intestinales

### Vocabulario



#### • Peristalsis

Movimientos involuntarios que ocurren en el tubo digestivo y permiten el avance de los alimentos y su mezcla con jugos digestivos.

#### • Asimilación

Procesos metabólicos intracelulares en los que las sustancias ingeridas con los alimentos (nutrientes) se transforman en sustancias del propio cuerpo.

## Absorción en el intestino grueso y formación de heces

No todos los componentes de los alimentos que ingerimos son digeridos y absorbidos en el intestino delgado. El agua, algunos minerales y algunas vitaminas B y K se absorben en el **intestino grueso**, constituido por el **ciego**, que lo conecta a la porción final del yeyuno íleon, y que además incluye: el **apéndice**, el **colon** (dividido en ascendente, transverso, descendente y sigmoideo) y la porción final, el **recto**, que culmina en el ano. Una vez concluida la absorción y ya formadas las heces o materia fecal se desencadena el reflejo de defecación, coordinado por el sistema nervioso central. A partir de los dos años, aproximadamente, estamos en condiciones de controlar voluntariamente la evacuación, que consiste en la relajación de los músculos del año y permitir la salida de los desechos de la digestión.

## Química digestiva en el intestino grueso

Si bien el intestino grueso no produce enzimas digestivas, ocurren en su interior algunos procesos químicos, en los que intervienen bacterias (*Escherichia coli*). Estas viven en el interior de este órgano y nuestra especie interactúa con ellas en una relación simbiótica, que aporta beneficios mutuos a ambas especies: los seres humanos se benefician con su intervención en la fermentación de algunas sustancias no absorbidas y desechos de la bilis, que formarán parte de la materia fecal y en la producción de algunas vitaminas del complejo B y la K. Las bacterias, por su parte, cuentan en nuestro organismo, con un hábitat apropiado para su supervivencia.



*Escherichia Coli*

### Actividad

De todos los órganos del sistema digestivo humano que presentamos en el texto elijan uno y después de releer, separen todos los términos que denoten fenómenos mecánicos y los que describen cuestiones químicas. Organícelos en un diagrama de flujo.



Mafalda, por Quino

### Actividades



#### 1) Enzimas

Uno de los recursos para explicar las ciencias son las analogías. Completen el siguiente análogo:

Al desarmar un mueble para reciclarlo, para reutilizar la madera que lo constituye para otra función, si tiene clavos recurro a una tenaza, si tiene tornillos los saco con un destornillador, si hay tirafondos uso una llave. Del mismo modo las enzimas digestivas tienen especificidad. Digerimos un buen sándwich de vacío paso a paso desde que llega a la boca. Aquí actúan ..... y ..... sobre ..... y ..... El bolo pasa al estomago, la ..... digiere las proteínas de la carne, la lipasa gástrica actúa sobre ..... de la comida que pronto pasa al duodeno. Aquí la secretina cumple la función de..... En este momento, hacen su aparición enzimas del páncreas y del hígado, la bilis, para completar la digestión de nuestro almuerzo. Sobre los componentes del pan desdoblan..... y ..... a las proteínas de la carne ..... y la lipasa se ocupa de completar la digestión de ..... La importancia del intestino grueso es ..... En el interior del colon hay una vitamina, la K esencial para la coagulación sanguínea que se hace presente cuando ciertos alimentos completan su descomposición. Averigüen qué alimentos o mecanismos favorecen la presencia de vitamina K.

#### 2) Alimentos

Un gramo de hidratos de carbono consumido entrega al organismo cuatro calorías, las proteínas igual cantidad, pese a que cumplen diferentes funciones en los organismos animales. Las grasas, duplican este valor, entregan nueve calorías por gramo de grasa consumida. Calculen la cantidad de calorías que aporta una porción de pastel de papa hecho con 200 gramos de puré (prácticamente almidón) y 100 gramos de carne que contienen un 25% de materia grasa.

### ¿Sabías que?...



Ningún ser vivo puede dar origen a microorganismos. Éstos se reproducen a partir de otros preexistentes que ingresan a nuestro cuerpo por diferentes vías. Las bacterias que viven en nuestro intestino grueso lo hacen por vía oral, durante las primeras 48 hs de vida del recién nacido, al entrar en contacto con la mama al alimentarse. Mientras estos microorganismos permanezcan en el interior del intestino grueso, interactuamos con ellos de manera beneficiosa para ambos, pero, en ocasiones, pueden atravesar las paredes intestinales. En estos casos se transforman en organismos patógenos, causantes de enfermedades, muchas veces graves, como por ejemplo el síndrome urémico hemolítico.



## Actividad

Mafalda es conocida entre otras cosas por su aversión a la sopa. Reelaboren la historieta, pero a favor del consumo de sopa.



Mafalda, por Quino

## INTERCAMBIO GASEOSO Y RESPIRACIÓN

Ningún ser vivo es capaz de producir la energía que requiere para todas las actividades que ocurren en su cuerpo. Es por esto que, en el contexto de las funciones de nutrición, resulta imprescindible para la supervivencia de los organismos, la posibilidad de obtener y almacenar energía. La función biológica que interviene en este caso es la respiración.



## Actividad

Indaguen acerca de por qué hay que ser tan cuidadoso en el envasado de los alimentos enlatados.



## ¿Sabías que?...

Los biólogos y paleontólogos han descubierto que, durante los primeros 1000 ma (millones de años) de vida en nuestro planeta, la vida estuvo representada por organismos con respiración anaeróbica. Esta característica está asociada con el hecho de que, durante ese largo período de tiempo, la atmósfera terrestre no tenía oxígeno molecular en su composición. Si bien en la actualidad muchas especies de seres vivos requieren de este gas para la respiración, aún existen organismos anaeróbicos.

### Combustibles y comburentes

Es importante aclarar que, habitualmente asociamos, erróneamente, respiración con intercambio de gases entre los organismos y el medio. La **respiración** es el conjunto de procesos fisicoquímicos que permiten a los seres vivos obtener energía, contenida en los alimentos, para luego ser utilizada o almacenada. Los intercambios gaseosos forman parte de estos complejos procesos. Todos los seres vivos respiran; cada una de las células que forman parte del cuerpo de los pluricelulares, también. Existen diferentes tipos de respiración en la naturaleza. Una de ellas es la respiración **aeróbica**, su nombre se asocia con el hecho de que los organismos requieren de oxígeno, que interviene en las reacciones químicas que permiten liberar la energía contenida en las moléculas de algunos nutrientes, como por ejemplo, la glucosa. Ejemplos de ella en la naturaleza están representados por la respiración en vegetales, y animales, protistas, algunos hongos y algunas bacterias. En la respiración **anaeróbica**, en cambio, no interviene el oxígeno; en su lugar, los organismos toman del medio otras sustancias, como sulfatos y nitratos. Ocurre en muchas especies de bacterias, algunos hongos y, en ocasiones, en células musculares de nuestro propio cuerpo. En ambos casos, el resultado es la obtención de energía necesaria para todas las funciones biológicas. Estas complejas reacciones químicas ocurren en el interior de las células y serán desarrolladas en capítulos siguientes de este libro.

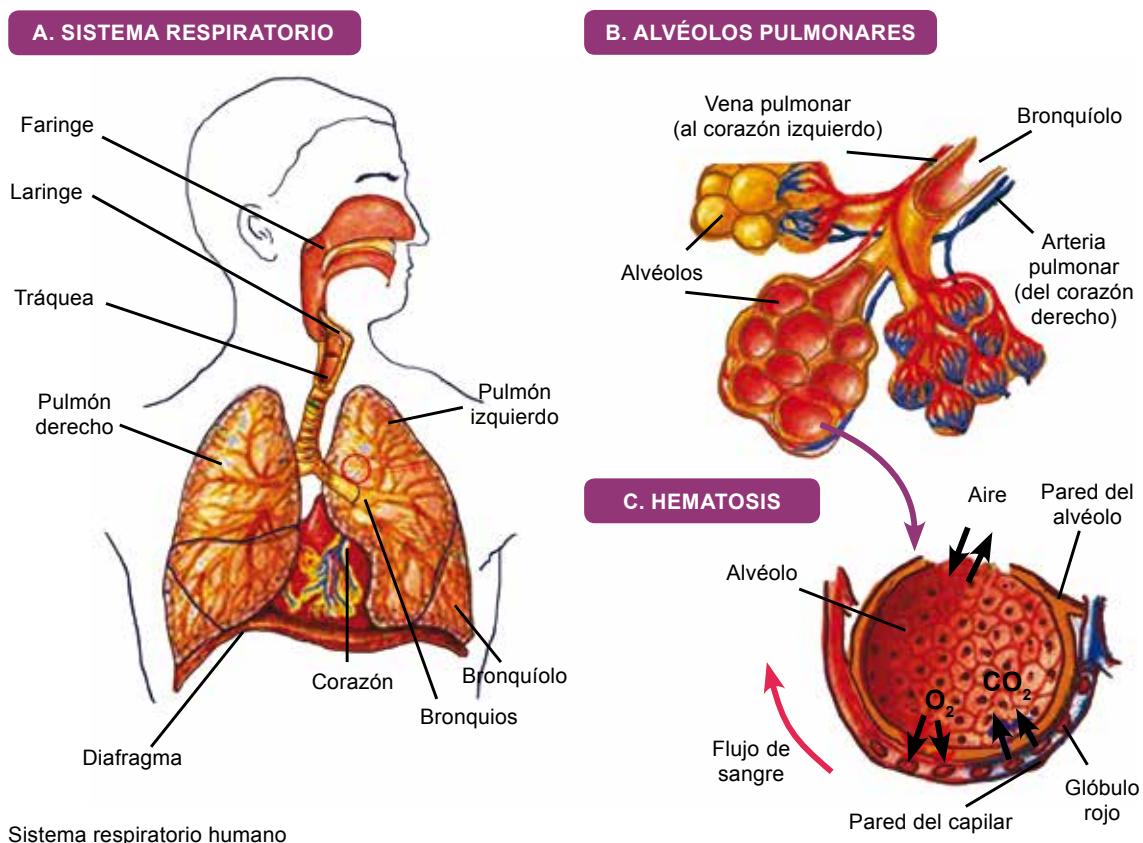
Respecto del intercambio gaseoso, que forma parte del proceso respiratorio, la naturaleza presenta cierta diversidad de estructuras que lo hacen posible. Las plantas terrestres, por ejemplo, cuentan con estructuras microscópicas en sus hojas, los estomas, que, a la manera de compuertas que se abren y cierran, permiten la entrada y salida de gases del vegetal. En los organismos unicelulares, y en algunos pluricelulares que no poseen órganos ni sistema respiratorio, los intercambios ocurren a través de la membrana que rodea a todas las células. En el grupo de los animales, los anélidos, grupo al que pertenecen las lombrices de tierra, intercambian gases respiratorios a través de la cubierta del cuerpo o tegumento. Esto también ocurre, aunque parcialmente, en anfibios (sapos, ranas). Los animales acuáticos, como peces, crustáceos (por ejemplo, cangrejos), moluscos (calamares, caracoles), larvas de anfibios (renacuajos) entre otros, obtienen oxígeno molecular, disuelto en el agua, a través de branquias. Los insectos y arácnidos poseen pequeños tubos que se ramifican al interior del cuerpo, llamados tráqueas y los vertebrados aero-terrestres (anfibios adultos, mamíferos, y reptiles, incluidas las aves) poseen un par de pulmones, comunicados con el exterior a través de órganos que forman las vías respiratorias.

### Organización del sistema respiratorio humano

La organización del sistema respiratorio hace posible los procesos de entrada y salida de aire del cuerpo, es decir, los intercambios gaseosos que permiten obtener el oxígeno del aire, necesario para las reacciones químicas de respiración celular, y eliminar dióxido de carbono y vapor de agua, como desechos metabólicos de este proceso. Se trata de un conjunto de fenómenos físicos.

En la especie humana, como en el resto de los mamíferos y otros vertebrados terrestres, el sistema respiratorio está integrado por un conjunto de órganos denominados **vías respiratorias** y los **pulmones**.

Las vías respiratorias son órganos con forma de tubos huecos que permiten la entrada y salida de aire del cuerpo. Forman parte de ellas: las fosas nasales, faringe, laringe, tráquea y bronquios.



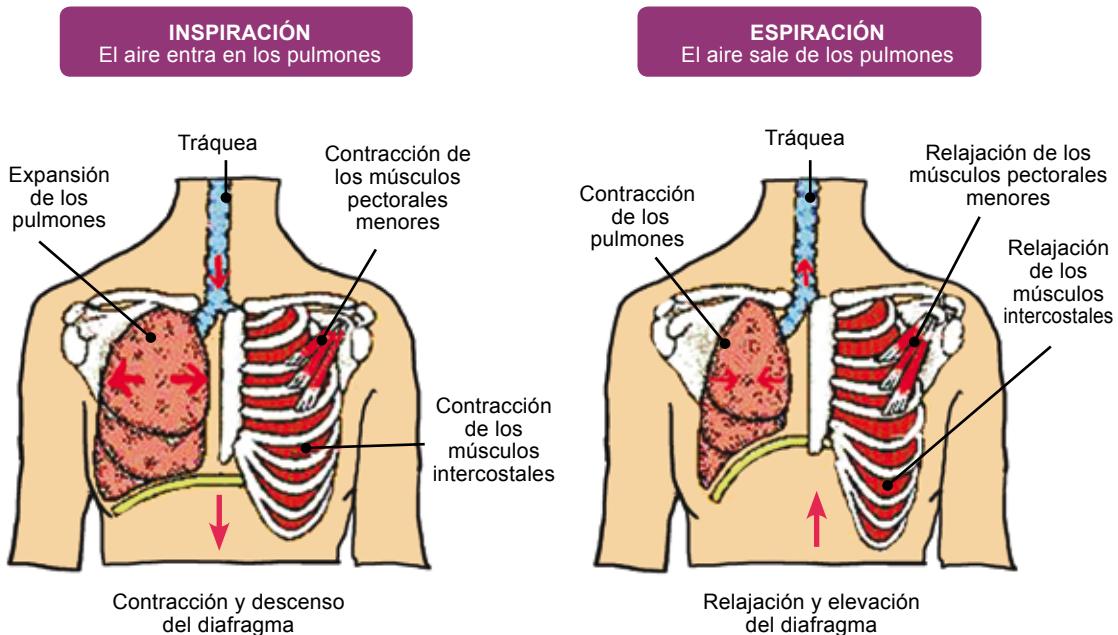
## AIRE “ACONDICIONADO”: LA MECÁNICA RESPIRATORIA

El conjunto de procesos que hacen posible el intercambio de aire en nuestro organismo se denomina **mecánica respiratoria**. Incluye:

- La inspiración, que consiste en la entrada de aire hasta los pulmones.
- La espiración, que representa la salida de aire del cuerpo.

### Inspiración

En este proceso intervienen los órganos del sistema respiratorio y músculos de la caja torácica, como el diafragma, los pectorales e intercostales, que permiten que esta amplíe su volumen y los pulmones se expandan.



Representación esquemática de la mecánica respiratoria

Las **fosas nasales** son dos cavidades que, se comunican directamente con el exterior a través de los orificios nasales ubicados en la nariz. El ingreso de aire se produce a través de ellas. En su paso por estos órganos, el aire se entibia y, además, en unas prolongaciones microscópicas de sus células llamadas **cílias**, quedan retenidas partículas de polvo, esporas y otras sustancias que pueden ser irritantes.

El aire continúa su recorrido por la **faringe**, que, como ya hemos presentado, integra también el sistema digestivo, siendo esta una característica evolutiva que compartimos con todos los vertebrados. La **laringe**, que se encuentra a continuación, posee una estructura en forma de “tapa”, la epiglotis, que se abre permitiendo el paso del aire y se cierra cuando ocurre la deglución, impidiendo que partículas de alimentos ingresen a las vías respiratorias, produciéndonos un eventual ahogo. En la laringe se ubican las cuerdas vocales, repliegues fibrosos que vibran cuando pasa el aire, produciendo la voz.

La **tráquea**, conducto formado, entre otros tejidos, por anillos cartilaginosos que lo mantienen abierto, conduce el aire hacia los **bronquios**, un par de conductos que ingresan a cada pulmón. Junto con los bronquios entra a cada pulmón una arteria pulmonar y

**¿Sabías que?...**

### ¡HIP!

El **hipo** se produce cuando el músculo diafragma se contrae en forma espasmódica e involuntaria, produciendo una salida brusca de aire, acompañada del cierre momentáneo de la epiglotis, lo que produce el sonido característico. Generalmente no ocasiona trastornos serios, pero hay casos de hipo persistente, proceso llamado **singultus**, que puede durar horas, días y, en casos extremos, meses y años; situación que requiere la consulta médica.

*¿Sabías que?...*

### ¡SALUD!

El estornudo es un mecanismo de defensa de nuestro organismo. Consiste en una espiración brusca que arrastra hacia afuera partículas irritantes que ingresan a las fosas nasales y quedan retenidas en la cilia.

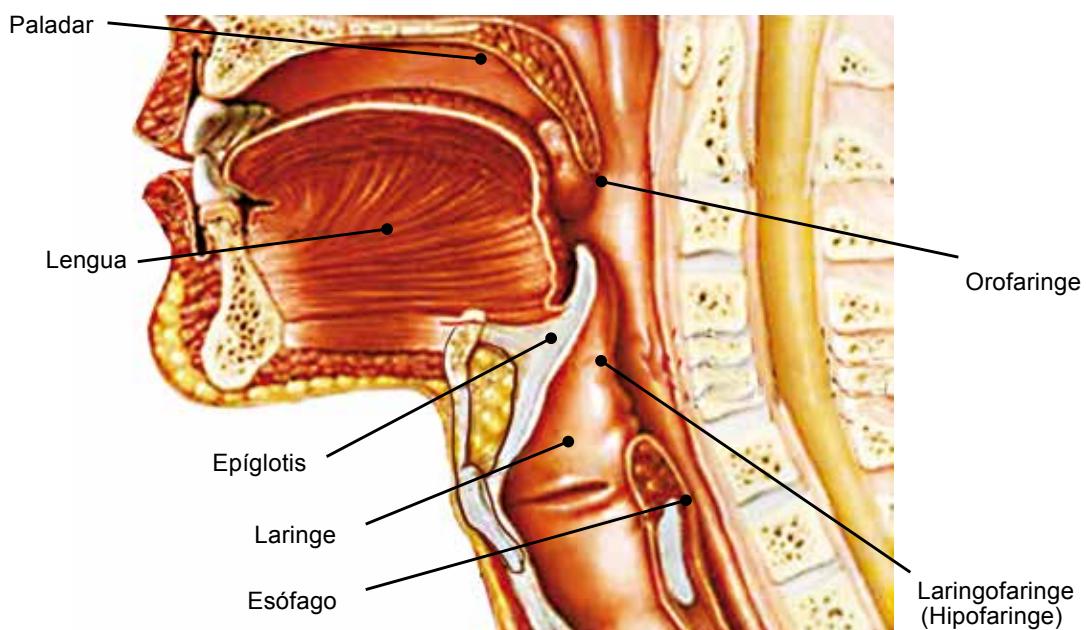
### “ESCOBA BIOLÓGICA”

La tos es otro mecanismo defensa. En ocasiones, la saliva, partículas de alimento, polvo u otros agentes irritantes llegan a la laringe y tráquea. Allí también hay cillas microscópicas que, con una espiración brusca, arrastran esas partículas al exterior, cual una “escoba biológica”.

sale, por el mismo sitio, una vena pulmonar. En el interior de cada pulmón, los bronquios se ramifican, volviéndose cada vez más pequeños, hasta transformarse en conductos microscópicos: los bronquiolillos, que terminan en unas estructuras formadas por membranas dispuestas como pequeñas “bolsas”, llamadas **alvéolos pulmonares**. Cada una de estas membranas está rodeada de vasos sanguíneos microscópicos, los capilares, por los que circula sangre. Allí ocurre un proceso llamado **hematosis**: el oxígeno contenido en el aire de los alvéolos atraviesa la membrana alveolar y la pared del capilar e ingresa a la sangre y, desde ella, en sentido inverso, el dióxido de carbono pasa a la cavidad de los alvéolos para ser eliminado. A partir de este momento se inicia el proceso de espiración o salida del aire del cuerpo.

*Actividad*

¿Cuáles son las cuestiones culturales que nos hacen decir “salud” al estornudar y no al toser?



Estructuras que intervienen en la emisión de la voz

## Espiración

Una vez producida la hematosis, el aire, que ahora contiene mayor concentración de dióxido de carbono y menor concentración de oxígeno que el aire inspirado, sale de los pulmones e inicia su recorrido por las vías respiratorias hacia el exterior: pasa los bronquios, tráquea, laringe, faringe y fosas nasales.

Los gases respiratorios viajan por la sangre, tanto en su recorrido desde los pulmones hacia las células como desde ellas hasta los pulmones. La mayor parte del oxígeno viaja en una molécula llamada hemoglobina, contenida en los glóbulos rojos, mientras que, la mayor parte del dióxido de carbono lo hace por el plasma sanguíneo. La sangre comunica a los diferentes sistemas con todas las células, en este caso les provee el oxígeno necesario para la respiración celular y transporta los gases que representan desechos de este proceso, como el dióxido de carbono.



Red de vasos sanguíneos pulmonares

### Vocabulario

#### • Frecuencia respiratoria

Corresponde a un valor numérico que expresa la cantidad de movimientos respiratorios (inspiración + espiración) por minuto. Varía según la edad, sexo, características individuales, grado de actividad física y algunas enfermedades.

En síntesis, podemos concluir que la respiración representa una compleja función biológica de nutrición que incluye una serie de procesos fisicoquímicos que ocurren de diferente manera en diferentes estructuras de nuestro cuerpo:

- Intercambios gaseosos entre el organismo y el medio ambiente.
- Intercambios gaseosos entre los alvéolos pulmonares y la sangre.
- Intercambios gaseosos entre la sangre y las células.
- Procesos metabólicos celulares (fenómenos químicos) de degradación de los alimentos, con intervención del oxígeno, que permiten la obtención de energía contenida en ellos.

### El túnel del tiempo



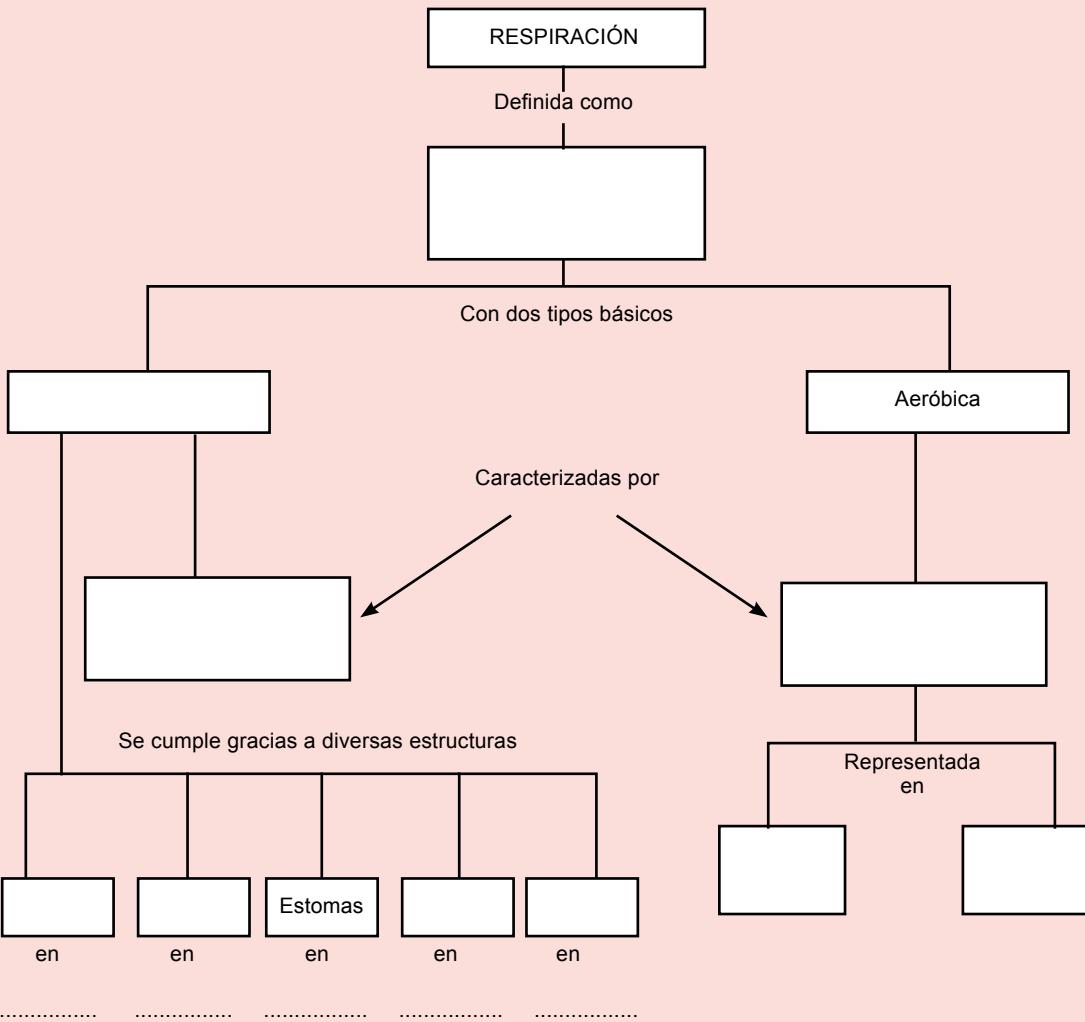
Malpighi aspiró a conocer la estructura de la materia viviente; por eso estudió la textura de las plantas, de los animales y del hombre. Su primer trabajo importante fue *De pulmonibus* (1661), donde describió por primera vez la vesícula pulmonar y demostró que no podía existir contacto inmediato entre la sangre circulante y el aire inspirado.



## Actividad

**Sistema respiratorio**

a) A modo de resumen del texto titulado “Intercambio de gases y respiración”, completen este cuadro.



- b) En páginas anteriores se presentó a la respiración como “una compleja función de nutrición que incluye el intercambio gaseoso entre el organismo y el medio ambiente”. A partir de esta idea, ¿pueden justificar las reglamentaciones sobre la existencia de zonas libre de humo?
- c) Amplíen este párrafo de manera tal que explique la importancia de la respiración.  
“Se caracteriza a la respiración como un proceso metabólico celular (un fenómeno químico) de degradación de los alimentos, con intervención del oxígeno, que permite la obtención de energía contenida en ellos”.
- d) Releyendo los ítems que citan intercambio de gases entre distintos tejidos, fundamenten la detección de alcohol, proveniente de nuestro cuerpo en los test de alcoholemia.

## ELIMINACIÓN DE DESECHOS METABÓLICOS: LA EXCRECIÓN

Tal como lo hemos anticipado en el capítulo 1 y en el comienzo de este capítulo, los seres vivos somos sistemas abiertos en los que, además de los intercambios de materia y energía con el ambiente, en el interior de sus células ocurren complejas reacciones químicas llamadas metabolismo. De ellas nos ocuparemos con más detalle en los capítulos que siguen. Como resultado de estas reacciones se producen no solo sustancias que nuestro cuerpo aprovecha sino también desechos, que el organismo elimina. Se denomina **excreción** al proceso de eliminación de estos desechos metabólicos. Esta función también contribuye a mantener la **homeostasis** (ver capítulo 1) de los líquidos internos del cuerpo.

**Para saber más**



### Se ha recorrido un largo camino... la evolución de las estructuras excretoras

Cuando se estudian los vertebrados desde el punto de vista de su osmorregulación se observa que las adaptaciones están más relacionadas con el hábitat que con el grupo al que pertenecen.

Un ejemplo de adaptaciones, relacionadas con procesos evolutivos que datan de millones de años atrás es el de los animales que viven en los ambientes de agua dulce, los peces mantienen las concentraciones de agua y solutos internos produciendo grandes cantidades de orina diluida y bombean iones al interior del cuerpo, aunque también pueden obtener sales de los alimentos que consumen.

En los animales marinos el agua tiende a salir del organismo a través de la piel y las branquias. El pez tiene que compensar esta pérdida absorbiendo agua de mar por el intestino, este sistema implica la entrada de un excedente de sales, que serán expulsadas por el riñón, y por las branquias.

Los mamíferos, animales que, producto de la evolución, conquistan el medio terrestre, presentan una alta capacidad para concentrar la orina. Esto les permite reducir la pérdida de agua cuando tiene que expulsar el exceso de sales o sus residuos nitrogenados. Aun así, estos animales necesitan de un aporte importante de agua para sobrevivir en el medio terrestre.



Iguana marina

**¿Sabías que?...**



### ¿Iguanas que estornudan?

Las especies de reptiles que viven en ambientes marinos (iguanas, serpientes marinas) no pueden eliminar por la orina el exceso de sal que ingresa a su cuerpo. Lo expulsan mediante las “glándulas de la sal”, ubicadas en la cabeza.

El efecto producido parece verdaderamente un “estornudo”.

Para saber más**Morir deshidratado en medio del agua**

Los mamíferos que viven en ambientes marinos (Por ej. ballenas) no pueden beber agua salada, ya que al no poseer glándulas de la sal (como los reptiles y aves marinas) solo podrían eliminar este exceso de sal mediante la orina, que produciría una pérdida de agua mayor que la ingerida con la consiguiente deshidratación.

Esta limitación la compensan por diferentes vías:

- obtención del agua por catabolismo (degradación química) de los alimentos
- reducir la pérdida de agua por concentración de la orina y modificación de los conductos respiratorios para evitar la pérdida de agua durante la respiración.

Actividad

Comenten con su grupo de qué manera puede resolver un naufrago su problema de deshidratación en el mar. Para responder tienen en cuenta la película El naufrago (Robert Zemeckis, 2000) o el texto Relatos de un naufrago de Gabriel García Márquez (1970).

Vocabulario

## ● Osmorregulación

Se define como la capacidad de un organismo para mantener constante sus concentraciones de agua y solutos frente a las variaciones del medio ambiente.

Las principales funciones del sistema excretor son:

- Mantener el equilibrio hídrico.
- Mantener la osmorregulación del medio interno.
- Eliminar los desechos nitrogenados.
- Regular el pH del medio interno.

**RRR: REDUCIR, REUTILIZAR, RECICLAR****Estructura y funciones del sistema excretor**

El sistema excretor del ser humano es muy similar al de los demás mamíferos. Se compone de dos riñones y un conjunto de órganos huecos que transportan y almacenan los filtrados en cada riñón. Ellos son: la pelvis renal, los uréteres, la vejiga urinaria y la uretra.

Los **riñones** son dos órganos situados a ambos lados de la columna vertebral, por detrás del intestino. Están rodeados por una cápsula de tejido fibroso y en su interior se identifican dos partes: una interna llamada médula renal y otra externa, la corteza renal. Microscópicamente cada riñón está formado por un conjunto de estructuras llamadas *nefrones*. Cada nefrón filtra la sangre que llega a los riñones con desechos metabólicos producidos por las actividades celulares de todo el cuerpo. Por esto se los considera la unidad funcional del riñón. Parte del agua y sustancias de desecho como sales, urea y ácido úrico son filtrados en la *cápsula de Bowman* de cada nefrón. Allí comienzan a recorrer una serie de conductos muy delgados: el túbulos contorneado proximal, el asa de Henle y el túbulos contorneado distal. En su recorrido, parte del agua filtrada, junto con algunas sustancias que el organismo puede recuperar, son reabsorbidas y regresan a la sangre. De esta manera el organismo mantiene relativamente constantes las concentraciones de agua y solutos como parte de los procesos de homeostasis.

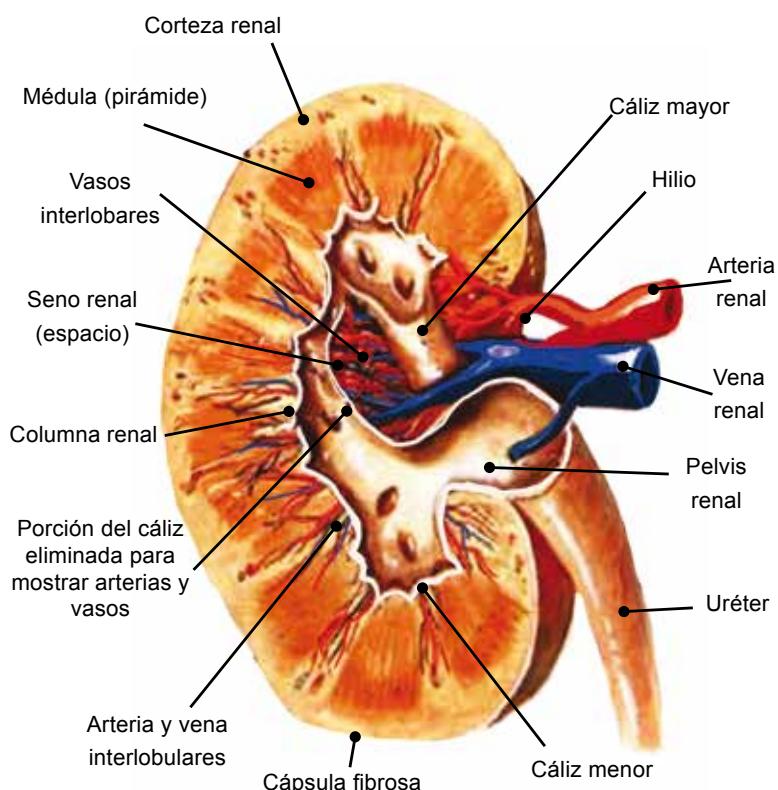
Un vez concluido el proceso de filtrado y reabsorción queda constituida la orina, que desemboca en tubos de mayor calibre, los tubos colectores que, a su vez, la conducen hasta los cálices renales. De allí, estos productos de desechos están listos para salir del riñón y recorrer los conductos que permiten su eliminación al exterior.

**¿Sabías que?...**

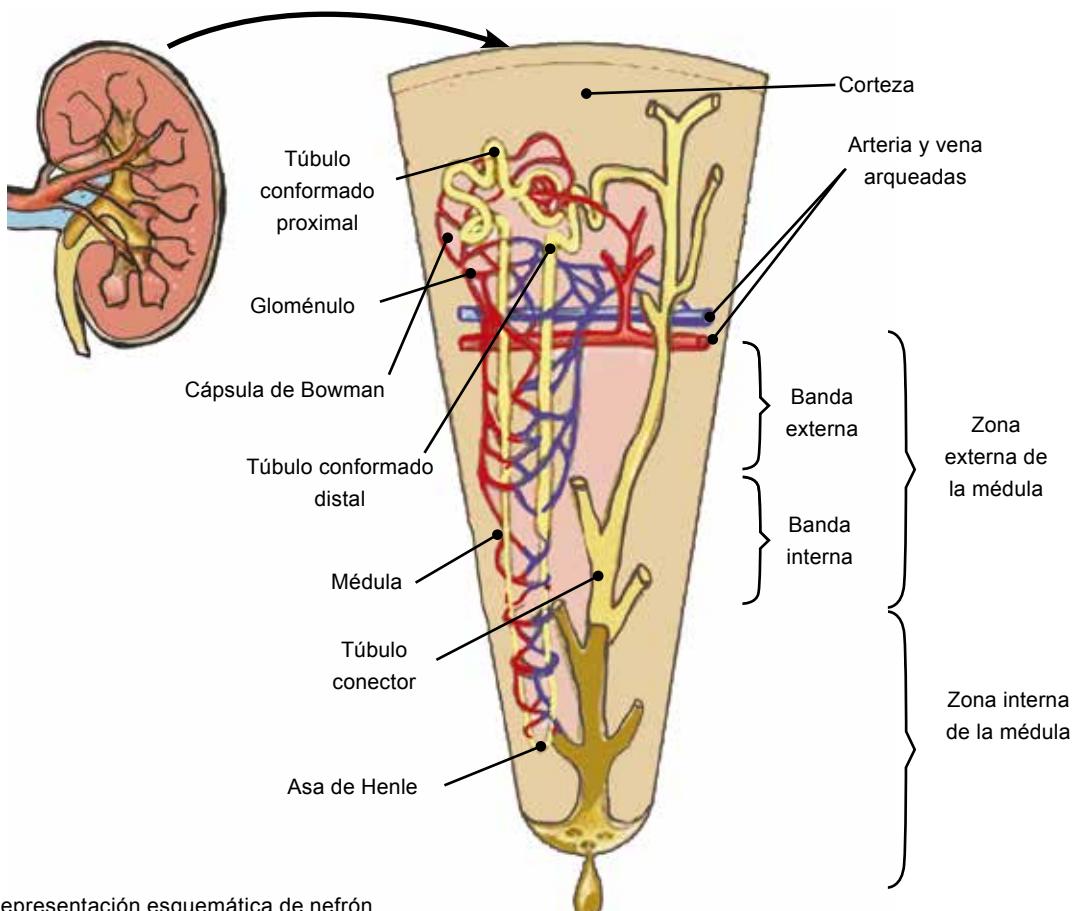
Desde la cápsula de Bowman hasta el tubo colector, cada nefrón mide 50 cm. Como en cada riñón humano hay aproximadamente 1.000.000 de nefrones, la longitud de todos los túbulos es de ¡50 km!

En una persona adulta, de 70 kg, llegan al riñón 1400 litros de sangre por día. Esto significa que el contenido total de sangre de un individuo circula por los riñones 290 veces por día.

Durante el filtrado renal diario ingresan a los riñones 200 litros de agua procedente de la sangre. De estos, el sujeto orina aproximadamente 1,5 litros, de modo que el riñón recuperó, por reabsorción 198,5 litros.



Corte del riñón



Representación esquemática de nefrón

**¿Sabías que?...**

### Vivir en el desierto...

En el caso de los mamíferos adaptados al desierto, las estrategias para conservar el agua y mantener el equilibrio de sales son:

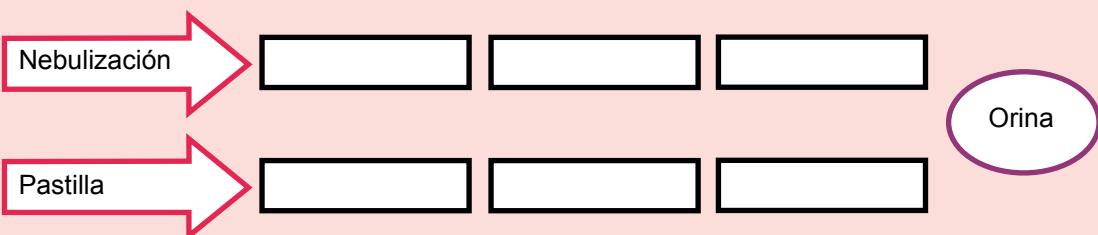
- orina hiperconcentrada, gracias a un asa de Henle extraordinariamente larga;
- reabsorción del agua de las heces;
- obtención del agua del catabolismo de los alimentos;
- evitar salir de la madriguera en horas de calor.

La **pelvis renal** es una estructura con forma de embudo. Se encuentra en el hilario renal, estructura por donde ingresan y salen los vasos sanguíneos y conductos que conducen la orina. Desde allí la orina recorre los uréteres. Son dos conductos delgados que transportan la orina hasta la **vejiga urinaria**. Este órgano hueco almacena la orina producida durante todo el día. Posee una capa muscular que se distiende. Cuando el contenido del filtrado renal ocupa en la vejiga un volumen de aproximadamente 300 ml, se desencadena un proceso de regulación y coordinación en el que interviene el sistema nervioso. Así podemos ser conscientes de la necesidad de expulsar el contenido. Este proceso requiere de la maduración del sistema nervioso, que se alcanza aproximadamente alrededor de los dos años de vida, edad en la que la mayoría de las personas aprendemos a controlar los **esfínteres** (músculos con forma de anillo que rodean el orificio urinario) y, por lo tanto, el momento de orinar, denominado *micción*. La salida de la orina al exterior ocurre luego de que esta recorre el conducto final del sistema excretor, la uretra.

## Actividades

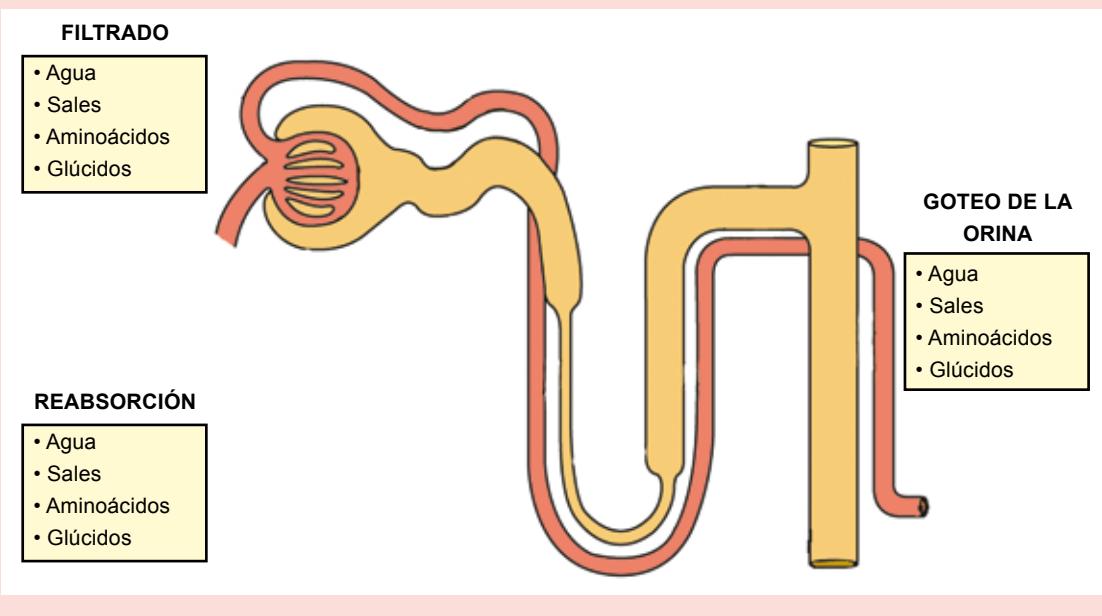
**El sistema excretor**

- 1) En un accidente laboral, una persona aspiró una sustancia volátil y presentó como prueba un examen de orina. ¿De qué forma un abogado puede justificar que una sustancia que fue aspirada se encuentra en la orina horas después?
- 2) Busquen en Internet de qué forma funciona un equipo de hemodiálisis; prestén especial atención a los cambios de presión.
- 3) En la misma fuente averigüen qué es un infarto renal y cuál su gravedad.
- 4) Una persona concurre a realizarse un análisis de orina y es interrogado sobre su estado de salud. El paciente explica que está tomando un medicamento por boca y otro por vía nasal. Completen los recuadros con los nombres de los sistemas que atraviesan las sustancias hasta llegar a la orina.



- 5) Como vimos, concluidos los procesos digestivos, los nutrientes ingresan a la sangre, llegan a las células y vuelven al torrente sanguíneo como restos del metabolismo celular; así llegan al riñón, y pasan por dentro de la cápsula de Bowman. Nos interesa repensar qué ocurre con estos nutrientes en su recorrido por el nefrón.

Señalen en la filtración, en la reabsorción y en el goteo de la orina qué ocurre con los nutrientes como el agua, las sales, la glucosa y los aminoácidos, que son las sustancias nitrogenadas provenientes de las proteínas.



## TRANSPORTE DE SUSTANCIAS EN EL ORGANISMO: CIRCULACIÓN

Los organismos pluricelulares cuentan con mecanismos que permiten la interacción y comunicación entre sus células. Así es posible que cada una de ellas reciba nutrientes y otras sustancias producidas en otras partes del cuerpo, elimine desechos y regule el equilibrio hídrico, entre otras funciones. Se trata de estructuras encargadas del transporte interno de materiales. En aquellas especies que cuentan con sistemas de órganos, es el sistema circulatorio quien cumple estas funciones. Además, en los animales homeotermos, que incluye a las aves y los mamíferos –y por lo tanto a nuestra especie– interviene en la regulación de la temperatura corporal. Los sistemas circulatorios tienen algunas características que los asemejan, tales como:

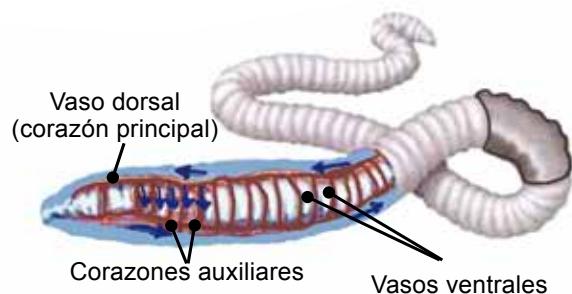
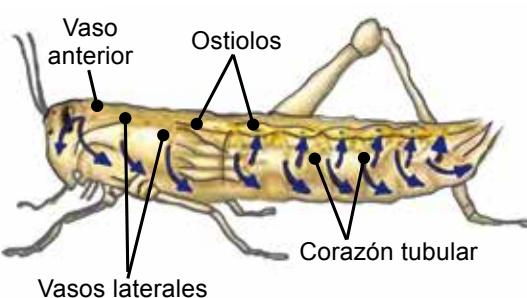
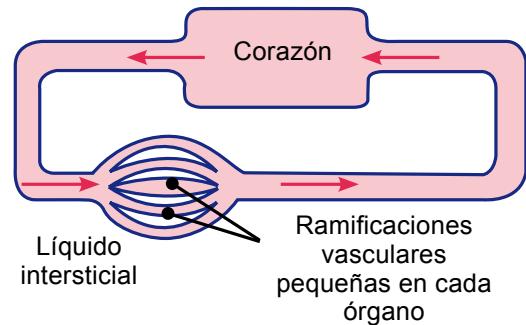
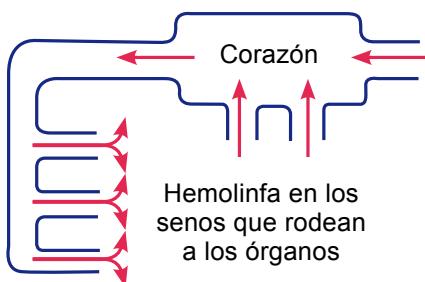
- un órgano que se encarga de bombear el fluido circulante: corazón.
- un fluido circulante: puede ser sangre o hemolinfa.
- órganos que conducen los líquidos circulantes: vasos.

### Vocabulario

#### • Equilibrio hídrico

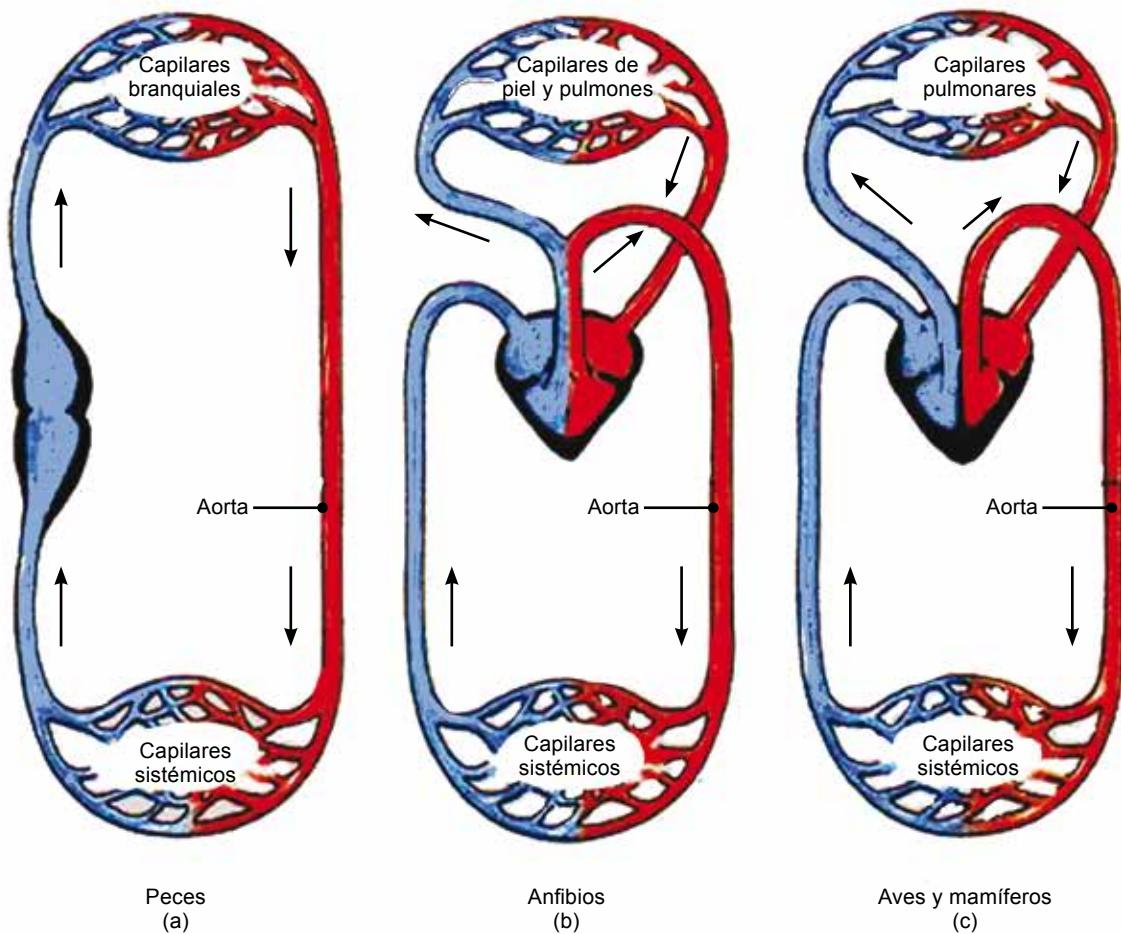
Es la proporción de fluidos corporales. Se relaciona con el ingreso y egreso de agua al organismo y forma parte de los procesos homeostáticos.

Los sistemas circulatorios se pueden clasificar teniendo en cuenta algunas de sus características.



Si consideramos las características de los vasos, hay sistemas circulatorios *abiertos* y *cerrados*. Los primeros son representativos de muchas especies de animales invertebrados, como los artrópodos y moluscos. Entre los segundos se encuentran los de los vertebrados: peces, anfibios, reptiles y aves y también los mamíferos.

El **corazón** es un órgano del sistema circulatorio que tiene la función de bombear el líquido circulante, por ejemplo la sangre. Es un órgano hueco, que puede poseer diferente cantidad de cavidades, llamadas aurículas y ventrículos, según de qué grupo de animales se trate. Los peces tienen un corazón que posee una aurícula y un ventrículo; en los anfibios y la mayoría de los reptiles, el corazón posee dos aurículas y un ventrículo y los mamíferos y aves tienen un corazón con dos aurículas y dos ventrículos.



Sistemas circulatorios de animales vertebrados

## AUTOPISTAS, CALLES Y PASADIZOS: EL SISTEMA CIRCULATORIO EN LA ESPECIE HUMANA

El **sistema circulatorio** humano, al igual que el del resto de los mamíferos, está constituido por un conjunto de órganos, que integran:

- el corazón;
- los vasos sanguíneos: arterias, venas y vasos capilares;
- la sangre.

El **sistema linfático** también es un sistema encargado de la circulación y, de hecho, está comunicado con el sistema circulatorio. Lo integran:

- los vasos linfáticos;
- la linfa;
- órganos linfoideos, como los ganglios linfáticos.

Las funciones de estos sistemas pueden resumirse en:

- Transporte de nutrientes, tanto los que han sido degradados en el sistema digestivo, como el oxígeno, obtenido del aire en el proceso de hematosis.
- Transporte de desechos metabólicos, producto de las actividades celulares, que son transportados por la sangre y filtrados para su eliminación a través del sistema urinario o excretor, el sistema respiratorio y las glándulas sudoríparas en la piel.
- Transporte de hormonas, producidas por células del propio cuerpo, que cumplen funciones de mensajeros químicos en lugares distantes de aquellos en los que fueron producidas.
- Mantenimiento del volumen de líquidos corporales: equilibrio hídrico.
- Regulación de la temperatura corporal, que, para nuestra especie, es de alrededor de 37 °C.
- Defensa del organismo de agentes extraños.

### ¿Sabías que?...

Los pingüinos cuentan con un efectivo sistema de regulación de la temperatura corporal interna, que permanece constante a pesar de los intensos fríos que soportan. La sangre caliente que desciende por arterias desde el cuerpo del pingüino hacia la pata corre pegada a la vena que transporta sangre más fría por haber estado la pata en contacto con la nieve. De esta manera, la arteria transfiere calor a la vena y se evita que parte del calor corporal se disipe en la superficie de la pata.

El corazón de las jirafas es enorme, pesa 12 kg, tiene 60 cm de longitud. Este músculo tan potente bombea la sangre con gran fuerza, generando una presión sanguínea que duplica la de cualquier otro mamífero de gran tamaño. Así la sangre alcanza el cerebro y, ya en el camino de vuelta, un músculo en la vena yugular agrega presión al vaso sanguíneo para acelerar el regreso al corazón. Pero esta presión en el resto de su cuerpo resultaría perjudicial para los órganos. El grosor de los vasos sanguíneos y la gruesa piel de la jirafa, muy ajustada en sus extremidades inferiores, mantienen la presión extravascular previniendo el estancamiento de sangre y el edema. Cuando las jirafas bajan su cabeza para beber agua, unas válvulas especiales contenidas en los vasos del cuello de la jirafa permiten que la sangre llegue al cerebro con la presión habitual.

## ESTRUCTURA Y FUNCIONES ESPECÍFICAS DE LOS ÓRGANOS DEL SISTEMA CIRCULATORIO

### Corazón

El corazón es un órgano único, ubicado en la cavidad media del tórax, llamada mediastino. Posee una capa de músculo cardíaco: miocardio, que tiene la propiedad de contraerse y relajarse en forma rítmica, involuntaria y automática. Estos procesos ocurren durante toda la vida; a la contracción del miocardio se la denomina sístole y a su relajación diástole. Como se trata de un órgano hueco, posee en su interior cavidades: dos superiores: las aurículas, a las que llega sangre de diferentes partes del cuerpo; y dos ventrículos, de los que sale sangre a todo el organismo.

En la figura puede observarse que este órgano está dividido por un tabique medio en un lado derecho y un lado izquierdo, que no tienen comunicación entre sí. En cambio las dos cavidades derechas sí se conectan a través de una válvula, llamada tricúspide, que permite el pasaje de sangre desde la aurícula derecha hacia el ventrículo derecho. Se trata, en este caso, de sangre desoxigenada, pues su concentración de oxígeno es mucho menor que la que sale de los pulmones y regresa al corazón. Las cavidades de la mitad izquierda del corazón también están comunicadas entre sí por una válvula llamada mitral. Por esta mitad del corazón circula sangre oxigenada, que regresa de los pulmones con mayor concentración de oxígeno, que será distribuido a todas las células del cuerpo.

### Vasos sanguíneos

En el sistema circulatorio podemos identificar los siguientes tipos de vasos sanguíneos:

**Las arterias:** se trata de vasos de paredes muy elásticas, que nacen del corazón y terminan en los vasos capilares. Algunas transportan sangre desoxigenada, como las arterias pulmonares y otras, sangre oxigenada, como la arteria aorta.

**Las venas:** estos vasos, menos elásticos que las arterias y con paredes más delgadas que estas, nacen en los vasos capilares y desembocan, finalmente en el corazón. Como en el caso de las arterias, algunas, como las venas pulmonares, transportan sangre oxigenada, mientras que otras, como las venas cava, o la yugular, transportan sangre desoxigenada que contiene dióxido de carbono, que las células del cuerpo eliminan durante el proceso de respiración celular.

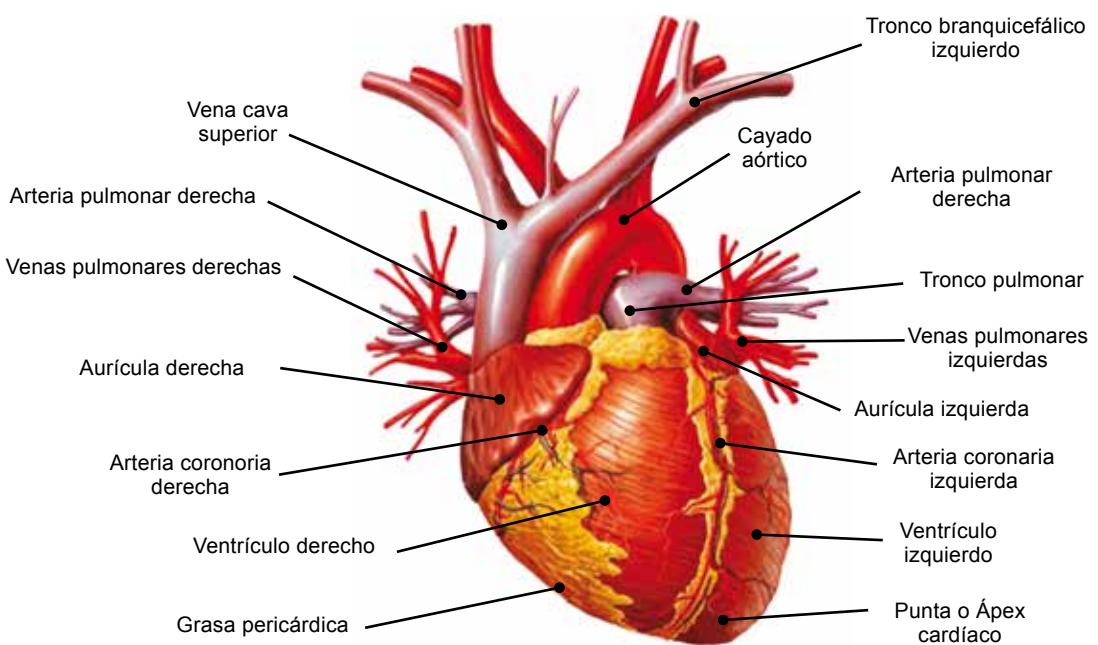
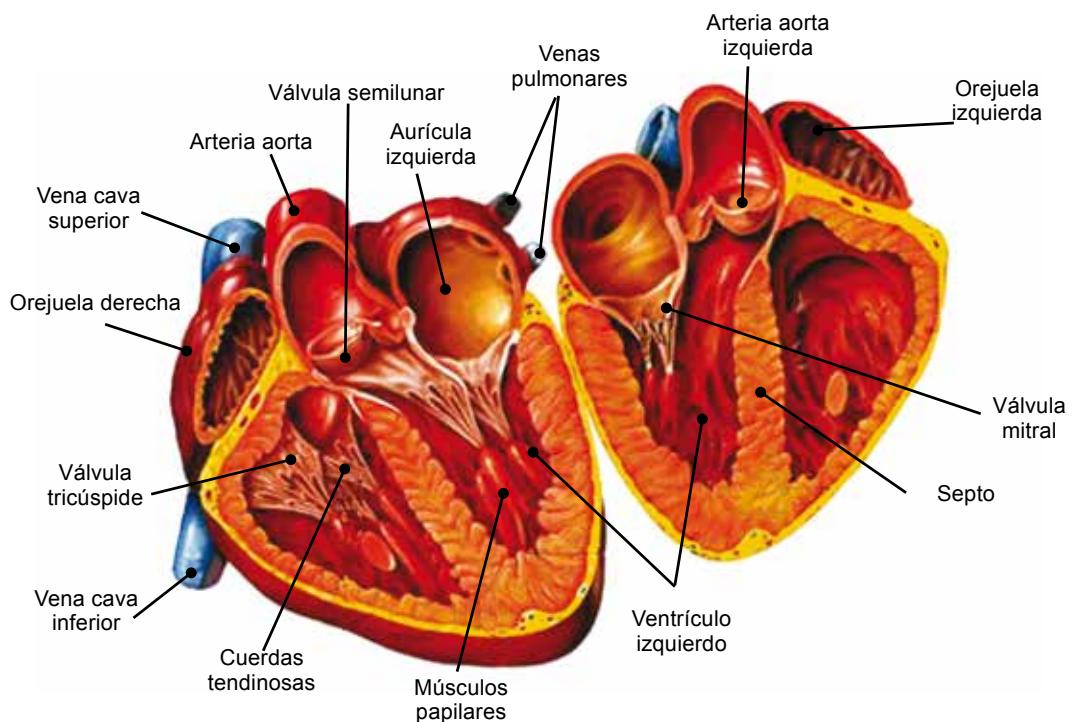


Red de vasos sanguíneos en la mano

#### Actividad



Con respecto al corazón, ¿por qué recomiendan ejercicio supervisado luego de un infarto?

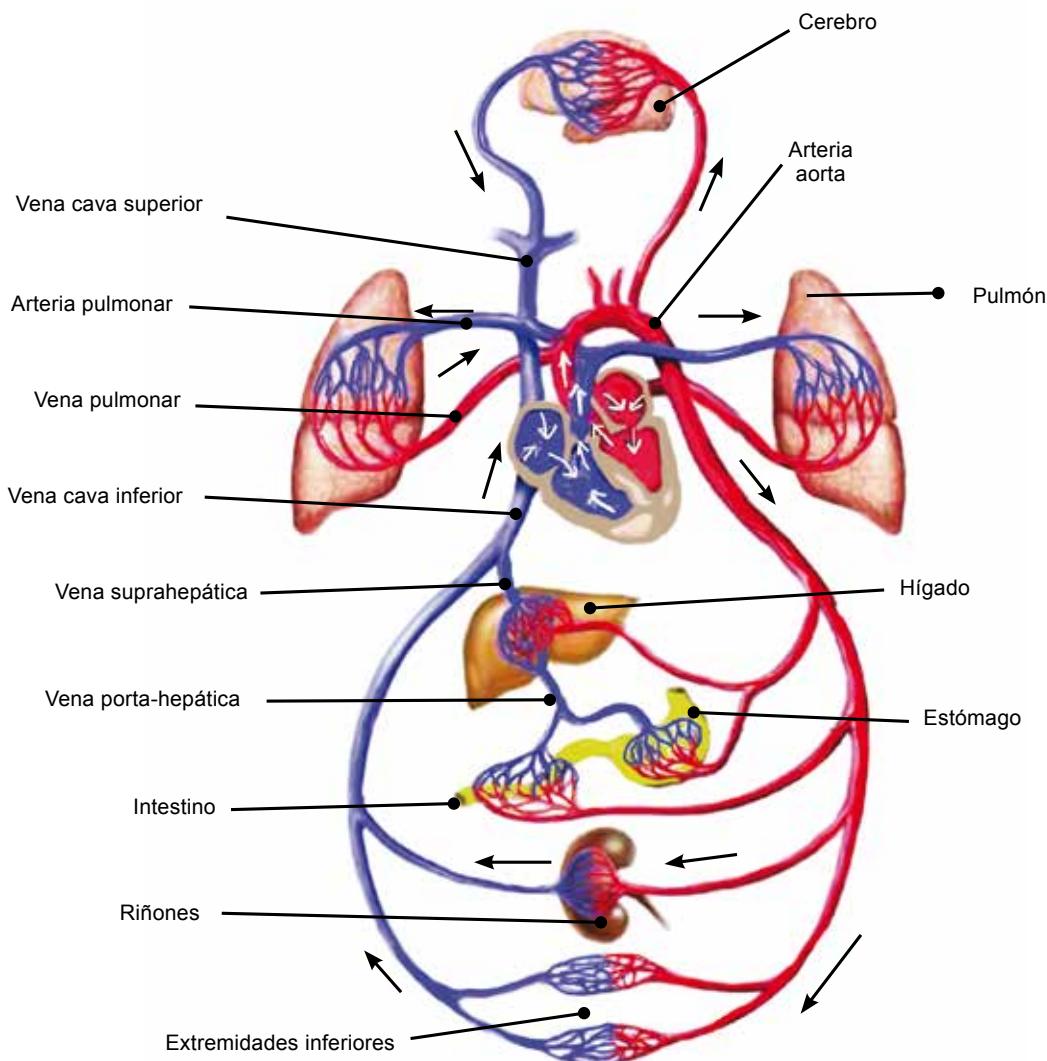


Anatomía interna (superior) y externa (inferior) del corazón

**Los capilares:** se trata de los vasos sanguíneos más delgados. Son de tamaño microscópico y se encuentran formando redes, que están próximas a todas las células y tejidos corporales. Esto permite los intercambios entre las sustancias que circulan en la sangre que ellos transportan y el líquido que rodea a las células, para que estas puedan intercambiarlas. Estos procesos se detallan en los capítulos siguientes.

Las arterias, venas y capilares forman dos circuitos circulatorios cerrados, pues la sangre no sale de ellos. Uno denominado menor o pulmonar, que se inicia en el ventrículo derecho, sigue su recorrido por las arterias pulmonares; en los capilares pulmonares se produce la hematosis y regresa al corazón por las venas pulmonares, que desembocan en la aurícula izquierda.

El otro circuito, llamado mayor, general o corporal, se inicia en el ventrículo izquierdo, continúa con las arterias que recorren el cuerpo hasta llegar a los capilares distribuidos en todos los tejidos corporales y regresa por las venas a la aurícula derecha.



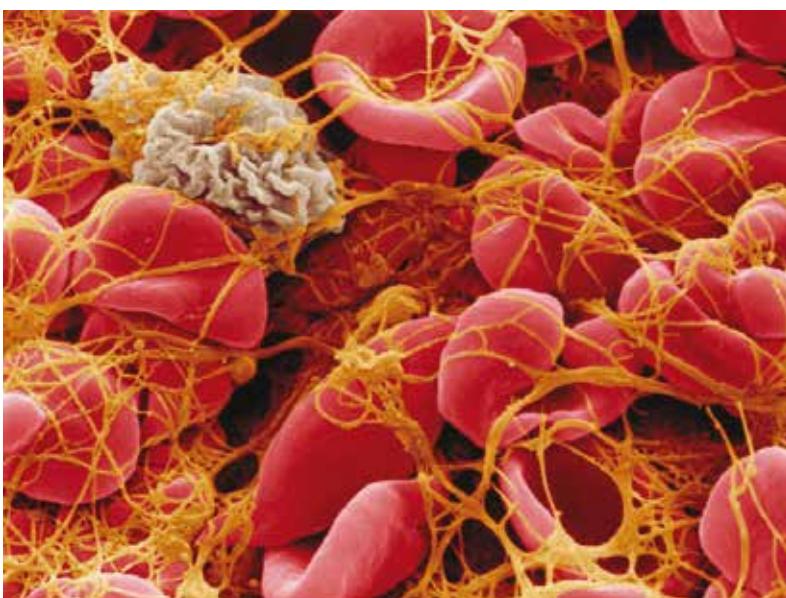
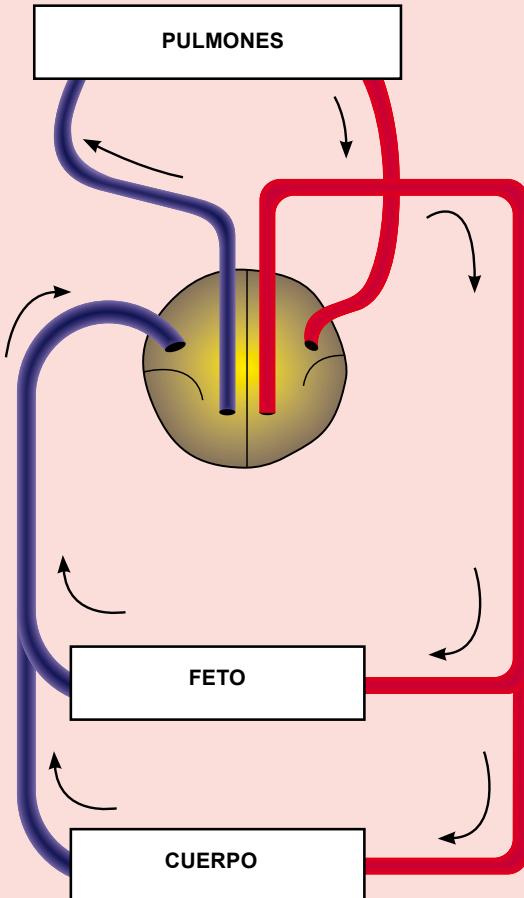
Circuitos circulatorios y redes de vasos sanguíneos



## Actividades

**Sistema circulatorio**

- 1) Si inyectamos una sustancia en el brazo de una persona, en segundos llega al pulmón. ¿Cuál es el recorrido que hace esa sustancia desde la vena del brazo al alvéolo pulmonar? Describan el trayecto usando como guía el esquema de la circulación humana.
- 2) El esquema representa el sistema circulatorio de una madre y su hijo. Describan en forma escrita el recorrido de una molécula de oxígeno desde que entra al pulmón de la madre hasta que llega a los tejidos del feto. Y luego, el recorrido de una molécula de dióxido de carbono desde una célula fetal hasta alveolo pulmonar de la madre.

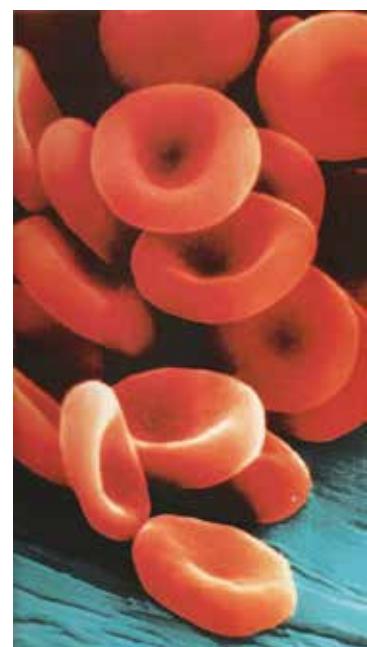
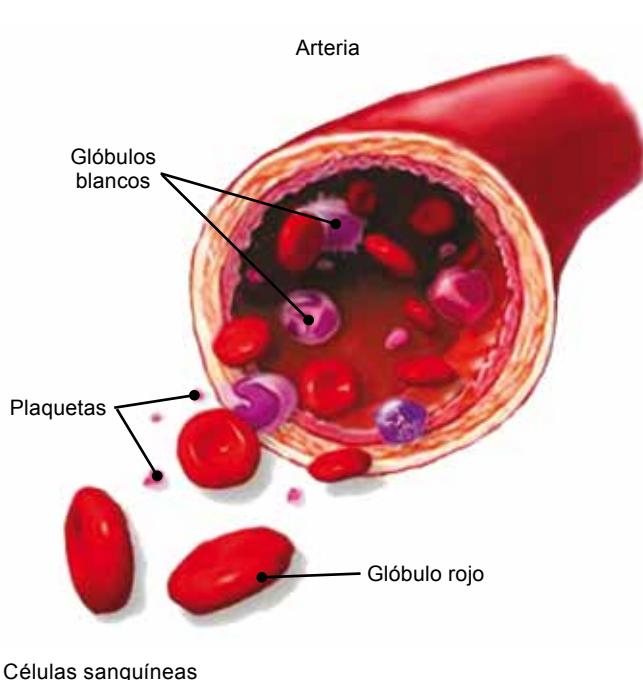


Células sanguíneas: glóbulos rojos y blancos microfotografía electrónica

## La sangre

Este fluido representa un tejido líquido y contiene diversos elementos.

- El plasma: es el medio líquido de la sangre. En el adulto la sangre contiene aproximadamente 5 litros de este fluido. Su componente más abundante es el agua; también lo componen iones y proteínas. Transporta sustancias que el organismo absorbe, como los nutrientes, y otras que varían en su concentración, como desechos metabólicos, hormonas y gases respiratorios.
- Glóbulos rojos o eritrocitos: estas células, al igual del resto de las que integran la sangre se forman en la médula ósea. Tienen la particularidad de no poseer núcleo, por lo que su vida media oscila los 30 a 120 días. Poseen en su interior una proteína: la hemoglobina, cuya función es el transporte de gases respiratorios.
- Glóbulos blancos: son un conjunto de células que también se originan en la médula ósea. Intervienen en los mecanismos de defensa del organismo. Detectan y atacan agentes extraños que ingresan al cuerpo.
- Plaquetas: son fragmentos de células; se forman en la médula ósea y su función está vinculada a los procesos de coagulación de la sangre. Este proceso hace posible la reparación de lesiones internas y externas en el cuerpo.



Células sanguíneas microfotografía electrónica

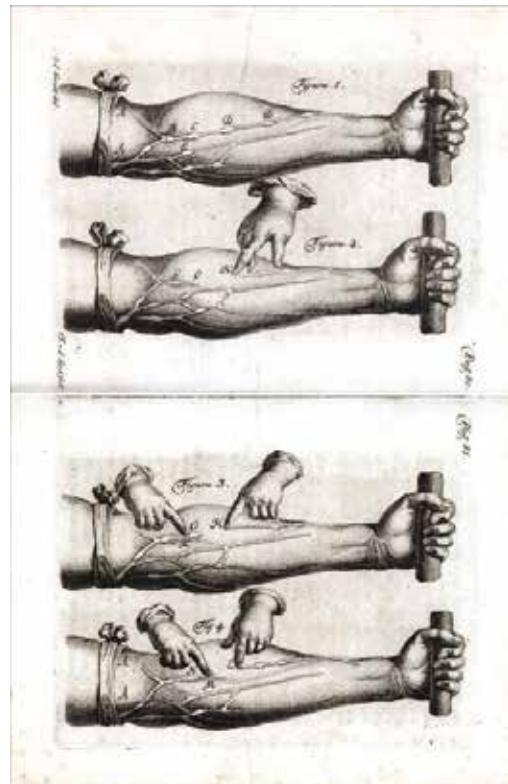
## El túnel del tiempo



Malpighi (siglo XVII), fue un reconocido anatomista italiano que realizó innumerables aportes en el campo de la biología y de la anatomía. Fue el primero en descubrir los glóbulos rojos de la sangre y en demostrar que eran ellos quienes daban a esta su color. También describió los vasos capilares, con lo que se completaba la importante obra de Harvey. Propuso una explicación del proceso de coagulación de la sangre. Con técnicas de microscopía pudo distinguir un entramado de fibras blancas que resultan de la aglutinación de otros filamentos más pequeños y un líquido rojo que impregna las mallas que, bajo la lente del microscopio, contiene "átomos rojos", o glóbulos rojos. Tuvo el acierto de utilizar la rana para comenzar el estudio de la red capilar. La sangre comenzaba a revelar sus misterios y dejaba de ser una mezcla de humores y de "alimentos cocidos".

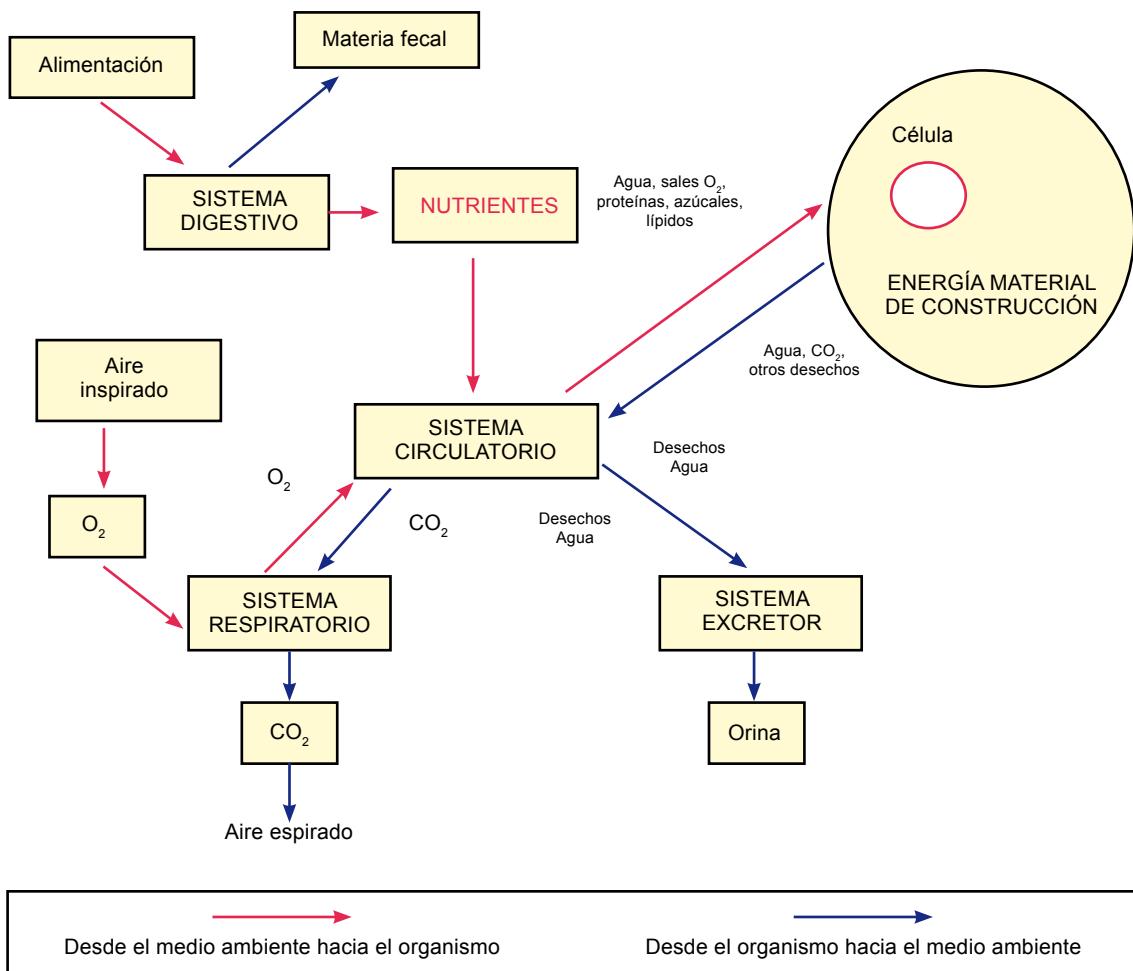
William Harvey, en el mismo siglo, explicó la circulación de la sangre demostrando que la obstrucción de una vena en el brazo interrumpía el flujo de sangre hacia el codo y no hacia la muñeca, como se había creído hasta entonces.

Malpighi también investigó las características del riñón, entre otros órganos, en su obra *De viscerum structura*; de ahí provienen los nombres de las estructuras denominadas en su honor, como reconocimiento a sus aportes científicos, por ejemplo, glomérulo de Malpighi (apelotonamiento de capilares arteriales en el extremo dilatado de cada nefrón).



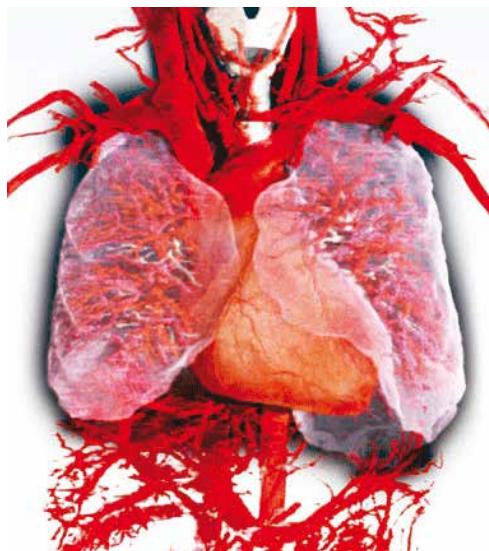
Portada de una de las obras de W. Harvey e ilustración de uno de sus descubrimientos sobre la circulación mayor

Este esquema representativo de las funciones de nutrición heterótrofa en mamíferos, sintetiza conceptos básicos de este capítulo



Desde el medio ambiente hacia el organismo

Desde el organismo hacia el medio ambiente

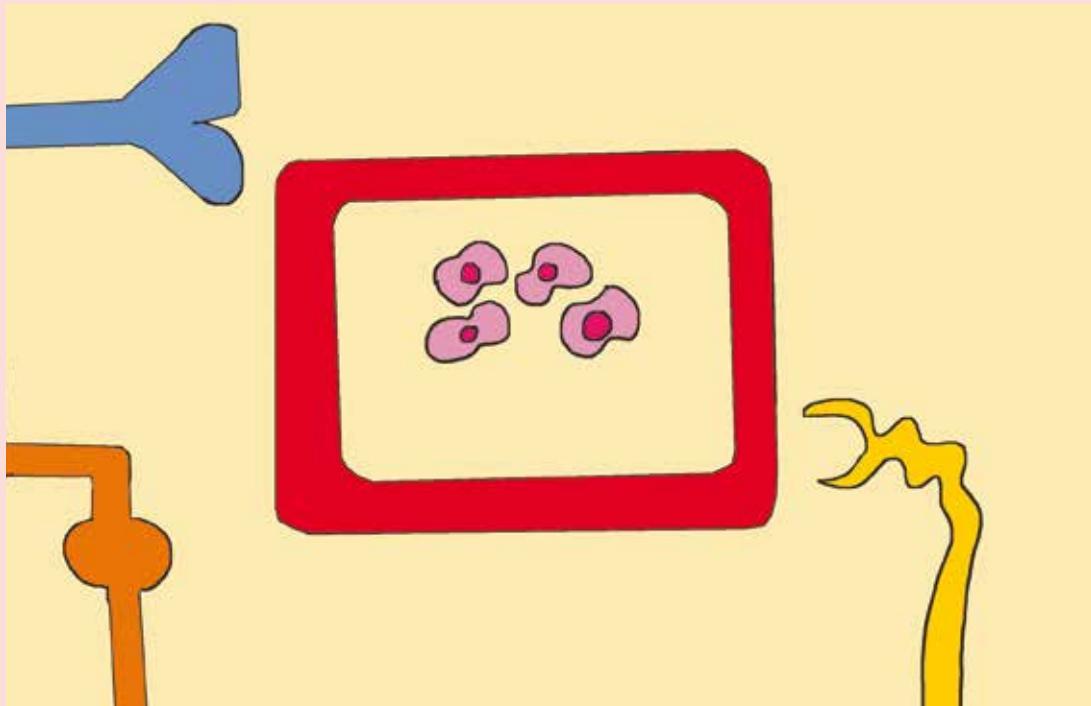


Pulmones, corazón y red sanguínea en humanos



## Actividades integradoras

- 1) Completan el esquema de un organismo pluricelular heterótrofo con sus sistemas de nutrición respetando las consignas.
- Incluyan flechas rojas que indiquen el recorrido de sustancias que ingresan al organismo y su llegada a la célula.
  - Dibujen flechas azules que representen el recorrido de los desechos metabólicos desde una célula a su salida al exterior.
  - Completan con flechas de color verde la eliminación de desechos que no hayan participado en el metabolismo celular.



- 2) Completan el esquema del punto anterior con los términos de la siguiente lista.

hematosis	reabsorción	absorción	ingestión	micción	metabolismo
inspiración	defecación	digestión	transporte	filtración	espiración

## ¡A TU SALUD!

Como lo desarrollamos al comienzo de este capítulo, los alimentos aportan a nuestro organismo la materia y energía que este requiere para el desarrollo de todas sus funciones. La salud no es ajena a estas cuestiones. Las Ciencias de la Salud se ocupan de la nutrición saludable, entendiendo que esta se relaciona con la apropiada incorporación de alimentos y su posterior asimilación por parte del organismo (en los capítulos siguientes, desarrollamos este contenido).

Pero, ¿qué entendemos por “apropiada incorporación de alimentos”? La cantidad, variedad, distribución de comidas durante el día, son algunas de las características que hay que considerar. Estas, a su vez, varían, dependiendo de la edad, sexo, grado de actividad desarrollada, enfermedades preexistentes en cada persona. Un niño durante el primer año de vida tiene requerimientos nutricionales considerablemente diferentes de los de un adolescente como vos, o el de una persona adulta o anciana.

Entre los adolescentes, por ejemplo, uno que realice intensa actividad física, como un deportista, necesita diferente calidad y cantidad de alimentos que otro que lleva una vida más sedentaria. O aquel que tenga problemas de salud, tal vez vea restringida la ingesta de determinados alimentos o deba incrementar el consumo de otros. En estos casos, son los nutricionistas y médicos quienes deben diagnosticar e indicar la dieta más apropiada.

Podemos ejemplificar algunos trastornos vinculados con la nutrición:

- las que se relacionan con la digestión, absorción y alimentación: acidez, reflujos gastroesofágico, úlceras, alergias alimentarias, enfermedad celíaca, colitis ulcerosa, diarrea y estreñimiento, síndrome del colon irritable;
- trastornos y desórdenes alimentarios: bulimia, anorexia;
- enfermedades nutricionales: obesidad, desnutrición;
- enfermedades metabólicas: diabetes;
- otras: anemias, hipertensión, hipercolesterolemia.

Es importante destacar que, sean cuales fueren las características individuales de las personas, todos necesitamos el aporte diario de alimentos energéticos, estructurales o plásticos y reguladores del metabolismo, la diferencia radica en la proporción diaria de cada grupo de nutrientes y la cantidad de calorías que ellos reúnen.

Un aspecto que vale la pena considerar es el sociocultural. Nuestra forma de preparar los alimentos, los horarios de las comidas y otras preferencias relacionadas con la alimentación dependen, en gran medida, de tradiciones y costumbres, generalmente muy arraigadas en la sociedad. Así podemos ejemplificar el asado o las pastas del domingo, la tendencia a compartir al menos una comida diaria en familia, los menús característicos

### Vocabulario



#### • Dieta

El concepto proviene del griego *díaita*, que significa “modo de vida”. La dieta, por lo tanto, constituye una forma de vivir. Se trata de los hábitos alimentarios de cada persona e incluye la cantidad y diversidad de alimentos que se ingieren, su distribución a lo largo del día y modos de preparación de los mismos.

de las fiestas de cumpleaños, las comidas típicas de diferentes regiones de nuestro país y otros países que, a través de la inmigración, han diversificado y enriquecido los hábitos alimentarios existentes: empanadas, humita, tacos, etc.

Las Guías Alimentarias para la Población Argentina (GAPA) brindan recomendaciones generales sobre hábitos alimentarios saludables, que enumeramos a continuación:

- 1) comer con moderación e incluir alimentos variados en todas las comidas;
- 2) consumir diariamente leche, yogures o quesos, son útiles en todas las edades;
- 3) comer diariamente frutas y verduras de todo tipo y color;
- 4) comer una amplia variedad de carnes rojas y blancas, retirando la grasa visible;
- 5) preparar la comida con aceite preferentemente crudo y evitar las grasas para cocinar;
- 6) disminuir el consumo de azúcar y sal;
- 7) aumentar el consumo variado de panes, pastas, cereales, legumbres, féculas y harinas;
- 8) disminuir el consumo de bebidas alcohólicas y evitarlo en niños, adolescentes y embarazadas;
- 9) tomar abundante cantidad de agua potable durante todo el día;
- 10) aprovechar el momento de las comidas para el encuentro y el diálogo con otros.

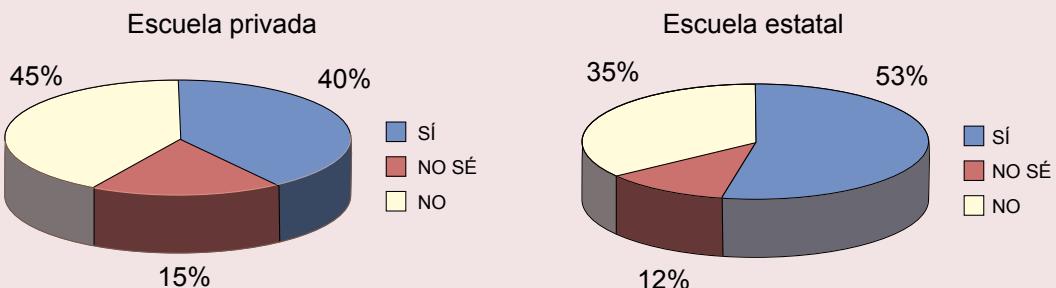
**Para saber más**



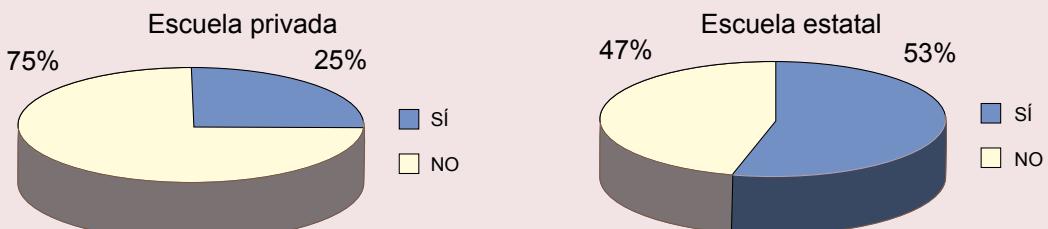
### Nutrición y salud

Los siguientes gráficos corresponden a una investigación realizada por futuros docentes de Biología, del ISFD N° 21 del partido de Moreno, sobre nutrición saludable. Fue realizada en el año 2011. Las respuestas corresponden a estudiantes de escuelas secundarias del oeste del GBA.\*

#### ¿Comer según tradiciones familiares es saludable?



#### ¿La alimentación variada incluye todos los nutrientes?



\* Autoras: Lualdi A. - Siri M. - Ryfenholz M. - Trussi V. - Vázquez P.

**Actividades**

- 1) Expliquen los resultados que muestran los diferentes gráficos sobre alimentación saludable.
- 2) Comparen los resultados con la función de los alimentos y nutrientes que figuran en este capítulo. En el gráfico que expresa tradiciones familiares, tengan en cuenta los factores socioculturales que influyen en los hábitos alimentarios de las personas y debatan en el grupo.
- 3) Imaginen que tienen a cargo la organización de un “menú saludable para adolescentes”, para una fiesta que se realiza en la casa de uno de ustedes, contamos con un bajo presupuesto.
  - Enumeren los platos del menú.
  - Incluyan las recetas correspondientes.
  - Fundamenten su propuesta.

**¿Vamos al laboratorio?****Vocabulario****Emulsiones**

1) Los aceites y las grasas no se disuelven fácilmente en el agua, el cuerpo tiene, que hacerlo, para esto trabaja a una temperatura determinada y con sustancias químicas específicas. Además ayuda a esto que las lipasas sean encimas hidrosolubles. Realicen una experiencia sobre el tema.

Para llevarla a cabo necesitan:

- vasos transparentes que toleren el agua caliente;
- detergente concentrado de una misma marca;
- gotas de aceites alimenticios;
- varilla de vidrio.

**Instrucciones**

- Tomen los vasos de agua a distintos valores de temperatura.
- Agreguen en cada uno, unas gotas de diferentes aceites.
- Aprecien el comportamiento de los componentes del sistema que han formado: ¿se hunde? ¿Flota? ¿Se expande? Comparen los sistemas entre sí, registrando en forma escrita sus observaciones.
- Diseñen un cuadro de registro propio, según el criterio que el grupo, que tenga en cuenta la sustancia y la temperatura del agua.
- Observen si hay diferencias entre los resultados de los diferentes equipos. También identifiquen los casos en los que se repiten fenómenos observables.
- Discutan las diferencias.

**• Emulsión**

Transformación de la gota de grasa en pequeños glóbulos dispersos para que sea más accesible a las encimas.

**• Emulsionante**

Producto químico que mejora la suavidad y la textura de un producto alimenticio, que estabiliza la mezcla de aceite y agua.

- 2) Los alimentos en base a aceite y agua, como los aderezos, contienen emulsionantes. Verifiquen en las etiquetas de los productos que ustedes consumen si se menciona el emulsionante.
- 3) Las manchas de ropa muchas veces son de material lipídico, las limpiamos con jabón en polvo. Averigüen si estos contienen emulsionantes.

### Importancia de la masticación

- 1) Como lo explica el texto, la masticación es consciente, y muy necesaria, la forma de vida actual hace que mastiquemos menos de lo necesario cada bocado. Realicen una experiencia sobre el tema.

Para trabajar necesitan:

- dos vasos de precipitados o vasos transparentes;
- tintura vegetal de repostería;
- trozos de papa de por lo menos 1cm<sup>3</sup>;
- pedacitos de papa picada o rallada.

### Instrucciones

- Coloquen el pedazo de papa grande en la tintura diluida con medio vaso de agua.
  - Coloquen la ralladura de papa o trozos pequeños en el otro vaso con igual disolución.
  - Dejen pasar un rato, comparan los aspectos de los dos sistemas.
  - Partan el trozo de papa grande y observen si hubo acción de la tintura.
  - En el proceso digestivo no hay tinturas, ¿de qué forma se relaciona esta experiencia con la masticación?
  - Relacionen sus observaciones con el título del práctico.
- 2) Entrevisten a un estudiante de gastronomía sobre las recetas de comida árabe y peruana en la que se cocina con limón, relaciónnella con el triturado de alimentos y la acción de los ácidos.
  - 3) Averigüen con un nutricionista o con alguien que asista a grupo de reeducación alimentaria que se sugiere sobre la masticación.

### Nuestro metabolismo

A nivel teórico se explica que todos los sistemas se integran. Trabajaremos esa integración con nuestro cuerpo en el aula. En una muestra de varones y mujeres de 15 a 17 años.

1. Formen pequeños grupos con integrantes de ambos sexos. En estado de reposo se toman la frecuencia respiratoria y completen la tabla.
2. Soliciten a los docentes de Educación Física la técnica para registro de la frecuencia cardíaca en varones y mujeres.
3. Repitan, tomando la frecuencia cardíaca según nos hayan indicado los docentes de Educación Física y completen la tabla de registro.
4. Los integrantes de cada grupo saltan por dos minutos y se vuelven a tomar la frecuencia tanto respiratoria como cardíaca, registrando los valores en la tabla.

	FRECUENCIA CARDÍACA		FRECUENCIA RESPIRATORIA	
	En reposo	En actividad	En reposo	En actividad
MUJER				
1				
2				
3				
4				
5				
VARÓN				
1				
2				
3				
4				
5				

En base a la experiencia realizada, respondan estas preguntas.

- a) ¿Por qué se plantea en el ejercicio dos situaciones fisiológicas diferentes?
- b) ¿Qué diferencias observan en los resultados de las columnas “en reposo” y “en actividad”.
- c) Comparen los resultados. Si hay diferencias, ¿a qué las atribuyen?
- d) ¿Por qué creen que elegimos una muestra muy próxima en edad y discriminamos el sexo?  
¿Existen diferencias notables entre estos dos grupos?
- e) ¿Qué otra variable hubiéramos podido tener en cuenta?
- f) Fundamenten los cambios entre las frecuencias respiratorias y cardíacas según la actividad física, aplicando el marco teórico de referencia.
- g) Relacionen los valores obtenidos con los requerimientos de oxígeno en el organismo a nivel tisular.

# CAPÍTULO

# 3

## *La célula, la estructura básica de los organismos*



### **LA CÉLULA COMO UNIDAD DE LOS SISTEMAS VIVOS: UN BREVE REPASO**

Seguramente recordarán que la célula es la unidad estructural de los seres vivos, de ahí que se plantea que para ser un “ser vivo” hay que tener al menos una célula (ver el apartado “Dos concepciones de la vida”). Pero también es una unidad funcional, dado que en ella se llevan a cabo todos los procesos de intercambio de materia y energía que le permiten ser un agente autónomo. Por todo esto, en la biología actual, la estructura celular es sumamente importante al momento de definir o diferenciar a los organismos

vivos de aquellos objetos que no lo son. Sin embargo, la diversidad celular es enorme: solo el ser humano posee millones de células y, por lo tanto, es necesario reconocer y comprender cuál es el modelo que generaliza las diferencias observadas. Les proponemos, como paso previo a estudiar cómo hace la célula para intercambiar materia y energía, interiorizarnos un poco más de lo que ocurre dentro de ella.

Podemos concluir en que, si bien la diversidad celular es enorme, se pueden establecer algunos lineamientos generales respecto a las células y su papel en los organismos vivos.

- La unidad fundamental que define a los organismos vivos no es el átomo o la molécula, ya que también son parte del mundo inorgánico, sino la **célula**.
- Para entender el mundo vivo debo tener cierto conocimiento sobre la célula.
- Dentro de la célula los átomos y moléculas se organizan de manera precisa para llevar adelante los procesos biológicos, como por ejemplo la reproducción celular.
- La célula es la unidad metabólica, dado que muchas de ellas pueden seguir viviendo aún dentro de medios ajenos, mientras tengan el alimento (materia) que necesitan para producir su energía.



Diatomea

#### *Para saber más*

#### **Dos concepciones de la vida**

Ha sido muy difícil, a lo largo del tiempo, dar una clara definición de la vida. Al tratar de contestar esta pregunta surgen nuevas: ¿cuáles son las condiciones necesarias y suficientes para poder determinar que algo es un organismo vivo? ¿Cuál es la estructura básica que posee un organismo vivo? Las posturas son dos: por un lado están aquellos científicos que sostienen que el origen de los organismos fue la aparición de una estructura molecular capaz de autorreplicarse (antecesor del ADN actual); por otro lado, hay quienes señalan que el primer organismo elemental debía poseer, al menos, una estructura delimitada por una membrana (antecesora de la membrana actual) y, por lo tanto, tener una organización celular. Los organismos que en la actualidad encontramos sobre el planeta Tierra poseen una organización exclusivamente celular, lo cual transforma a la “célula” en la organización básica y de mayor interés para la biología.



#### *Actividad*

En base al apartado “Dos concepciones de la vida”, respondan: de adentro hacia afuera y de afuera hacia adentro, ¿cuál de estos dos paradigmas ya conocían?

## CADA COSA EN SU LUGAR: EL INTERCAMBIO DE MATERIA Y ENERGÍA Y LOS COMPARTIMIENTOS CELULARES

Comprender con claridad a la célula fue un camino arduo, que permitió reconocer que todos los organismos vivos conocidos sobre el planeta, poseen una unidad básica común, denominada “célula” (del inglés “cell”). Este término fue utilizado por primera vez por Robert Hooke en 1665, cuando publica los resultados de las observaciones a través del microscopio óptico de láminas de corcho y usó ese término para los objetos observados. Desde aquellos descubrimientos hasta la actualidad, la biología ha alcanzado una unificación conceptual que se puede representar con la siguiente proposición: “La mayoría de los organismos contiene o consiste de un gran número de cuerpos microscópicos llamados ‘células’, las cuales, en los tejidos menos diferenciados, tienden a ser poliédricas o casi esféricas”. (John Baker, *The Cell-theory: a Restatement, History, and Critique, Quarterly Journal of Microscopical Science*, Vol. 96, 1955)

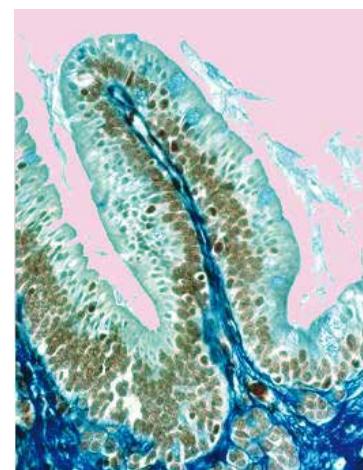
Las células pueden presentar una diversidad enorme de formas de acuerdo a su función. Pero siempre presentan rasgos generales, los que están relacionados con ciertas estructuras y compartimientos encargados de realizar y regular los procesos de intercambio de materia y energía que se dan en su interior. Los principales elementos son:

- Una estructura que rodea y define el límite celular y que se denomina membrana plasmática. Es la responsable de la regulación de la entrada y salida de la materia.
- Material genético en el interior, que puede a su vez estar rodeado por otra membrana o sencillamente disperso en el interior celular. Es el responsable de la regulación y control de todos los procesos celulares y por lo tanto de los relacionados con el intercambio de materia y energía.
- Una zona más o menos desarrollada entre los dos elementos anteriores que conforma un espacio en donde se pueden encontrar distintos tipos de estructuras según la célula que estemos observando, denominado **citoplasma**.

Dentro del modelo de ser vivo que está establecido en la biología, la organización “celular” es uno de los sustentos más importantes.



Lámina de corcho

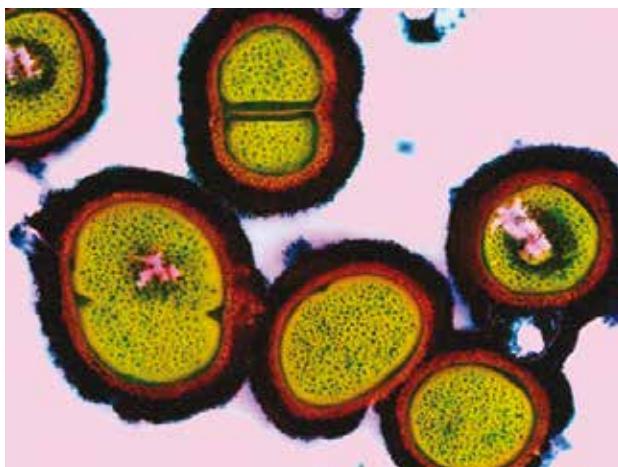


Vellosidades

**UN NUEVO VISTAZO AL INTERIOR CELULAR**

En años anteriores seguramente han realizado un recorrido por la estructura celular. En esta oportunidad les proponemos hacerlo nuevamente pero de manera diferente, porque queremos ver más de cerca el interior de la célula. Dado que nuestro interés está centrado explicar los fundamentos físicos y químicos de los procesos de nutrición en los sistemas vivos, es necesario usar los productos de los últimos avances en microscopía para ver los procesos mientras están ocurriendo, como así también las características particulares de los distintos tipos celulares y de las diferentes organelas relacionadas con el intercambio de materia y energía.

¿Recuerdan qué elementos componen el interior celular? Cuando los primeros investigadores observaban rústicamente el interior celular, gran parte del espacio celular se veía difusamente, por lo tanto plantearon la hipótesis de que estaba compuesto por una masa gelatinosa, a la que denominaron **protoplasm**a. Con el paso del tiempo y los avances de las herramientas para la observación –el microscopio principalmente– se fueron identificando distintas estructuras y descubriendo que el interior celular era un espacio compuesto por estructuras muy diversas y complejas.



Estafilococos



Células de la sangre

**Actividades**

- 1) De los textos que definen la célula seleccionen tres, confróntenlos y ensayen una explicación de sus diferencias.
- 2) En el texto intentamos dar respuesta a estas cuestiones: ¿Qué es realmente una célula? ¿Qué elementos las componen? ¿Cuáles son los componentes básicos celulares? ¿Cuáles son los principales procesos metabólicos celulares? Respondan realizando un resumen.

## Vocabulario



### • Organelas

Lleva este nombre cualquier estructura celular recubierta de membrana con una función determinada, como la reproducción o el metabolismo.

Ejemplos de ello son las mitocondrias y el aparato de Golgi.

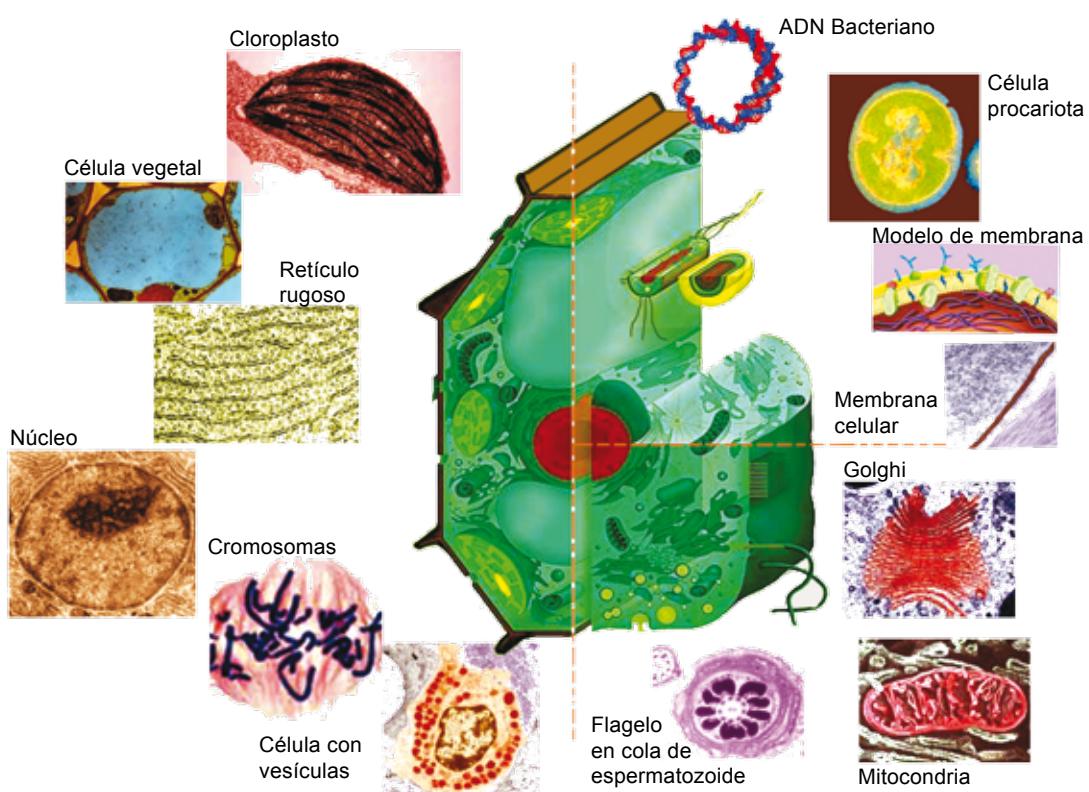
Estas estructuras son las denominadas **organelas**, que poseen distinta organización y características de acuerdo con la función que desempeñan. Ya vimos la estructura general de una célula, que está compuesta por una membrana plasmática que la delimita, material genético en su interior, y un espacio entre ambos denominado **citoplasma**. Una característica del interior de todas las células es que la mayoría de las organelas están conformadas por una membrana, que delimita compartimentos interiores en donde se llevan a cabo distintas reacciones o funciones celulares.

### Para saber más



### ¿Qué podemos ver del interior celular?

Desde los tiempos de Robert Hooke (1635 – 1702) y otros grandes exploradores del mundo celular hasta la actualidad, la tecnología de los microscopios ha avanzado a un ritmo increíble, y permite que podamos obtener y ver imágenes de todos los componentes celulares de manera precisa. Desde la morfología general de las células mediante los microscopios ópticos, pasando por la morfología externa e interna de las células, y hasta inclusive las pequeñas organelas y la membrana celular.

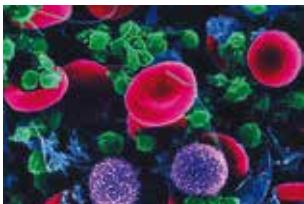


Estructuras que se pueden encontrar en el interior de las distintas células

**Actividad****El origen y perfeccionamiento del microscopio**

Es difícil conocer con exactitud el origen del microscopio; 400 años antes de Cristo ya se conocían las propiedades de las lentes. En 1285 se sabe que había anteojos y las lentes se combinaban. En 1620 el microscopio de Robert Hooke tenía dos lentes. Ese mismo año otro científico agrega una tercera lente para mejorar la visión.

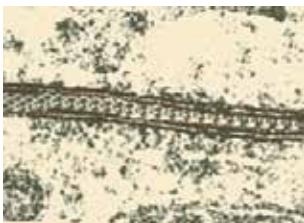
¿Qué materiales se utilizan actualmente para fabricar las lentes? ¿De qué materiales las hacían en 1200?



Glóbulos rojos, linfocitos y plaquetas



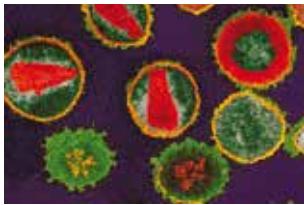
Macrófagos



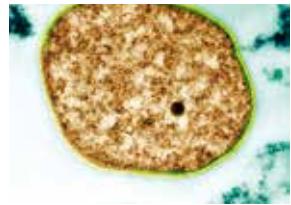
Membrana plasmática



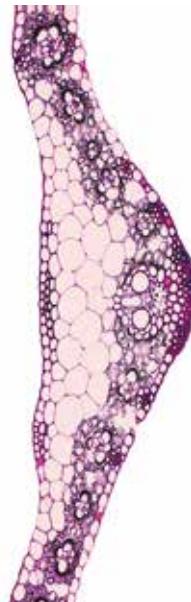
Mitochondria



HIV



Arquibacteria



Corte de hoja

**LOS PRINCIPALES TIPOS DE CÉLULAS: DOMINIO BACTERIA, ARCHAEA Y EUKARYA**

¿Saben cuántos tipos de células distintas existen? ¿Y cuántos tipos de células distintas posee un organismo complejo? El número es grande, quizás mucho más grande de lo que pensamos. Las estimaciones hablan de que un mamífero, por ejemplo, posee alrededor de 300 tipos celulares; cada uno de ellos, especializado para cumplir diferentes funciones. Esa enorme diversidad de formas y estructuras ha sido sintetizada mediante la representación de tres dominios: **bacteria, arquea y eucariota**.

Los organismos que poseen el tipo celular **procariota** están dentro de los Reinos *Monera* (Dominio *Bacteria*) o al *Arqueobacteria* (Dominio *Archaea*). Ambos reinos son los primeros en aparecer en la historia de los organismos vivos sobre la Tierra, hace unos 3700 millones de años. En la imagen y la representación de este tipo de célula, se puede observar su aparente simplicidad. Hablamos de simplicidad dado que, en su interior, no hay desarrollo de estructuras de membranas. Entre sus principales rasgos, está la presencia de una pared celular, una molécula de ADN circular que no está rodeada por una membrana y una gran cantidad de ribosomas (organelas responsables de sintetizar proteínas) en el citoplasma.

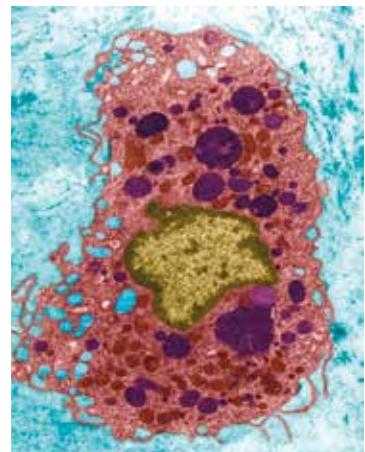
Por otro lado, los organismos que poseen el tipo celular **eucariota** son los integrantes de los Reinos *Protista*, *Fungi*, *Plantae* y *Animalia* (Dominio *Eukarya*), que hicieron su primera aparición hace unos 1500 millones de años. Una de las principales características de este tipo de células es un interior donde se ubican diversas organelas para cumplir variadas funciones; por otro lado, puede presentar pared celular y su ADN está siempre rodeado por una membrana.

Una de las características más sobresalientes es la gran diferencia de tamaño entre ambos tipos celulares, tal como puede verse en estas imágenes.

Una comparación detallada de ambos tipos celulares se realiza en la siguiente tabla.



Bacteria y bacteriófagos



Macrófago

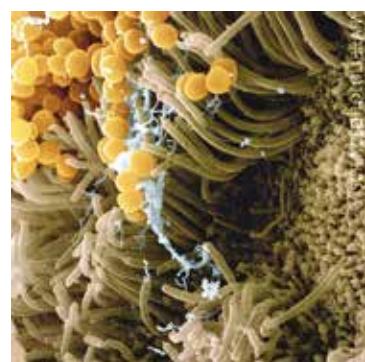
### Vocabulario



#### ●ADN

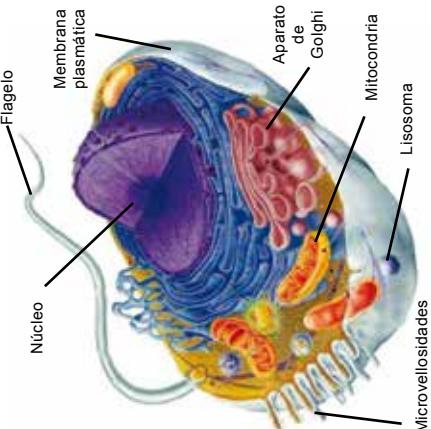
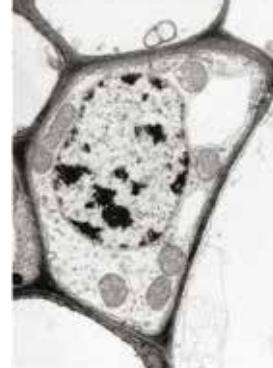
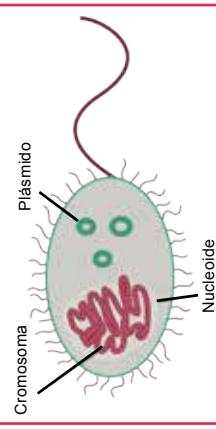
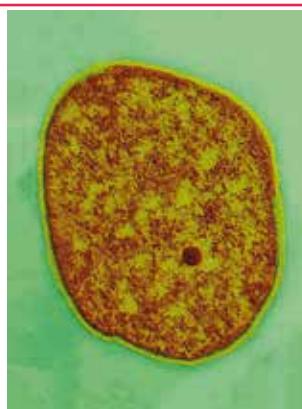
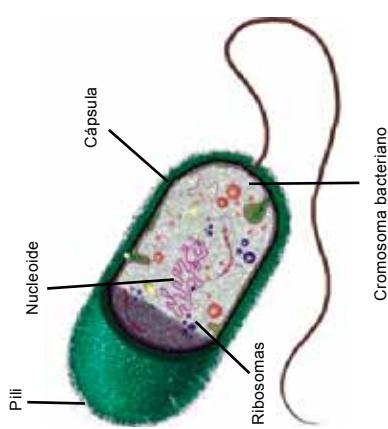
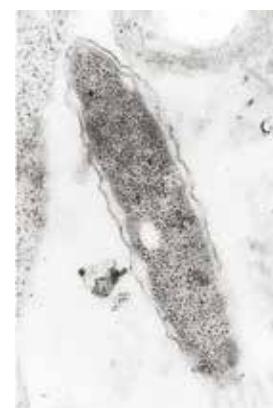
También conocido como ácido deoxirribonucléico, es una molécula fundamental encontrada en todos los seres vivientes.

Sirve como la base para la herencia, especificando que rasgos son transmitidos de los padres a los hijos a través de las generaciones. También contiene instrucciones para que las células de nuestro cuerpo realicen sus funciones específicas.



Epitelio nasal con bacterias

	BACTERIA	ARCHAEA	EUKARYA
Tamaño y morfología	Tienen un tamaño de 1 a 10 $\mu$ .	Tienen un tamaño entre 0,1 $\mu$ m y más de 15 $\mu$ m.	Poseen un tamaño que va desde los 10 hasta los 100 $\mu$ .
ADN	Presentan una única molécula de ADN y nunca tienen una envoltura nuclear membranosa.	Presentan una única molécula de ADN sin envoltura nuclear membranosa y asociada a proteínas.	Poseen pares de moléculas de ADN lineales, siempre encerradas por una membrana nuclear y asociadas a proteínas.
Membrana y pared	Membrana plasmática compuesta de bicapa lipídica y una pared celular presente.	Compuesta por lípidos con enlaces éster, a veces monocapa con pared célula con glicopéptidos.	Siempre la membrana plasmática es una bicapa y algunos grupos no presentan pared celular.
División celular	El mecanismo general es la fisión binaria, por medio de la que se obtienen dos células hijas idénticas.	Se reproducen asexualmente y se dividen por fisión binaria, fragmentación o gemación.	Se da una división celular por mitosis o meiosis, que puede originar dos o cuatro células hijas.
Citoplasma	Se observa homogéneo debido a la ausencia de organelas de membrana, aunque están presentes los ribosomas.	Se observa homogéneo debido a la ausencia de organelas de membrana, aunque están presentes los ribosomas.	Un citoplasma complejo que presenta numerosas organelas de membrana.
Nivel de organización	Predominantemente unicelulares, puede haber filamentos o colonias.	Son exclusivamente unicelulares.	Desde unicelulares hasta organismos pluricelulares complejos.
Reinos	Monera	Archaeabacteria	Protista, Fungi, Plantae y Animalia

<b>Movilidad</b>	A partir de flagelos bacterianos de estructura simple y compuestos de flagelina.		
<b>Uso del oxígeno</b>	Comprende organismos anaerobios estrictos o facultativos y aerobios.		
			
		<b>Representación gráfica</b>	Representación científica

**COMPARTIMIENTOS Y ESTRUCTURAS PARA EL INTERCAMBIO DE MATERIA Y ENERGÍA****Marcando los límites: la membrana plasmática**

La membrana plasmática o celular rodea y define a la célula, pero además, también conforma muchas de las organelas celulares. En las células procariotas cumple la primera de las dos funciones solamente. Si bien marca los límites de las estructuras que forma (célula y/o organelas), no es un objeto inanimado, sino por el contrario, participa en las principales funciones de la célula, especialmente regulando y controlando el pasaje de la materia hacia y desde la célula.

+
**Para saber más**
**La membrana define a la célula**

Para la biología, nada es un organismo vivo si no está compuesto, al menos, por una célula. De la misma manera, nada es una célula si no está delimitada por una membrana. Nos queda entonces revisar algunos aspectos importantes de las funciones de las membranas biológicas.

- Regulan el paso de los materiales, con lo cual se generan diferencias entre el medio externo e interno (**transporte celular**).
- Reciben información para detectar cambios en el exterior y reaccionar ante ellos (**señalización química**).
- Poseen relaciones estructurales y químicas con las células vecinas (**uniones celulares y reconocimiento celular**).
- Protegen a la célula (**formación de paredes celulares**).



Membrana celular


**¿Sabías que?...**

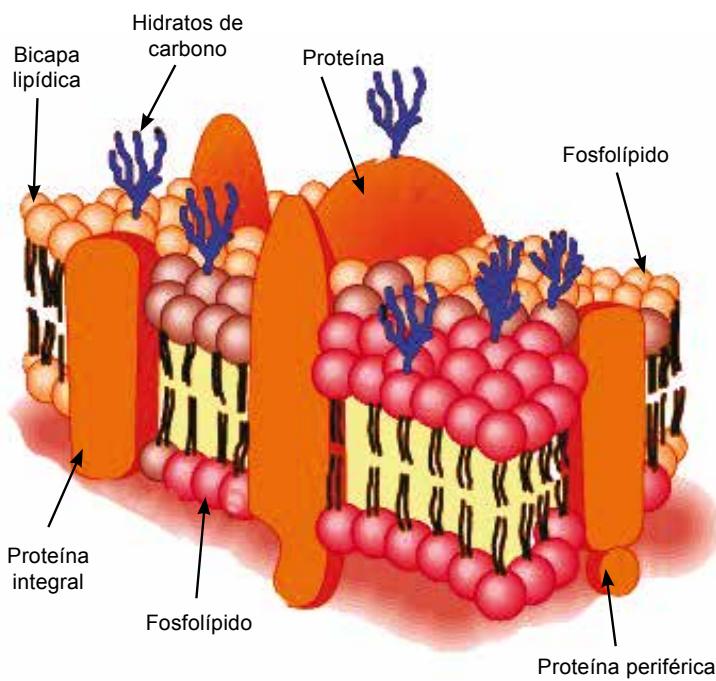
La realización de trasplantes de órganos es una de las intervenciones de la medicina moderna que ha permitido salvar la vida de numerosas personas ante una patología grave. Muchas veces hemos visto por los medios los pedidos urgentes de donantes ante casos terminales. ¿Qué dificultad tiene este tipo de intervención? ¿Cualquier órgano sirve para cualquier persona? La respuesta es no, y la causa está relacionada con que las células poseen sistemas de reconocimiento que le permiten distinguir entre células propias y ajena, destruyendo a estas últimas por medio de las defensas. Existe, por un lado, un sistema complejo de proteínas llamado de histocompatibilidad (MHC, del inglés *major histocompatibility complex*) que identifican a las células ajenas y son las responsables del desencadenamiento de la respuesta inmune ante su presencia. Por otro lado, todas las células poseen por fuera de su membrana un glucocalix, formado por glucolípidos y glucoproteínas que le permiten el reconocimiento celular. El glucocalix de los eritrocitos, que determina el grupo sanguíneo, se transforma en un potente antígeno cuando no son compatibles las células del donante con las del receptor. Dado que también se ubican en el interior de los vasos sanguíneos de diversos órganos, al trasplantar una célula, tejido u órgano entre individuos, si no hay compatibilidad se produce una lesión en el endotelio del órgano transplantado, que conduce al rechazo.

¿De qué se componen las membranas celulares? Se han propuesto varios modelos para interpretar la organización molecular de la membrana. Nosotros estudiaremos el modelo actual, que establece que está formada por una doble capa de **lípidos**, a la que se unen moléculas de **proteínas**. Si estas atraviesan la membrana reciben el nombre de **proteínas intrínsecas o integrales** y si, por el contrario, atraviesan solo una sola capa de lípidos, reciben el nombre de **proteínas periféricas**. Una característica importante es que las membranas se forman siempre en un medio acuoso. Los lípidos que forman la membrana son los llamados **fosfolípidos**; estas moléculas poseen una región polar (con carga eléctrica negativa y positiva), denominada “**cabeza**” que, por lo tanto, es hidrófila (afín al agua: hidro = agua, filo = amigo). También poseen una región sin carga –y por lo tanto, no polar– denominada “**cola**”. Al carecer de carga son hidrofóbicos (hidro = agua, fobia = rechazo). Estas porciones de las moléculas se ubican hacia el interior de la membrana, evitando el contacto con el agua. El último componente que está siempre presente son los hidratos de carbono que, ubicados en el lado externo de la capa externa, conforman el llamado **glucocalix**, necesario para que las células se identifiquen entre sí, lo cual le permite al cuerpo distinguir entre sus propias células y las ajenas.

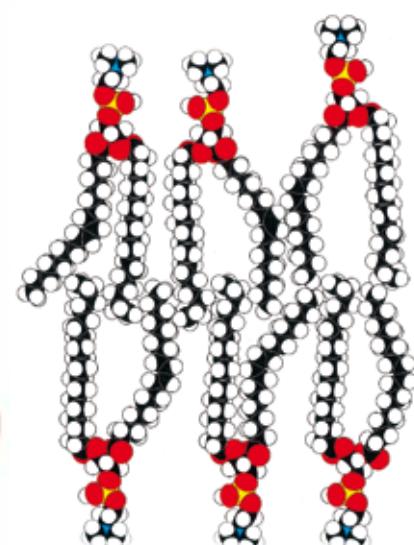
### Vocabulario

#### • Lípidos

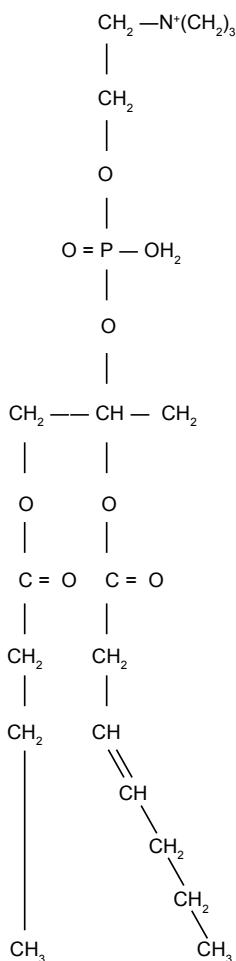
Son biomoléculas orgánicas formadas básicamente por carbono e hidrógeno y generalmente, en menor proporción, también oxígeno. Además ocasionalmente pueden contener también fósforo, nitrógeno y azufre. Es un grupo de sustancias muy heterogéneas que solo tienen en común estas dos características: son insolubles en agua y son solubles en disolventes orgánicos, como éter, cloroformo, benceno, etc.



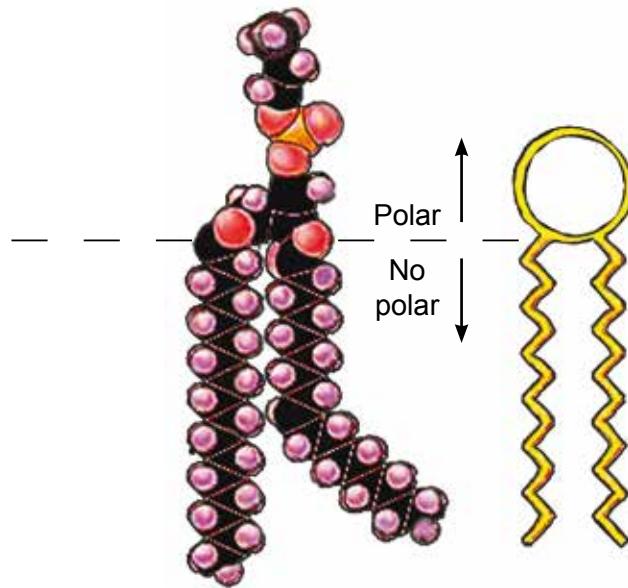
Modelo de membrana



Fosfolípido



Representación modélica de una molécula de lípido de la membrana celular



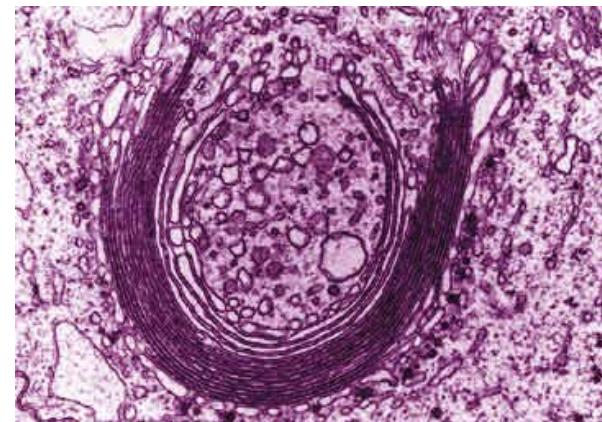
La membrana actúa como una estructura dinámica, flexible, dentro de la cual sus moléculas se desplazan en varias direcciones. Esto le permite a la célula efectuar movimientos y deformaciones. Este modelo de membrana fue propuesto en 1972 por Singer y Nicholson, que lo denominaron el “**modelo de mosaico fluido**” debido a

la presencia de proteínas insertas en una estructura que se comporta como un fluido, de tal modo que sus componentes pueden moverse con libertad. La bicapa lipídica es impermeable a muchas sustancias; sin embargo, las proteínas desarrollan la mayoría de las actividades de una membrana: el **transporte**, la acción **enzimática** y la **recepción** de información química que llega a la célula. Las proteínas que se encargan del transporte son las responsables del intercambio de materia hacia el interior y el exterior celular. Por lo tanto, el control del intercambio de materia a nivel celular está a cargo de las proteínas insertas en las membranas biológicas.

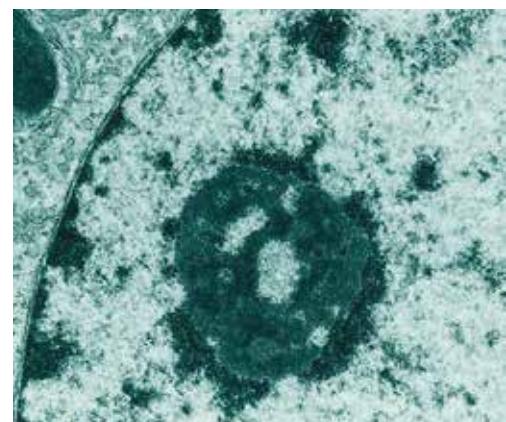
### ¿Qué se puede construir con membranas?

Existe una gran cantidad de estructuras internas celulares (**organelas**) que están construidas con membrana, poseen el mismo modelo de bicapa lipídica que vimos en el apartado anterior.

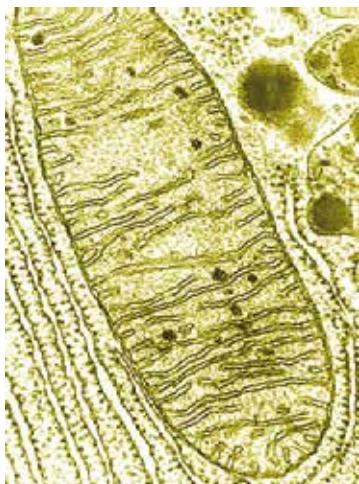
Además de la membrana celular que limita y da forma a la célula, la bicapa lipídica se presenta, en el caso de las células eucariotas, envolviendo el material genético (ADN), mediante la llamada **envoltura o membrana nuclear**. Esta estructura presenta la misma composición y disposición que la membrana externa de la célula, pero presenta dos



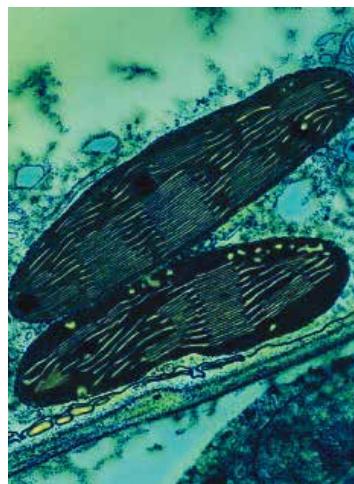
Golgi



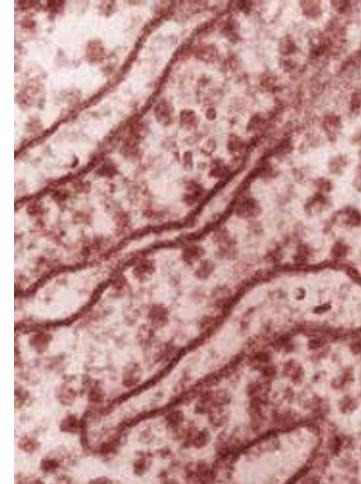
Núcleo



Mitocondria



Cloroplasto



Retículo rugoso

diferencias significativas respecto a dicha membrana: primero, está compuesta por dos membranas que dejan entre ellas un pequeño espacio interior. Segundo, en determinados puntos de su superficie, ambas membranas se ponen en contacto. Ese contacto genera los “**poros nucleares**”, que constituyen el lugar por donde se realiza el intercambio de materiales entre el núcleo y el citoplasma.

Una de las organelas de membrana más voluminosa es el denominado **retículo endoplasmático**, el cual se observa como un saco con espacios llenos de sustancias cuyo límite está marcado por las membranas. Esto genera la división del citoplasma ocupado por el retículo en una gran cantidad de espacios o compartimentos en cuyo interior se ubican las moléculas capaces de llevar a cabo distintos grupos de reacciones químicas. El tamaño del retículo en una célula varía mucho de acuerdo con las funciones que esta lleve a cabo; así, en algunas alcanza un desarrollo que lo lleva a ocupar casi todo el espacio interior de la célula, mientras que en otras es apenas visible. Existen dos tipos de retículo: el **retículo endoplasmático liso (REL)** y el **retículo endoplasmático rugoso (RER)**. La diferencia entre ambos es

### Actividad

El modelo que explica la composición química de la membrana también evolucionó. Comparen qué diferencias tiene el actual con el esquema que describió Danielli de 1953.

que este último, sobre sus paredes, presenta “ribosomas”, que son organelas formadas por ácidos nucleicos y proteínas de forma esférica (gránulos). El retículo funciona como sitio de transporte y síntesis de sustancias, especialmente, en el caso del RER, de proteínas. Otra organela de membrana universalmente presente en las células es el **Complejo de Golghi**, compuesto por unas láminas de membrana que se van separando para finalmente formar sacos o vesículas que contienen en su interior diversas sustancias producidas; por lo tanto, tienen una alta participación en el intercambio de materia. Al igual que los retículos, está localizado cerca del núcleo, y alcanza un gran desarrollo en aquellas células que tienen como función la producción de sustancias para ser liberadas al exterior, como por ejemplo, aquellas que sintetizan hormonas proteicas. Recibe las proteínas del RER, las envuelve y, finalmente, las vesículas formadas se unen a la membrana celular para liberar el contenido.

Una organela de membrana de importancia fundamental en las células eucariotas es la **mitocondria**, sitio donde se realizan todas las reacciones químicas necesarias para la generación de energía. La **forma de la mitocondria varía de elíptica hasta circular**, y su rasgo distintivo es que presenta una doble membrana. La membrana externa es la que le da la forma y marca los límites; la interna está muy desarrollada y forma pliegues internos que se denominan “crestas”. Tanto en la superficie de esta, como en el espacio que queda entre ellas, la **matriz**, se ubican todas las proteínas necesarias para llevar a cabo la principal reacción metabólica: la respiración celular. Un hecho particular es que poseen su propio ADN y ARN, lo cual le permite regular algunos de sus procesos, independientemente del núcleo celular.

La organela de membrana más representativa del Reino Vegetal son los **plastos**, dado que en ellos se lleva a cabo la fotosíntesis y el almacenamiento de los materiales producidos. En su interior se encuentran las moléculas que intervienen en la captación de la energía solar (pigmentos), y aunque el pigmento más conocido es la clorofila (verde), existen otros. Su forma varía también entre elipsoidal y circular y poseen una doble membrana (igual que mitocondrias). En su interior existe otra membrana más que forma los **tilacoides**, que son pequeños sacos en forma de discos que contienen el pigmento fotosintético. Al igual que las mitocondrias, contienen ADN, ARN y ribosomas.

Hay un grupo de organelas que se caracterizan por ser pequeñas **vesículas**; su interior posee distintos tipos de productos o sustancias que pueden transportarse hacia el exterior de la célula o cumplir la función de sitio de almacenamiento. Algunas de esas organelas son los **lisosomas**, que contienen proteínas encargadas de la degradación y digestión de los materiales introducidos en la célula. Están dispersos por todo el citoplasma y cumplen una gran cantidad de funciones. Otras se conocen como **vacuolas**, y son también sacos membranosos cuya función es almacenar materiales ingeridos, secreciones o desechos de las células. Quizás las de mayor desarrollo son las que poseen las células vegetales, que se utilizan para almacenar agua y pueden llegar a ocupar gran parte del interior de la célula. Finalmente, los **peroxisomas** son también sacos membranosos que contienen en su interior proteínas (enzimas) capaces de utilizar oxígeno para realizar reacciones químicas, como por ejemplo la degradación de moléculas de grasa. En las células vegetales existe un tipo particular de peroxisoma, los **glioxisomas**, que cooperan con los plastos y mitocondrias en los procesos de fotosíntesis y respiración.

## ¿Se puede atravesar la membrana?

La bicapa lipídica es impermeable a la mayoría de los compuestos químicos. Sin embargo, las células necesitan de muchos de ellos en su interior como materia prima, o por el contrario, se deben enviar al exterior porque son desechos metabólicos. Para llevar adelante estos procesos en la membrana, hay dos tipos de sistemas de transporte. El primero de ellos moviliza las sustancias químicas a través de la membrana plasmática sin necesidad de gastar energía ya que lo hace a favor del gradiente de concentración y se conoce como **transporte pasivo**. El otro caso son los sistemas de **transporte activo**, denominado de esa manera debido a que se gasta energía para poder transportar los compuestos en contra de su gradiente de concentración.

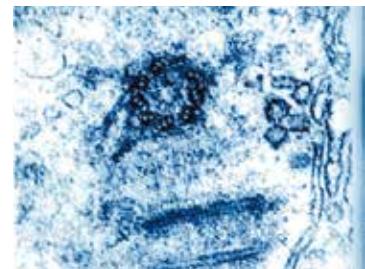
## UN SOPORTE PARA TODA LA ESTRUCTURA

En la actualidad sabemos que el citoplasma posee una alta complejidad estructural. Una de las estructuras que existe es la llamada **estructura microtrabecular**. Es un arreglo tridimensional de filamentos de proteínas muy delgados que se fijan al interior de la membrana celular recorriendo todo el citoplasma, de manera tal que forman una red de la que pueden sujetarse las organelas. Esta estructura es equiparable a la musculatura del interior celular, que provoca los cambios de forma de la célula que permiten el desplazamiento de las estructuras internas. Los elementos básicos que forman estas estructuras se denominan **microtúbulos y microfilamentos**.

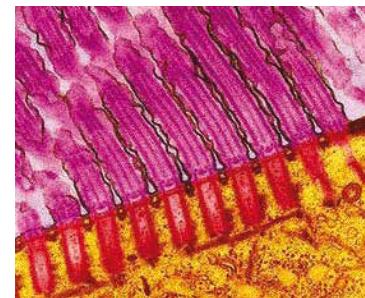
Hay una organela formada por microtúbulos que, cuando están presentes, cumplen un papel central al momento de la división celular, dado que dirigen el movimiento de los cromosomas. Se trata de los **centriolos**, organelas de tamaño muy pequeño y de forma de un cilindro hueco. La estructura más detallada muestra un agrupamiento de nueve conjuntos triples de microtúbulos y, dada su relación con la división celular en general, se los encuentra cerca del núcleo.



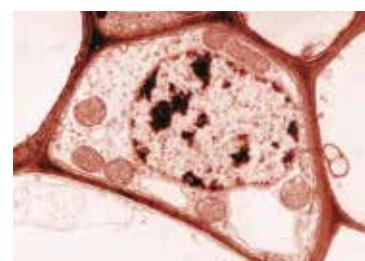
Estructura microtrabecular



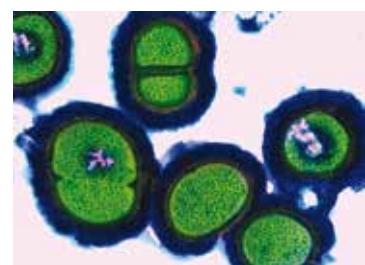
Centriolos



Cílios



Célula vegetal



Bacterias con pared

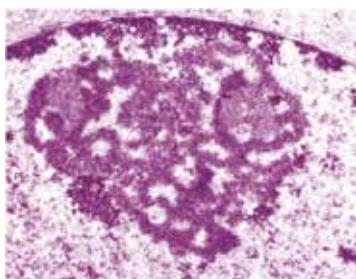
Existen, en algunos grupos de organismos unicelulares y en algunas células con determinada función dentro de organismos multicelulares, estructuras capaces de permitir la locomoción o remover sustancia que está sobre su superficie. Están construidas también a partir de microtúbulos, pero en una disposición característica que hace que sean fácilmente identificables. Hay un total de once pares de microtúbulos: nueve de ellos se ubican en la periferia y dos en el centro, que dan lugar a la llamada estructura **9 + 2**. En el sitio donde se une a la célula existe un **corpúsculo basal**, formado por nueve tripletes de microtúbulos. En algunas células se observa un elemento que puede ser más largo que ella misma, se los denomina **flagelos**. Por otro lado, algunas células presentan estructuras de este tipo pero muy cortas y en gran cantidad, son los **cílios**, que también participan en la locomoción. Por último, en muchos de los reinos se presenta una estructura de soporte que protege a toda la célula, dado que se ubica por fuera de la membrana celular, que es la **pared celular** (ver tabla, p. 84).

### Vocabulario

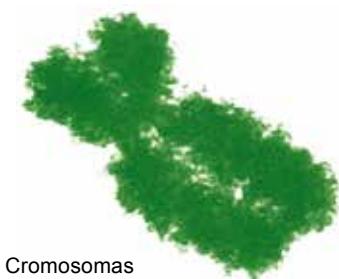


#### •ARN

El ácido ribonucleico es un ácido nucleico formado por una cadena de ribonucleótidos. Está presente tanto en las células procariotas como en las eucariotas, y es el único material genético de ciertos virus (virus ARN).



Nucleolo

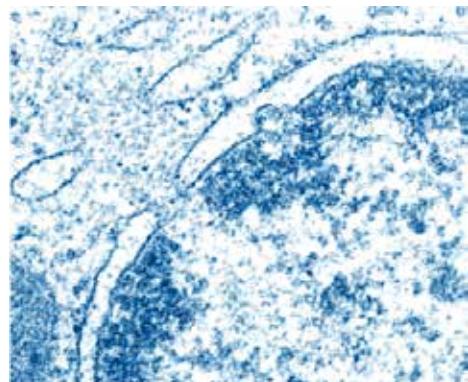


Cromosomas

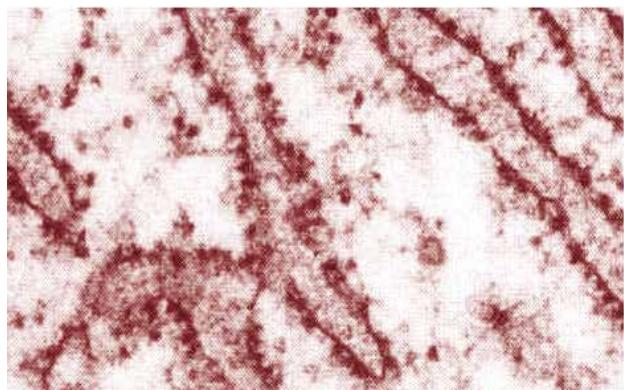
### ADN Y ALGO MÁS

Una de las generalidades que presentan los organismos es la presencia de ADN y **ARN** en su interior, que cumple las mismas funciones en los integrantes de todos los Reinos. En el caso del ARN, es el que conforma a los llamados **ribosomas**, organelas de muy pequeño tamaño que se presentan libres en el citoplasma de las células procariotas o en las paredes del RER de las eucariotas. Están formados por ARN y proteínas y están integrados por dos elementos, llamados **subunidades**, que en ambos tipos celulares son diferentes. Estas organelas cumplen una función muy importante: participan en la síntesis de proteínas, para lo cual suelen agruparse formando conjuntos notorios, los **polirribosomas**. Existe otra estructura formada por una gran cantidad de ARN, el **nucleolo**, ubicado en el interior del núcleo y de un tamaño que lo hace muy visible, es de forma esférica y puede haber uno solo o más de ellos. En ese sitio se sintetiza el ARN que forma parte de los ribosomas.

Finalmente es momento de hablar de las estructuras de ADN más notorias de cualquier tipo celular, dado que es este elemento el que tiene la función principal de controlar y regular todos los procesos celulares, debido a que poseen la información genética del organismo. En el caso de las células procariotas, estas presentan una única molécula de ADN que tiene forma circular y no está rodeada de una membrana como en el caso de las eucariotas. Además, no está acompañada de proteínas en el Reino Monera, y en el Reino Arqueobacterias aparecen unas proteínas similares a las de eucariotas.



Cromatina



Ribosomas

En los eucariontes, el ADN se presenta constituido por moléculas lineales formando pares. Además, las moléculas están siempre asociadas a unas proteínas denominadas “histonas”, que cumplen un papel central al momento de la división celular. El ADN puede presentarse en dos formas diferentes dentro del núcleo. Por un lado, gran parte del tiempo la molécula se encuentra en su forma más extendida, denominado **cromatina**, observándose el núcleo con una apariencia de mosaico, con sectores más oscuros y otros más claros. Por otro, en el momento de la división la molécula de ADN se asocia fuertemente a las histonas acortando su longitud al enrollarse sobre sí misma, dando origen a la estructura que conocemos como **cromosomas**.

### UNA CUESTIÓN DE FORMAS Y TAMAÑOS: LA DIVERSIDAD FUNCIONAL

Seguramente el Reino Monera posee los organismos que son, en general, considerados más simples, en especial porque las células de este Reino tienen una estructura similar. En el otro extremo tenemos al Reino Animal, que se caracteriza, entre otras cosas, porque sus células alcanzan una altísima división del trabajo. Un organismo complejo como nosotros u otros animales se compone de unos 100 billones de células, pero agrupadas en unos 300 tipos de células diferentes. Para realizar su función, cada tipo celular tiene una forma, una estructura y unos componentes (organelas), que la hacen única. ¿Qué es lo que varía en una célula para que pueda cumplir distintas funciones? Para responder esta pregunta debemos separar la célula en sus aspectos externos e internos. En relación con el primero de ellos, el primer punto que se puede señalar es el tamaño, desde las procariotas, de apenas  $1\mu$ , hasta el huevo de un aveSTRUZ. Por otro lado, externamente también presentan muchas diferencias. Se puede comparar, por ejemplo, la superficie lisa de las bacterias o de los glóbulos rojos de la sangre contrasta con un macrófago, que presenta numerosos extensiones llamadas pseudópodos que le dan un aspecto irregular. También el interior de las células presenta gran variación: desde un glóbulo rojo maduro que no tiene ninguna organela interna y se ha transformado en un simple saco de transporte, hasta las células de muchas glándulas que presentan un gran desarrollo del retículo, las mitocondrias, ribosomas y vesículas. Así, cada tipo funcional de célula tendrá un mayor o menor desarrollo de las distintas organelas de acuerdo con el grado en que la célula necesite de las funciones que estas realizan.

**LAS ESTRUCTURAS Y PROCESOS DAN FORMA A LAS CÉLULAS****Dime qué tienes y te diré qué eres: los seis reinos**

Cuando pensamos y observamos la enorme diversidad celular, debemos tener en cuenta que, por un lado, existe una gran variación en la estructura de acuerdo con la función que cada una de las células cumple en el organismo; pero, por otro lado, existe una diversidad a mayor escala que tiene que ver con qué organelas poseen en común, y que da los tipos celulares pertenecientes a cada uno de los reinos. A la dicotomía **procariota/eucariota** se le deben sumar las particularidades que cada uno de estos reinos posee. La siguiente tabla resume las características de las células de cada uno de los seis Reinos.

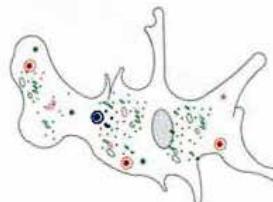
	<b>Archea</b>	<b>Monera</b>	<b>Protista</b>	<b>Fungi</b>	<b>Plantae</b>	<b>Animalia</b>
<b>Tipo celular</b>	Procariota	Procariota	Eucariota	Eucariota	Eucariota	Eucariota
<b>Organización</b>	Unicelular	Unicelulares, Filamentosos y Coloniales	Unicelulares y algunos coloniales	Unicelulares y formando hifas y micelios	Multicelulares, desde tejidos hasta órganos	Multicelulares, desde tejidos hasta organismo pluricelular complejo
<b>ADN</b>	Molécula única circular asociada a proteínas (no histonas)	Molécula única circular no asociada a proteínas	Molécula única circular asociada a proteínas (histonas)			
<b>Membrana nuclear</b>	No presenta	No presenta	Presenta	Presenta	Presenta	Presenta
<b>Citoplasma</b>	Homogéneo con presencia de ribosomas	Homogéneo con presencia de ribosomas	Complejo con presencia de diversas organelas			
<b>Pared celular</b>	En algunos y de pseudopeptidoglycano	Presente en todos y de peptidoglycano	No poseen, pero pueden presentar un esqueleto externo	Presente y puede ser quitina o celulosa	Presente y de celulosa	No presenta pared celular
<b>Reproducción</b>	Asexual	Asexual	Asexual y Conjugación	Asexual y conjugación	Asexual y Sexual	Asexual y sexual según las clases
<b>Ejemplos</b>	Arquebacterias extremófila	Bacterias y cianobacterias	Amebas, ciliados, radiolarios, flagelados	Levaduras, hongos en repisa y de sombrero	Musgos, helechos, coníferas y plantas con flores	Esponjas, medusas, gusanos, moluscos, artrópodos y vertebrados

**Ejemplos de distintos tamaños de células**

Espermatozoides



Neurona



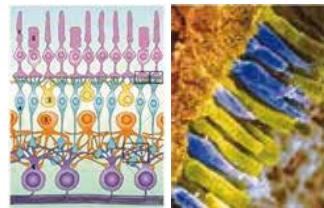
Amebas



Espermatozoides



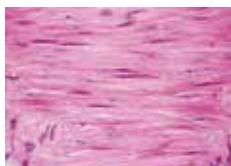
Neurona



Células retina



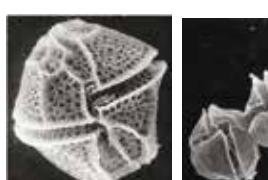
Bacterias



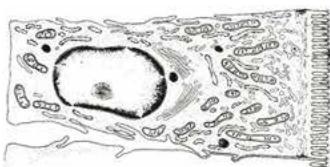
Músculo liso



Diatomeas



Dinoflagelado



Célula intestinal



Células sanguíneas

**Actividades integradoras**

- 1) Relean el texto sobre las organelas de membrana. Completen el cuadro.

Organela	Función que realiza	Función que le permite realizar a la célula
Retículo E. liso		
Retículo E. rugoso		
Complejo de Golggi		
Mitocondria		
Plastos		
Vesículas		
Lisosomas		
Vacuolas		
Peroxisomas		

¿Qué otro criterio consideran válido para la comparación de diferentes organelas?

- 2) De la tabla de la página 84, elijan un reino procariota y otro eucariota y, tomando como base la actividad celular, elaboren una redacción sobre las generalidades de vida de ese reino.
- 3) En relación con la diversidad funcional de las células, busquen y representen las estructuras que poseen algunas células para cumplir ciertas funciones específicas como la movilidad, la incorporación de materia u otras.
- 4) Relean con el grupo el texto “ADN y algo más”, compárenlo con el renglón que corresponde al ADN en la tabla, discutan cuál de las dos formas textuales les ayuda a comprender mejor el tema.
- 5) Lean las afirmaciones y elijan una para justificar en base a lo estudiado.
  - Un deportista tiene más mitocondrias en las células musculares que quien no está entrenado.
  - Muchas veces la forma celular se relaciona con la función que realiza.
  - La diversidad celular de Protistas es tanto estructural como funcional.
- 6) Seguramente vieron una serie donde la víctima ha quedado con restos de tejido del victimario, y allí comienza la investigación. ¿Qué tipo de ácido nucleico y proveniente de qué organela pueden encontrar en piel, pelos o sangre?
- 7) Respondan las siguientes cuestiones, en forma hipotética, a partir de lo trabajado en este capítulo. ¿Qué ocurriría en un organismo en el que una sustancia química bloqueara la actividad ribosomal? ¿O si por una enfermedad los lisosomas fueran frágiles y espontáneamente volcaran su contenido al citoplasma? ¿Si contrariamente este contenido lisosomal fuera expulsado de la célula al espacio intercelular?
- 8) Para comprender mejor la estructura y componentes de la célula, se trabaja en la actualidad con imágenes obtenidas a partir de microscopios electrónicos.
  - a) Busquen información sobre los tipos de microscopios que existen y ejemplos de imágenes obtenidas con los mismos. Pueden conseguir material sobre microscopio electrónico en los siguientes sitios:
    - Science Photo. <<https://www.sciencephoto.com/>>
    - Dennis Kunkel. <<http://www.denniskunkel.com/>>
    - Cell Image Library. <<http://cellimagelibrary.org/home>>
  - b) Con esa información:
    - Armen un conjunto de fotos de los distintos tipos celulares y de las distintas organelas.
    - Describan por escrito algunas células y establezcan diferencias y similitudes.
    - Describan las organelas celulares y construyan un esquema de célula eucariota a partir de las fotos individuales de las organelas.

# CAPÍTULO

# 4

## *Transformaciones de materia y energía en los sistemas vivos*

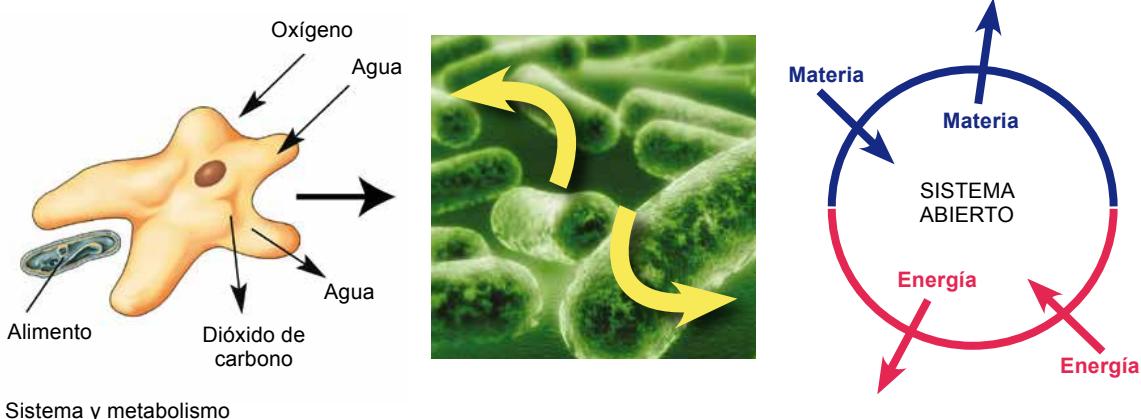


Leandro Salerno (2007)

Podemos en este punto hacernos algunas preguntas nuevas: ¿es lo mismo la obtención de materia y energía en un organismo unicelular y que en uno multicelular? ¿Hay funciones, procesos o estructuras comunes entre los distintos organismos para la obtención de materia y energía? ¿Todo tipo de materia y energía sirve para que un organismo lleve adelante sus procesos vitales? Para responder estas preguntas es necesario “viajar al interior de la caja negra”, la célula, y los procesos de intercambio de materia y energía que en ella se producen. En este capítulo, previo a ver qué ocurre en el interior celular, vamos a trabajar sobre tres elementos centrales: el metabolismo, las enzimas y las fuentes de energía.

### **SER O NO SER: EL METABOLISMO COMO UNA DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LOS SERES VIVOS**

Primero los naturalistas, luego los biólogos, discutieron mucho en los últimos siglos tratando de responder dos preguntas cruciales: ¿Qué es la vida? y ¿Qué es un organismo vivo? Las respuestas parecen aún estar pendientes, sin embargo, todos han acordado que al menos en el caso de los seres vivos, existe un grupo de características que los distingue claramente de los objetos inanimados. A los fines del tema que vamos a tratar hay dos de ellas que son de suma importancia.



### Vocabulario

- Sistemas químicos complejos**

Son sistemas integrados por moléculas orgánicas de alto peso molecular y que forman una estructura compleja.

- Los organismos son **sistemas químicos complejos**, abiertos a la materia y la energía: esta es una propiedad que no es exclusiva de los seres vivos.
- Todos los seres vivos poseen capacidad de metabolismo, entendiéndose a este como el conjunto de transformaciones químicas que son esenciales para la nutrición, el crecimiento, la reparación celular y la conversión de la energía en formas utilizables. Esta sí es una propiedad exclusiva de los seres vivos.

### Actividad

Busquen ejemplos de sistemas químicos complejos, que no sean organismos vivos. Incluyan una imagen que ilustre los ejemplos que mencionaron. Coloquen un título y epígrafe.

### El túnel del tiempo

El término metabolismo se deriva del griego Μεταβολισμός, metabolismos, que significa “de cambio” o “caída”. El estudio científico del metabolismo lleva varios siglos y comenzó teniendo en cuenta la totalidad de animales, para luego preocuparse por el control de las reacciones metabólicas individuales en la bioquímica moderna. Una de las primeras citas de este concepto se remonta a Ibn al-Nafis (1213-1288), al afirmar que el cuerpo y sus partes están en un continuo estado de disolución y alimentación, por lo que están, inevitablemente, en proceso de cambio permanente. Los primeros experimentos controlados en el metabolismo humano fueron publicados por Santorio Santorio en 1614 en su libro *Ars de Statica medecina*. Durante treinta años midió su peso antes y después de comer, dormir, trabajar, ayunar, beber y excretar. Luego de hacer las comparaciones y ver que los desechos pesaban menos que lo ingerido, sugirió que lo que faltaba se perdía en lo que él llamaba “transpiración insensible”.

¿Todos los organismos llevan a cabo las mismas reacciones químicas en su interior? La respuesta es no, y aunque los primeros investigadores del siglo XVII afirmaban que hay similitudes fundamentales en los constituyentes químicos y las actividades metabólicas de todas las células (y por lo tanto los organismos), existen diferencias que caracterizan a los grandes grupos de seres vivos. Ya vimos en el capítulo 1 que podemos clasificar a los organismos en **autótrofos** y **heterótrofos**, basados en un solo criterio: si el organismo realiza o no reacciones químicas que le permiten generar **materia orgánica** a partir de energía lumínica y compuestos inorgánicos (proceso que llamamos fotosíntesis).

### Vocabulario

#### • Materia orgánica

Es todo compuesto de una o varias moléculas orgánicas como por ejemplo proteínas, lípidos, hidratos de carbono y ácidos nucleicos.

#### • Proteínas

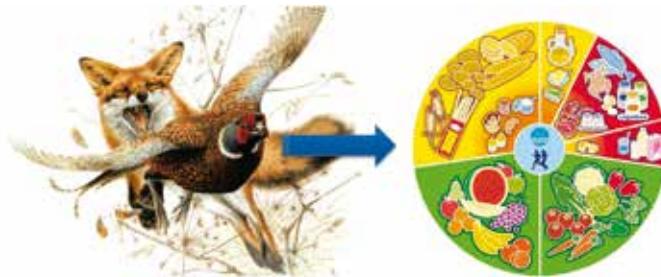
Son moléculas formadas por cadenas lineales de aminoácidos.



Transformaciones y transferencia de energía en la naturaleza

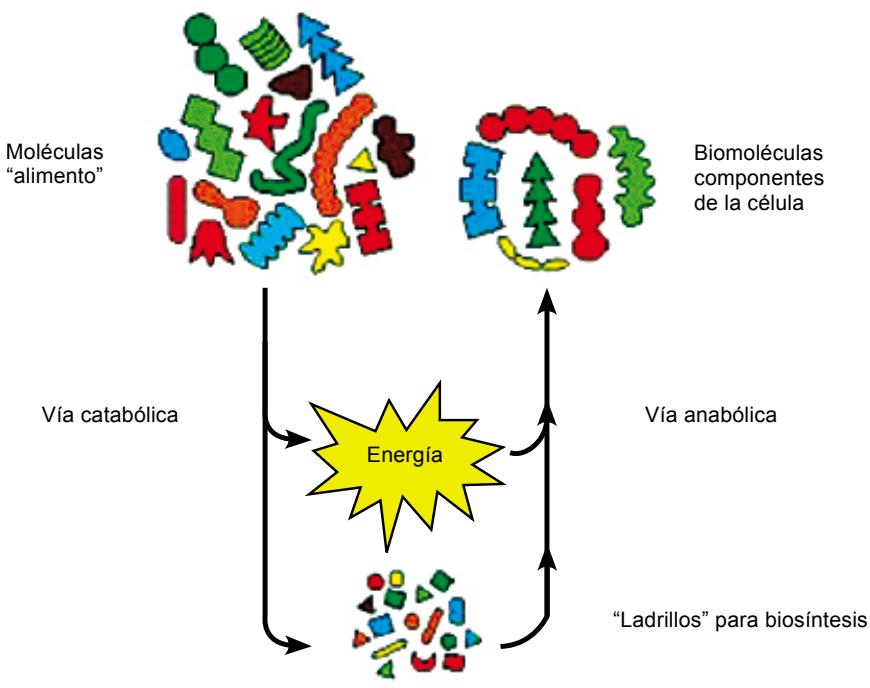
¿Qué relación hay entre las reacciones químicas que ocurren en el interior de los organismos y el intercambio de materia y energía? Ya dijimos que los seres vivos son sistema abiertos a la materia y la energía, pero pensemos un poco: ¿deben tomar del medio la materia que necesitan o pueden realizar transformaciones para generarla en su interior? Si la respuesta fuera la primera, los seres vivos estarían obligados a encontrar en su entorno lo que sus células están necesitando en ese momento y esta estrategia está destinada al fracaso. ¿Por qué? Si así fuera, el ambiente donde viven debería tener todo lo necesario para vivir, lo que limitaría los ambientes donde sería posible la vida.

Lo que hacen los seres vivos es **alimentarse** del medio que los rodea, esto es, tomar permanentemente sustancias de su entorno y luego procesarlas químicamente mediante distintas reacciones. ¿Por qué hacen esto? Para obtener **nutrientes**. Por ejemplo, como combustible para la liberación de energía, como materias primas para el crecimiento, reparación y mantenimiento del cuerpo y como sustratos para los procesos metabólicos, entre otros tantos usos. Todo el conjunto de reacciones químicas necesarias para estas funciones y procesos componen el **metabolismo**.



Alimentos como fuentes de materia y energía para el metabolismo en los heterótrofos

El metabolismo está dividido en dos tipos de transformaciones. Por un lado todas aquellas reacciones que intervienen en procesos en los cuales las moléculas de gran tamaño son degradadas en otras más pequeñas y se denominan en conjunto **catabolismo**. Cada una de las reacciones de este tipo son reacciones **catabólicas**. Por otro lado, todo el conjunto de transformaciones que van en el camino inverso, esto es, partiendo de pequeñas moléculas para sintetizar otras de alto peso molecular, se denomina **anabolismo** y cada una de ellas es una reacción **anabólica**. Ejemplo del primer tipo son las reacciones de la respiración celular, mientras que del segundo, las de la fotosíntesis.



Metabolismo celular: relación entre procesos catabólicos y anabólicos

Comparación de los tipos de metabolismo	
Catabolismo	Anabolismo
Degrada biomoléculas	Fabrica biomoléculas
Produce energía (la almacena como ATP)	Consumo energía (usa ATP)
Implica procesos de oxidación	Implica procesos de reducción
Sus rutas son convergentes	Sus rutas son divergentes
Glucólisis, ciclo de Krebs, cadena respiratoria	Fotosíntesis, síntesis de proteínas

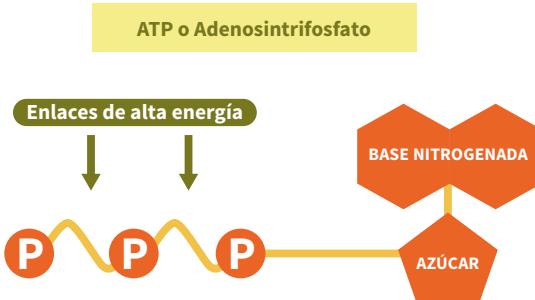
**Actividad**

Elijan dos características de los procesos metabólicos comparados en la tabla y ejemplifíquenlas en un organismo heterótrofo. Usen como referencia el texto del capítulo 2.

El ADP se transforma en ATP

Baja energía

Alta energía



Todos los organismos poseen la característica de que en su interior se llevan a cabo distintas transformaciones químicas: desde procesar la materia que ingresó desde los alimentos hasta sintetizar nuevos componentes necesarios para determinados procesos. Todas estas reacciones individuales (catabólicas y anabólicas) se entrecruzan, debido a que muchas de ellas comparten reactivos y productos, dando como resultado las rutas metabólicas (conjunto de reacciones) que se unen en las complejísimas redes metabólicas. La mínima expresión es el metabolismo celular, compuesto por el conjunto de reacciones químicas a través de las cuales la célula intercambia materia y energía con su entorno.

**Vocabulario**

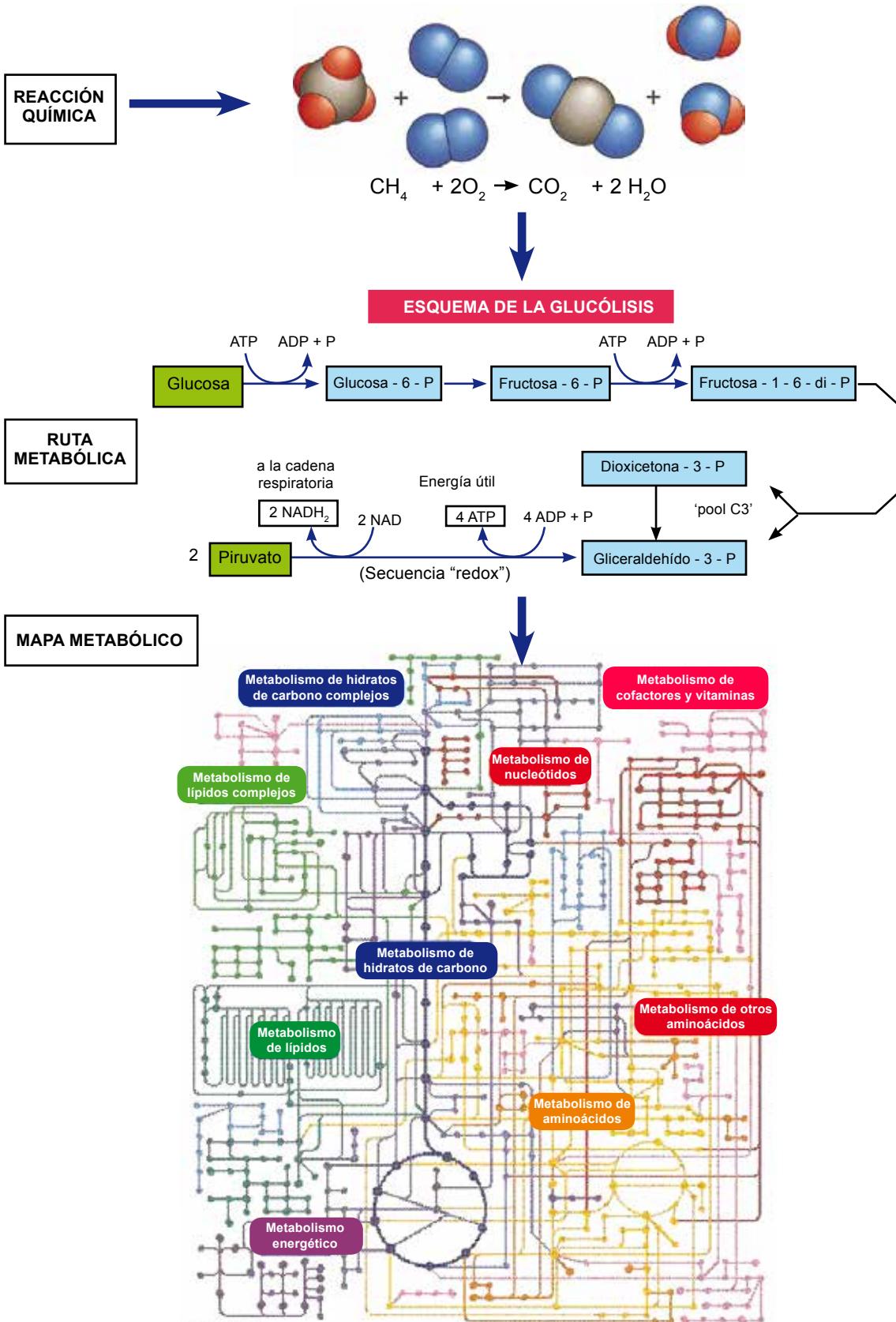
• **Oxidación**

Es una reacción química donde un elemento cede electrones.

**Para saber más****El combustible de la vida**

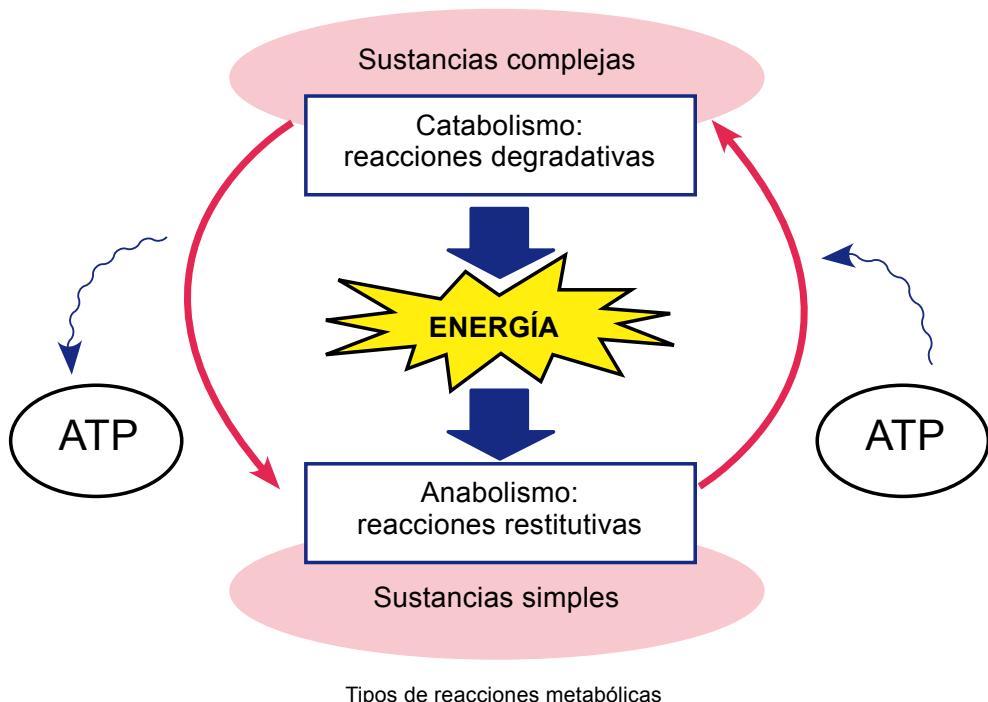
El Adenosín trifosfato (**ATP**) es una molécula fundamental en el almacenamiento y obtención de energía celular. Está compuesto por una base nitrogenada (Adenina), unida a un azúcar denominado Ribosa (el mismo del ARN), y tres grupos fosfato. Cada enlace entre fosfatos poseen mucha energía y por ese motivo es el lugar donde se almacena en el anabolismo (uniendo un fosfato a una Adenosín difosfato o **ADP**), para luego ser liberada en el catabolismo al romper esos enlaces.

# 4 Transformaciones de materia y energía en los sistemas vivos



¿Armar y desarmar moléculas solo les permite a los organismos obtener la materia que necesitan? Además de que la maquinaria metabólica hace que los seres vivos puedan obtener casi todos los nutrientes necesarios para llevar a cabos las funciones vitales, las uniones químicas guardan dentro de sí otra propiedad necesaria para que todo funcione: **energía**.

Al ingresar el alimento, primero la digestión y luego las reacciones catabólicas, van desarmando las moléculas grandes en otras menores. Para hacer esto es necesario romper las uniones químicas. ¿Qué otro componente poseen las uniones químicas? La energía que se encuentra almacenada en los enlaces químicos en forma de energía química se la denomina **potencial** ya que tiene la capacidad de realizar trabajo. Al romper los enlaces en las reacciones catabólicas, la energía es liberada. Pero entonces ¿esa energía se pierde? Sí, una parte de ella se transforma en calor, pero los organismos tienen la propiedad de poder almacenar otra parte en una molécula que posee enlaces de alta energía: el (ATP).



### Actividades

- Elaboren una hipótesis sobre otro uso que los animales dan a la catabolización molecular, además de la obtención de ATP. Consideren organismos que viven en condiciones polares.
- Establezcan una relación simple entre la frecuencia de ingesta de alimentos en los animales y su capacidad para generar temperatura corporal.
- Elaboren un diseño (cuadro, ilustración, maqueta) que muestre la relación que propusieron en el punto a.

Para saber más

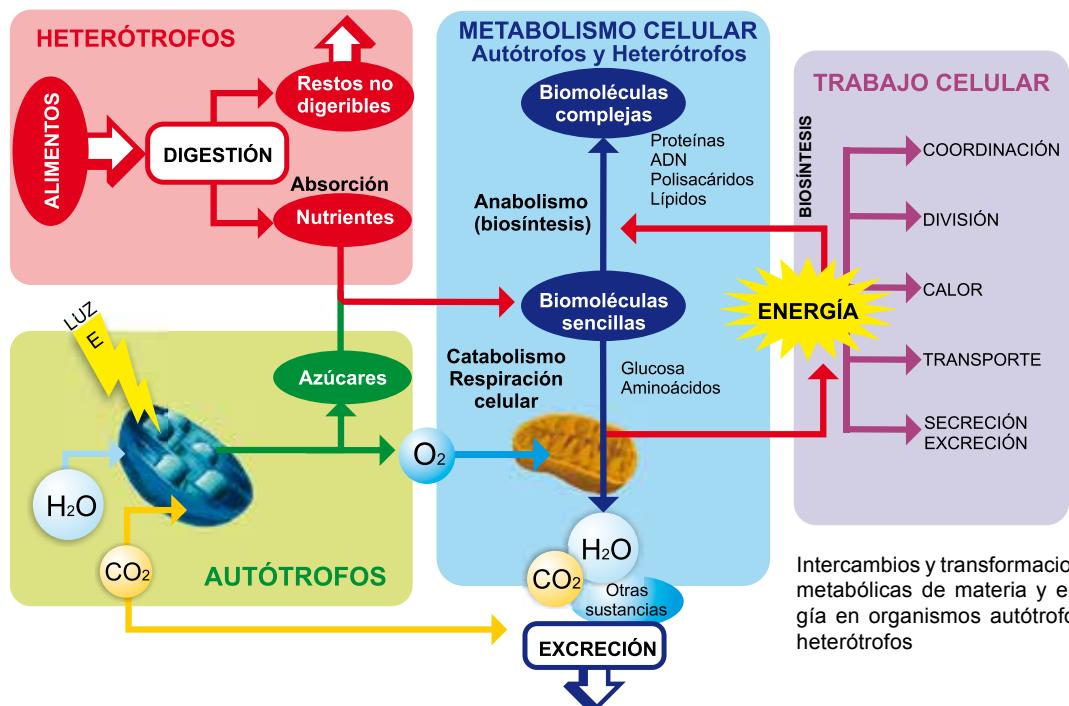


### Evolución y metabolismo

Todas las actividades biológicas son el resultado de un proceso evolutivo y por lo tanto el metabolismo celular no puede ser una excepción; por lo tanto es posible encontrar en las células actuales rastros de ese proceso. El metabolismo de las células actuales es un complejo proceso constituido por miles de reacciones químicas (catalizadas por enzimas), las que se ordenan en cientos de rutas metabólicas que vinculan la entrada de alimento, su digestión, la síntesis de componentes celulares, la de reservas y el aprovechamiento de estas. Parece lógico pensar que el metabolismo adquirió la complejidad actual en el curso de su evolución y que, por lo tanto, tuvo que ser en los orígenes un proceso mucho más simple. No hay duda de que el desarrollo evolutivo del metabolismo celular tiene como requisito un proceso de diferenciación enzimática. Las primeras células poseían un metabolismo simple, reducido a un paquete de enzimas que tenían como función principal la de replicar el material genético. Pero luego, a lo largo de la historia evolutiva de los organismos, se vuelve cada vez más complejo al aumentar la complejidad de los mismos, especialmente al lograr la multicelularidad. Las nuevas rutas metabólicas se establecieron a partir de la aparición de nuevas transformaciones metabólicas. Estas transformaciones se deben a la diferenciación de nuevas enzimas –a partir de las ya existentes– por procesos de mutación del material genético que determina cambios en las proteínas con capacidad enzimática.

Por otro lado, cuando se necesita energía, las moléculas de ATP son divididas (quedando ADP + un fosfato), utilizándose así la energía que queda disponible para realizar entre otras funciones:

- síntesis de macromoléculas en reacciones anabólicas;
- movimiento de algunas sustancias a través de las membranas;
- trabajo mecánico como la contracción muscular, movimiento de cilios y flagelos, movimiento de los cromosomas, etc.



+  
**Para saber más**

Finalmente debemos mencionar que las células regulan todas las reacciones químicas por medio de unas moléculas que facilitan su realización y que son indispensables, tienen la función de ser catalizadores biológicos y reciben el nombre de **enzimas**.

## SIN ELLAS NO SOMOS NADA: ENZIMAS Y SU PAPEL EN EL METABOLISMO

Es hora de plantearse nuevas preguntas. ¿Todas las reacciones o transformaciones que venimos mencionando ocurren de manera espontánea en los organismos? ¿Cómo se hace para que las reacciones ocurran en el lugar y momento necesario? La respuesta a estas y otras preguntas la tienen unos componentes clave en los seres vivos, ya que son quienes permiten que las reacciones se lleven a cabo en el sitio, instante y el orden adecuado: **las enzimas**.

### Características de las enzimas

- Son moléculas proteicas que catalizan reacciones químicas.
- Permiten que una reacción química energéticamente posible transcurra a una velocidad mayor.
- No son consumidas en las reacciones que catalizan.
- No todos los catalizadores bioquímicos son proteínas, pues algunas son moléculas de ARN.
- La actividad de las enzimas puede ser afectada por los inhibidores enzimáticos, que disminuyen o impiden la actividad de las enzimas.
- Las enzimas suelen ser muy específicas tanto del tipo de reacción que catalizan, como del sustrato involucrado en la reacción.
- Algunas enzimas requieren la unión de moléculas no proteicas denominadas **cofactores** para poder ejercer su actividad.
- Un conjunto de enzimas pueden actuar conjuntamente en un orden específico, creando así una **ruta metabólica** donde el producto de una reacción actúa como reactivo de la siguiente.

### Un poco de historia...

Desde el siglo XVIII se conocía que la digestión de la carne era realizada por algunas de las secreciones del estómago y también que era posible la conversión del almidón en azúcar por los sustancias de las plantas y también de la saliva. En el siglo XIX, al estudiar la fermentación del azúcar en alcohol por medio de levaduras, Louis Pasteur llegó a la conclusión de que esta reacción era catalizada por una fuerza vital contenida en las células de la levadura, llamadas fermentos y pensó que solo funcionaban con organismos vivos. Postuló que “la fermentación del alcohol es un acto relacionado con la vida y la organización de las células de las levaduras, y no con la muerte y la putrefacción de las células”. En otro sentido, otros científicos de la época como Justus von Liebig, se mantuvieron en la posición que defendía el carácter puramente químico de la reacción de fermentación. Finalmente en 1878 el fisiólogo Wilhelm Kühne propuso el término **enzima**, que se origina del griego “en levadura”



Wilhelm Kühne (1837-1900)

**Vocabulario****Ruta metabólica**

Es una secuencia de reacciones químicas que llevan de un sustrato a uno o varios productos finales por medio de un conjunto de reacciones intermedias.

**Estado de transición**

Es el estado que corresponde al máximo de energía durante una reacción, en este punto se asume que las moléculas reactivas al colisionar conducirán a la formación de productos.

**Actividades**

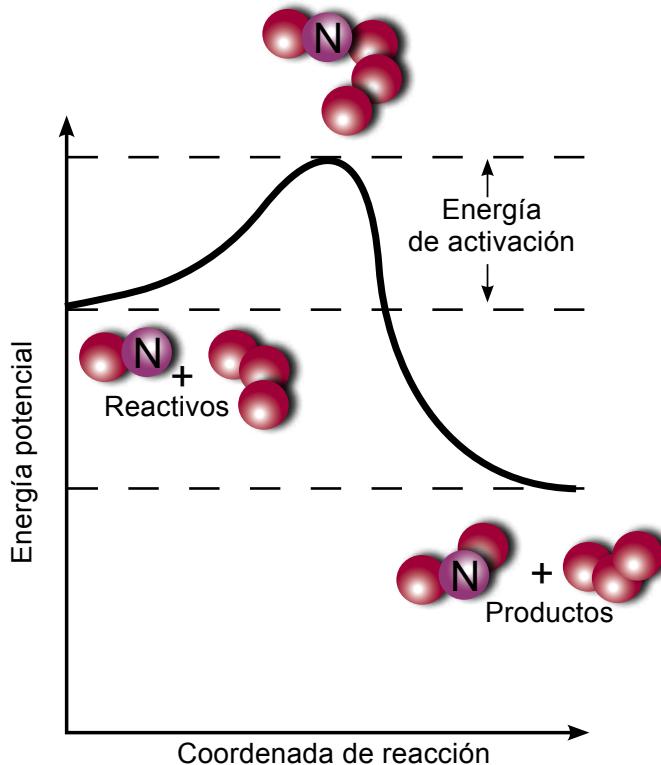
- Interpreten la definición de enzima de este texto, compárenla con la del capítulo 2.
- Busquen, en la lista, sus características.
- Interpreten la etimología del recuadro “Un poco de historia...”. Expliquen por qué el término enzima significa levadura.
- Elaboren su propia definición de enzima en por lo menos cien palabras.

**Actividad**

Diseñen una secuencia que demuestre que la respiración celular y el intercambio gaseoso forman parte de una ruta metabólica.

**Apurar y localizar: la función de las enzimas**

¿Qué significa que una reacción es químicamente posible? En una reacción química intervienen dos tipos de entidades: los reactivos y los productos. Es un proceso en el cual uno o más de los primeros, se transforman en los segundos (ej:  $A \rightarrow B$  o  $A + B \rightarrow C$ , etc.). Las reacciones pueden ocurrir si una cierta parte de las moléculas de los reactivos, en un instante determinado, obtienen la energía suficiente para alcanzar el denominado **estado de transición**, donde aumenta la probabilidad de que se combinen o separen los enlaces químicos necesarios para obtener los productos de la reacción. A la cantidad de energía necesaria para que un mol de moléculas de los reactivos, a una temperatura determinada, alcance el estado transición y se pueda dar la reacción, se la llama **energía libre de activación ( $\Delta G$ )**. Si el  $\Delta G$  es menor que cero, la reacción se da de manera espontánea, esto es, no necesita del aporte de energía o trabajo por parte de la célula. Si es mayor, el proceso no es espontáneo y para que se realice la célula debe gastar energía.

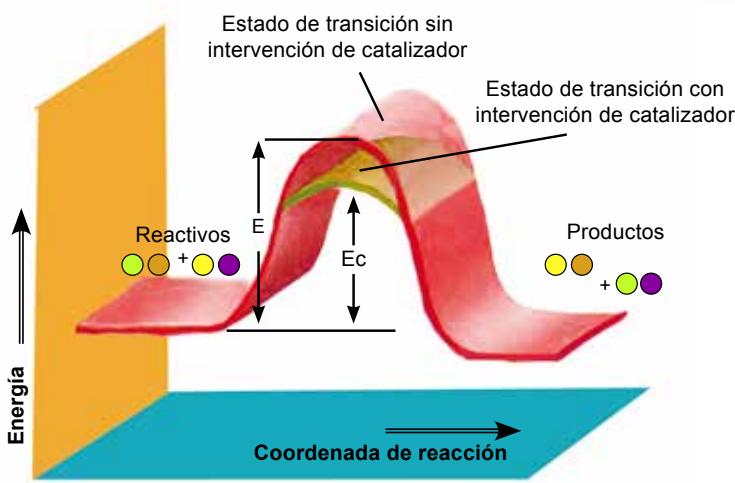
**Complejo activado**

Proceso de activación enzimática

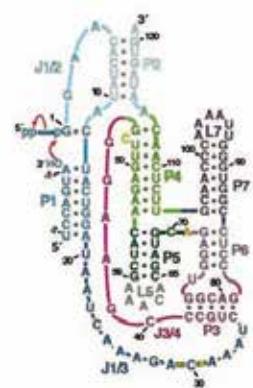
Entonces para que la reacción se produzca es necesario que los reactivos alcancen ese estado de transición. Las enzimas actúan para disminuir la cantidad de energía necesaria para lograrlo, con lo que la reacción aumenta la probabilidad y la velocidad a la que se lleva a cabo. Casi todos los procesos en las células necesitan enzimas para que ocurran; además al ubicarse en determinado sitios dentro de las estructuras celulares, también organizan las rutas metabólicas, haciendo que por ejemplo, dentro de una determinada organela se produzcan ciertas reacciones.



Las enzimas presentan una amplia variedad de funciones en los organismos vivos. Son indispensables en la transducción de señales y en procesos de regulación. También son capaces de producir movimientos de estructura celular como la de los flagelos. En relación al intercambio de materia y energía, intervienen en los procesos de transporte activo y sumamente importante es la función que prestan en la digestión de los organismos. Algunas enzimas son capaces de degradar moléculas grandes en otras más pequeñas. En la tabla, se describen los principales tipos de enzimas y su modo de acción.



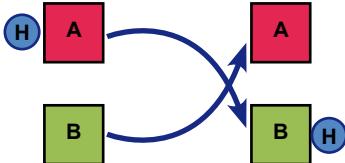
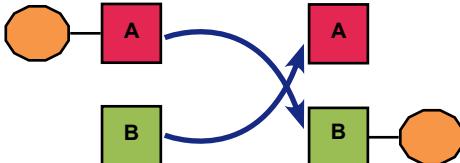
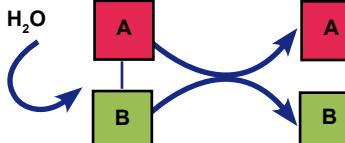
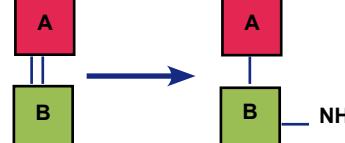
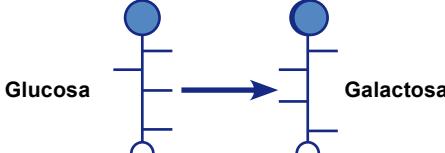
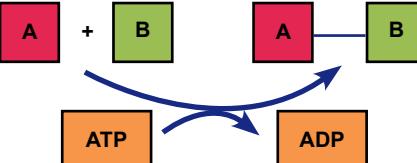
Reacción enzimática



### El túnel del tiempo



El químico francés Anselme Payen (1795-1871) a cargo de una fábrica de refinado de azúcar de remolacha, aisló una sustancia de un extracto de malta que aceleraba la conversión de almidón en glucosa. La denominó diastasa, siendo así el primer catalizador biológico aislado de un organismo vivo, que luego se llamaron enzimas. Posteriormente en 1836, se aisló la primera enzima de origen animal, la pepsina, que actúa en la digestión de alimentos.

Los principales tipos de enzimas	
Tipo de enzima	Esquema de reacción
<b>Óxido-reductoras:</b> catalizan reacciones de óxido-reducción, las que implican la ganancia (o reducción) o pérdida de electrones (u oxidación).	
<b>Transferasas:</b> transfieren grupos funcionales de una molécula a otra.	
<b>Hidrolasas:</b> rompen varios tipos de enlaces introduciendo radicales -H y -OH.	
<b>Liasas:</b> adicionan grupos funcionales a los dobles enlaces.	
<b>Isomerasas:</b> convierten las moléculas isómeras unas en otras.	
<b>Ligasas o Sintasas:</b> forman diversos tipos de enlaces aprovechando la energía de la ruptura del ATP.	

**Vocabulario****● Glucosa**

Azúcar de seis carbonos utilizada por todos los organismos vivos como la principal fuente de energía celular.

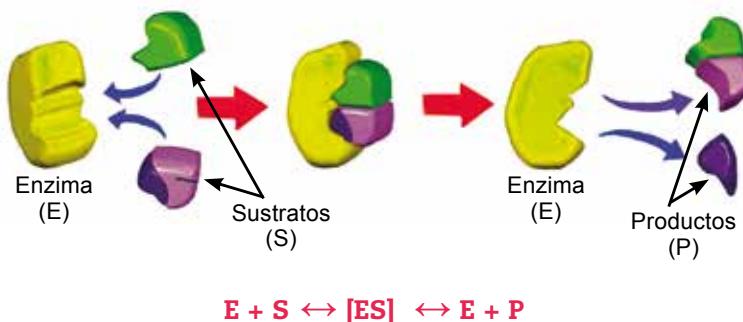
**¿Sabías que?...**

Las enzimas cumplen un papel central en la biotecnología de los alimentos. Los procesos más conocidos en los que intervienen son: la fermentación en productos panificados, en las bebidas alcohólicas (vino, cerveza) y en los lácteos (quesos, yogures). Distintas enzimas naturales y recombinantes se aplican en procesos y productos alimenticios como en la industria del almidón y del azúcar, en la fabricación de jarabes de glucosa y fructosa de maíz y dextrosa.

## Armar y desarmar. ¿Cómo actúan las enzimas?

Si bien desde el siglo XVIII se sabía de la participación de algunas sustancias como catalizadores biológicos, hubo que esperar mucho para comprender realmente el mecanismo de acción de las enzimas. De manera sintética podemos decir que casi todas las reacciones químicas de las células son catalizadas por enzimas, con la particularidad de que cada enzima cataliza solo una reacción, por lo que existirían tantas enzimas como reacciones en el interior celular. En una reacción catalizada por una enzima (E), los reactivos se denominan sustratos (S), es decir la sustancia sobre la que actúa la enzima. Por ejemplo, un sustrato es modificado químicamente y se convierte en uno o más productos (P). En algunas enzimas hay que agregar además la presencia de otro componente denominado cofactor, que puede ser tanto un elemento inorgánico como una molécula orgánica. Sin su presencia, la enzima es incapaz de realizar la catálisis de la reacción. Una reacción catalizada por una enzima, se representa de la siguiente manera (la doble flecha indica que es reversible):

**Complejo enzima-sustrato (ES)**



### Vocabulario

- **Cofactor**

Es una molécula no proteica y de baja masa molecular, necesaria para la acción de algunas enzimas.

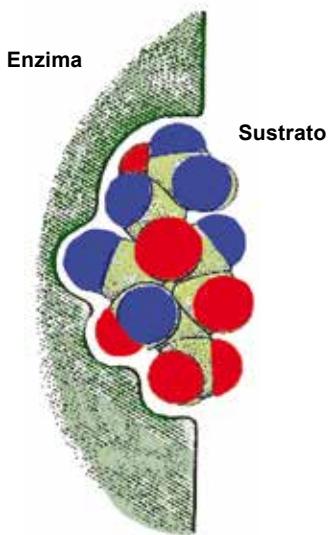
- **Estructura tridimensional de la proteína**

Estructura espacial de las proteínas debido a la unión de sus aminoácidos componentes.

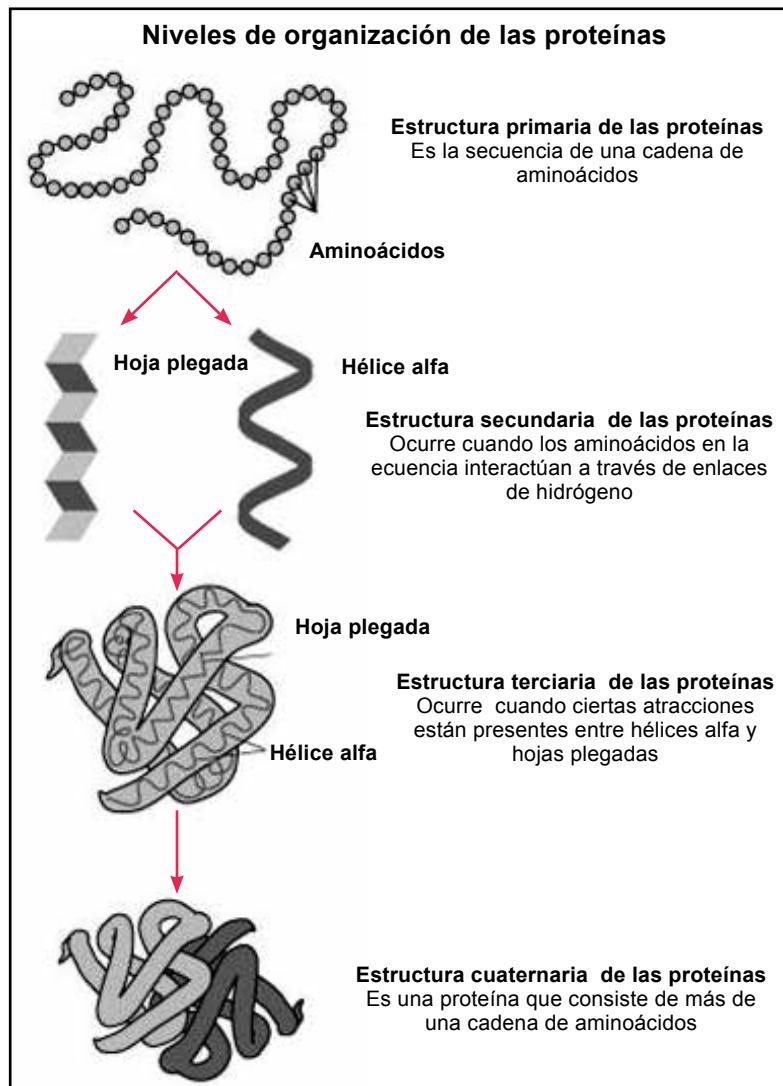
### ¿Sabías que?...

Las enzimas en la industria textil han tenido un fuerte impacto en los procesos productivos, por ejemplo en la producción de hebras, el hilado, tejido, acabado y fabricación de distintos productos. En este tipo de industrias las enzimas se pueden aplicar tanto al tratamiento de fibras proteicas naturales (lana y seda), como en fibras celulósicas (algodón, lino y cáñamo) y en fibras sintéticas.

Las moléculas del sustrato se unen a un sitio particular en la superficie de la enzima (denominado **sitio activo**) formando el complejo **enzima-sustrato** (ES), donde tiene lugar la catálisis. La estructura tridimensional de este sitio de unión, donde solo puede entrar un determinado sustrato es lo que determina la especificidad de la enzima. El acoplamiento es tal que E. Fisher (1894) enunció: “el sustrato se adapta al centro activo o catalítico de una enzima como una llave a una cerradura”. La conformación tridimensional del sitio de unión es debido a la **estructura tridimensional** de la proteína de la que está hecha la enzima.

**Actividad**

Hagan un modelo en tres dimensiones (con cartón, plastilina, arcilla, etc.) un sistema que explique la idea de "llave cerradura" aplicada al texto según la analogía de E. Fisher.

**¿Qué función cumplen en los organismos y sus células?**

Las enzimas son fundamentales para determinar el orden en que ocurren las reacciones químicas dentro de las células de los organismos. De esta manera según donde se ubiquen (membrana interna, citoplasma, interior de alguna organela, etc.) condicionan el lugar o compartimiento celular donde las reacciones van a ocurrir. Por ejemplo, dado que las enzimas para la respiración celular de las eucariotas se encuentran en el interior de las mitocondrias, la misma no puede ocurrir en ningún otro sitio.

Es indudable entonces el papel que tienen las enzimas en la capacidad de metabolismo que poseen los organismos vivos: son las que determinan lo que le ocurre a la materia que ingresa en ellos por medio de los alimentos, y del movimiento de las sustancias dentro de las células. También a partir del encadenamiento de las reacciones catabólicas y anabólicas, permiten el ordenamiento espacial y temporal de las rutas metabólicas dando

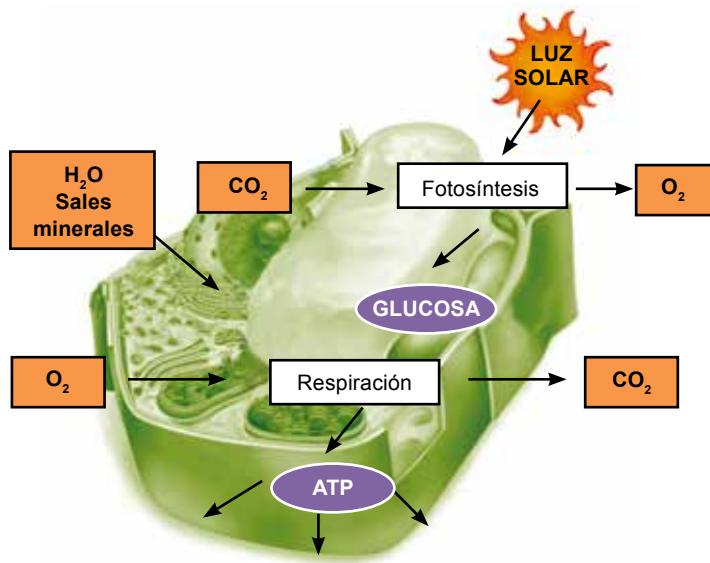
como resultado los mapas metabólicos de cada grupo de organismos. Finalmente juegan un papel central en el flujo de la energía al catalizar las reacciones de síntesis y separación del ATP.

### Vocabulario



#### • Homeostasis

Es la propiedad de un sistema de regular su ambiente interno para mantener una condición estable y constante.



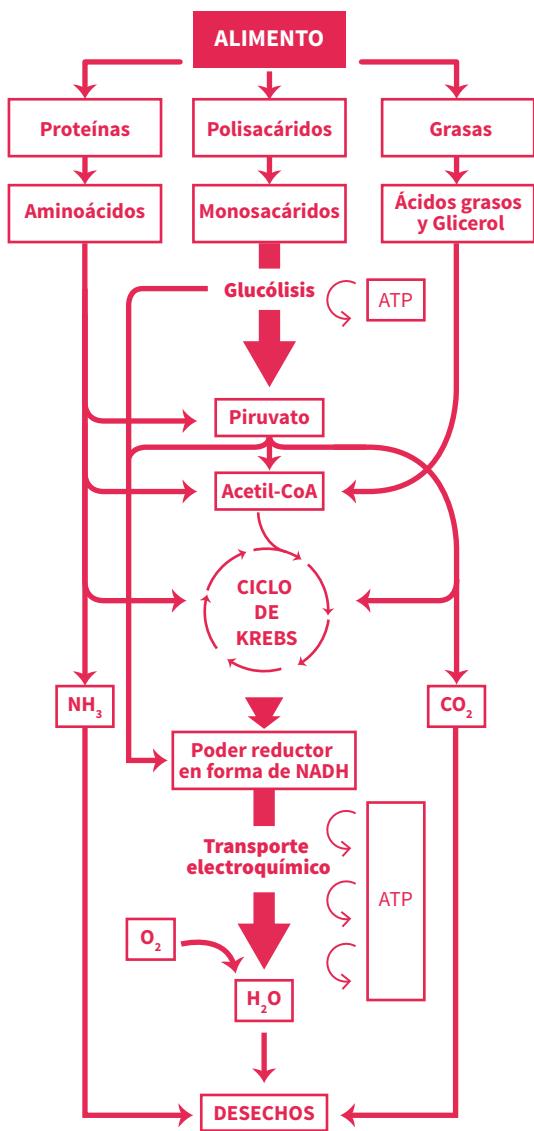
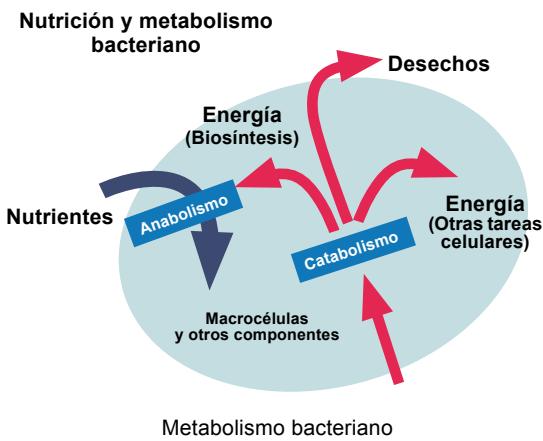
Esquema del metabolismo vegetal

Mediante los mecanismos de control enzimático, denominado **mecanismo de inhibición**, las células y los organismos pueden regular en qué momento obtener los productos de determinadas reacciones, por ejemplo, cuándo producir una determinada hormona, o cuándo degradar grasas para usar como combustible celular. Así todas las rutas y el mapa metabólico de un organismo o una célula presentan una **homeostasis** interna que evita el desorden químico o el gasto de energía en procesos que no son necesarios en un momento dado.

## ¿De dónde obtienen energía las células?

Para ir cerrando este capítulo entonces podemos sintetizar lo desarrollado hasta ahora.

- Los organismos destinan gran parte de su tiempo a alimentarse.
- El alimento es digerido y se obtienen los **nutrientes**, esto es, las sustancias que se necesitan para los procesos vitales.
- Los organismos poseen un conjunto de transformaciones químicas denominadas **metabolismo** que le permiten desarmar las macromoléculas que ingresan con los alimentos y usar esas moléculas menores directamente o sintetizar otras macromoléculas a partir de las mismas dentro de las células.
- En la mayoría de las reacciones biológicas intervienen **las enzimas**, proteínas capaces de aumentar las velocidades de la formación de productos a partir de determinados sustratos.
- Para obtener energía química utilizable por la célula, que se almacena en forma de ATP, se realiza una degradación de los nutrientes que se toman directamente del exterior o bien por degradación de otros compuestos que se han fabricado con esos nutrientes y que se almacenan como reserva.



Respiración y nutrientes

No es fácil entonces para un organismo conseguir esos nutrientes. En el caso de los **unicelulares**, una vez introducidos en su interior por medio de la fagocitosis, las vesículas digestivas se encargan de degradar el alimento y liberar así al citoplasma los nutrientes y desechos resultantes. Los primeros quedan entonces disponibles para las reacciones metabólicas de las cuales son sustrato.

En el caso de los **multicelulares**, deben ingerir alimentos. Cada especie posee requerimientos específicos, sin embargo los grandes grupos de organismos poseen ciertas necesidades nutricionales en común. Vimos en el capítulo 2 que por ejemplo, los organismos pluricelulares del Reino Animal se alimentan principalmente de moléculas complejas (proteínas, lípidos, glucidos), las cuales se degradan a lo largo del tracto intestinal, de modo que a las células llegan sustancias de menor complejidad que los ingeridos. Estás son metabolizadas a moléculas simples y la energía obtenida en este proceso (retenida en su mayoría en el ATP) conforman los elementos precursores para la síntesis de los componentes celulares.

Todos los organismos necesitan la presencia de unos compuestos imprescindibles para lograr que a las células lleguen los nutrientes necesarios: las **enzimas digestivas**. Ya sea alojadas en el interior de las organelas digestivas de los seres unicelulares, como a lo largo de todo el tubo digestivo de los organismos más complejos, existe un grupo de enzimas denominadas digestivas, que son las responsables de la digestión de los alimentos para la obtención de los nutrientes celulares (ver tabla, p. 103). Existen sin embargo algunos grupos de organismos, como los hongos, que realizan este proceso exteriormente, liberando las enzimas al medio para luego ya ingerir directamente los nutrientes.

¿Un organismo o célula es capaz de sintetizar todos los nutrientes que necesita? La respuesta es no. Existen los denominados **nutrientes esenciales**, que son sustancias que no pueden ser sintetizadas por el organismo, pero que son necesarias para el funcionamiento de este. Entre ellos se encuentran algunas vitaminas, minerales, ácidos grasos y aminoácidos. Los organismos están obligados a ingerirlos en los alimentos, de lo contrario entran en un déficit nutricional que puede traer consecuencia serias para ellos.

Por último entonces hay que mencionar que cada grupo de organismos presenta un esquema metabólico general donde queda representado el destino de los componentes de los alimentos luego de ser degradado en los distintos nutrientes, para la obtención de la energía necesaria para que la célula realice sus procesos vitales.

#### **Principales enzimas digestivas del ser humano, sitio de síntesis, sustrato y productos**

<b>Enzima</b>	<b>Órgano que la secreta</b>	<b>Sustrato y producto</b>
Amilasa salival	Glándulas salivales parótidas.	Digiere el glucógeno, almidón para formar azúcares simples. Produce maltosa dextrinas, malto. triosa.
Lipasa lingual	Glándula salival	Actúa sobre triglicéridos.
Pepsina	Estómago	Actúa sobre proteínas, cortando junta a los aminoácidos aromáticos.
Lipasa gástrica	Estómago	Actúa sobre triglicéridos, produce ácidos grasos y glicerol.
Tripsina	Páncreas	Separa proteínas, forma péptidos por hidrolisis, también forma aminoácidos.
Quimo tripsina	Páncreas	Actúa sobre los enlaces peptídicos en el extremo carboxilo de aminoácidos.
Elastasa	Páncreas	Degrada fibras elásticas.
Carboxipeptidasa A	Páncreas	Actúa sobre extremos carboxilos con cadenas laterales ramificadas aromáticas.
Colipasa	Páncreas	Facilita la exposición del sitio activo de la lipasa pancreática.
Lipasa pancreática	Páncreas	Digiere lípidos, cataliza la hidrolisis de triglicerol a glicerol.
Amilasa pancreática	Páncreas	Actúa sobre lípidos generando mono glicéridos, ácidos grasos, almidón y glucosa.
Ribonucleasas	Páncreas	Actúa sobre nucleótidos de ARN.
Fosfolipasa	Páncreas	Actúa sobre fosfolípidos produciendo glicerol.
Enteropeptidasa	Intestino delgado	Actúa sobre el tripsinógeno para producir tripsina.
Aminopeptidasa	Intestino delgado	Rompe proteínas amino-terminales.
Carboxipeptidasas	Intestino delgado	Rompe proteínas carboxi-terminales.
Endopeptidasas	Intestino delgado	Rompe proteínas en las porciones medias del polipeptido.
Dipeptidasas	Intestino delgado	Actúa sobre dipeptidos para formar dos aminoácidos.
Maltasa	Intestino delgado	Actúa sobre la maltasa generando glucosa.
Lactasa	Intestino delgado	Actúa sobre la lactasa generando galactosa y glucosa.
Sacarasa	Intestino delgado	Actúa sobre la sacarosa para producir fructosa y glucosa.
Alfa-dextrinasa	Intestino delgado	Actúa sobre alfa-dextrina para producir glucosa.
Trehalasa	Intestino delgado	Actúa sobre trehalosa para producir glucosa.

**¿Vamos al laboratorio?****Acción de las enzimas salivales sobre el almidón**

El almidón está conformado por moléculas de glucosa. Ambas sustancias se pueden hacer reaccionar en el laboratorio escolar con reactivos específicos a fin de demostrar su presencia en un sistema. El reactivo de lugol reacciona frente al almidón y el de Felhing lo hace en presencia de glucosa.

1) Para trabajar necesitan:

- pipetas • tubos de ensayo • gradilla • vaso de precipitados • agua destilada a 40°
- reactivo de lugol • solución de almidón al 5%

2) Acciones

- Viertan 10 ml de solución de almidón en un tubo de ensayo rotulado como "A".
- Recojan 10 ml de saliva en un tubo de ensayo limpio, agreguen 10 ml de solución de almidón y rotulen como "B".
- En ambos tubos agreguen unas gotas de reactivo de lugol.
- Registren las observaciones que les parezcan relevantes en una tabla o matriz diseñada por ustedes mismos.
- Dejen ambos tubos más de 30 minutos en reposo a baño María garantizando la temperatura necesaria, que es entre 37° y 40°.
- Nuevamente registren las observaciones pasado el tiempo estipulado.

3) Intercambio, discusión, reflexión

- Enumeren los elementos que tienen en común ambos sistemas bajo estudio.
- ¿Por qué insistimos en la temperatura constante?
- Expliciten la diferencia del contenido entre el tubo A y el B. Esta fue nuestra variable.
- ¿Con qué alimentos se puede suplantar al almidón propuesto por el texto? Citen al menos cinco.
- Justifiquen los resultados del práctico.
- En la puesta en común con otros grupos, objetiven el diseño del elemento de registro que utilizaron.

Este práctico puede contener una segunda etapa. Agregando a ambos tubos reactivo de Felhing A y B, calentando como lo necesita este reactivo, se comparan ambos tubos.

La primera prueba es para alterar el almidón con la acción de las encimas salivares. En la segunda se hacen reaccionar los productos con reactivo de Felhing para identificar subproductos de la acción enzimática.

En el capítulo 2 te propusimos modificar el práctico "Importancia de la masticación" y repetirlo con la enzima pepsina sobre carne en un medio ácido. Se pueden realizar con diferentes variables como solo pepsina, solo un medio ácido, y un tercer sistema, pepsina en medio ácido, para reforzar las condiciones necesarias del accionar de las enzimas.

En el portal Educ.ar. (Portal educativo del Estado argentino) encontrarán variaciones de esta y otras actividades de laboratorio similares sobre acción de las enzimas.

# CAPÍTULO

# 5

## *Principales procesos de obtención y aprovechamiento de la energía química*

### **PRODUCCIÓN DE MATERIA Y ENERGÍA: LA FOTOSÍNTESIS**

En los capítulos previos hemos visto de manera general lo que ocurre con la materia y la energía en los organismos, detallando lo relacionado con nutrición y todas sus funciones. En el capítulo anterior hemos empezado el camino que nos lleva al interior celular, tratando de comprender el metabolismo y las enzimas como conceptos y componentes fundamentales de la unidad básica de los organismos, la célula. Ahora es momento de abrir la caja negra y ver qué ocurre dentro, cómo son utilizados los distintos materiales y dónde y cómo se produce y almacena la energía en la célula. Los temas centrales serán la fotosíntesis y la respiración celular, sin embargo también nos ocuparemos de otros procesos no tan famosos, pero sorprendentemente mucho más antiguos como la quimiosíntesis.



## Vocabulario



### • Atmósfera primitiva

Se denomina así a la composición de la atmósfera en el momento de la aparición de los seres vivos hace unos 3500 millones de años atrás y su composición era muy diferente de la actual.

### • Radiación electromagnética

Es la radiación generada por la oscilación o la aceleración de una carga eléctrica.



Rayos y estromatolitos. En la imagen superior se representa la atmósfera primitiva y la inferior a unas formaciones llamadas estromatolitos producidas por los primeros procariotas fotosintetizadores hace unos 3000 millones de años.

## Actividad



Existen algunos ecosistemas que no poseen fotosintetizadores. Busquen ejemplo de ellos.

## EL COMIENZO DE TODO: ENERGÍA SOLAR Y FOTOSÍNTESIS

Según las principales hipótesis acerca del origen de la vida sobre la Tierra, para unir los elementos y compuestos químicos que permitieron llegar hasta las moléculas orgánicas y finalmente las primeras células, fue necesaria una fuente de energía. En ese caso se postula a la energía de las descargas eléctricas de una **atmósfera primitiva** tormentosa y cargada, de hace unos 4000 millones de años. Pero en medio de ese ambiente primitivo, surgieron organismos únicos, capaces de hacer algo que nadie había podido realizar hasta ese momento: utilizar la energía solar para realizar enlaces químicos. Esta propiedad surge para cambiar toda la historia natural de los organismos.

En la actualidad, y desde hace millones de años, toda la vida sobre la superficie de nuestro planeta se sostiene a partir de los organismos autótrofos. Pero ¿cómo lo hacen? La generación de enlaces químicos en el interior de estos organismos, por ejemplo en el caso de las plantas, se realiza usando la **radiación electromagnética** del sol. Para todo el resto de los organismos, la energía proviene de los enlaces químicos de la materia producida por los fotosintetizadores. Por lo tanto el sol es la fuente principal de energía.

## ¿Sabías que?...

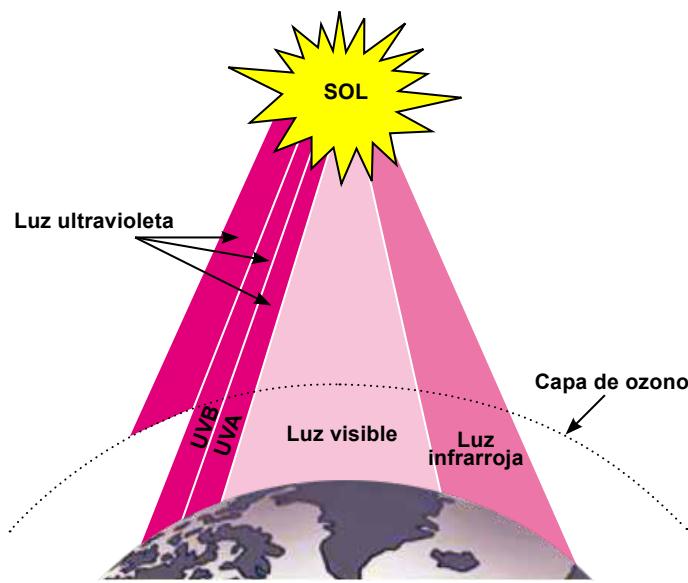


Hace tan solo unas pocas décadas que se estableció el mecanismo químico preciso de la fotosíntesis. Sin embargo ya en el año 1780 Joseph Priestley descubrió la producción de oxígeno en la fotosíntesis. Lo hizo con su famoso experimento del recipiente de vidrio, el ratón y la planta. Luego, Jan Igenghousz descubrió el efecto de la luz solar sobre la planta, estableciendo el papel de la misma en la fotosíntesis.

## ¿Sabías que?...



A la superficie de la Tierra llegan distintos tipos de radiaciones electromagnéticas, siendo la luz una radiación en una banda específica de longitud de onda. El espectro visible es una región que va desde los 400 nm a 700 nm de longitud de onda. Dentro de este espectro, el violeta tiene la longitud de onda más corta, mientras que la luz roja tiene la más larga.



Espectro electromagnético de la radiación solar que llega a la Tierra

## MÁS QUE UNA SIMPLE HOJA: COMPARTIMIENTOS DONDE OCURRE LA FOTOSÍNTESIS

Seamos egoístas y centrémonos por ahora solo en nuestros parientes eucariotas, los vegetales del Reino Plantae. ¿Cuál es la estructura en una planta donde se realiza la fotosíntesis? La respuesta es la hoja. Este es el órgano vegetal donde se llevan a cabo las reacciones involucradas. Si observamos el corte de una hoja de una planta, veremos la presencia de distintos tejidos. Sobre toda la superficie externa, encontramos una **epidermis**, cuyas sus células protegen a la hoja de la desecación por pérdida de humedad. Una estructura fundamental presente en esta capa son los **estomas**. Ubicado entre ambas epidermis se encuentra un tejido fundamental para la fotosíntesis, el **mesófilo**. Las células que lo componen son las que realizan la fotosíntesis.

¿Por qué las plantas realizan fotosíntesis y otros organismos no? Precisamente porque las células del mesófilo poseen unas organelas, los **cloroplastos** (ver imagen en capítulo 1). Allí están las moléculas que intervienen en la captación de la energía solar (pigmentos), siendo el más conocido la clorofila. Puede tener un solo cloroplasto o hasta 100 en una sola célula. Poseen en su interior, un estroma, gránulos de almidón y quizás la más importante de sus estructuras: los **tilacoides**. Estos son pequeños

### Actividad

Realicen una búsqueda en diferentes fuentes bibliográficas sobre la experiencia de Joseph Priestley y hagan un nuevo diseño para que se pueda realizar hoy en el aula laboratorio.

### Vocabulario

#### • Epidermis

Son los tejidos que recubren superficies externas de organismos u órganos.

#### • Estomas

Orificios microscópicos rodeados de células oclusoras, las que le permiten regular el paso de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) y oxígeno ( $\text{O}_2$ ).

### ¿Sabías que?...

Los biólogos intentaron usar soluciones que contuvieran clorofila y otras sustancias para investigar la fotosíntesis *in vitro*. El resultado fue negativo y se dieron cuenta que la manera en que están organizados los componentes es más importante que la simple unión de las moléculas que intervienen en las reacciones.

### Actividad

Observen la figura que representa el espectro electromagnético. Luego, elaboren una hipótesis sobre las razones de tantos tonos y colores fotosintetizadores en los vegetales.

sacos en forma de discos que contienen en su interior el pigmento fotosintético. La organización del cloroplasto es fundamental, dado que la capacidad de la clorofila de captar la luz depende de como está distribuido este pigmento dentro de la organela. Todas las reacciones que dependen de la energía lumínica del sol ocurren dentro de los tilacoides (fase luminosa). En las membranas de estos se ubican todas las enzimas necesarias para realizar las transformaciones químicas que dependen de la luz; podemos decir que el tilacoide es la **unidad básica** de la fotosíntesis. Por otro lado todas las enzimas necesarias para las reacciones que son independientes de la luz se ubican en el estroma, que es el espacio interno del cloroplasto (fase oscura).

**Para saber más**

### Evolución y metabolismo

Todas las actividades biológicas son el resultado de un proceso evolutivo y por lo tanto el metabolismo celular no puede ser una excepción; por lo tanto es posible encontrar en las células actuales rastros de ese proceso. El metabolismo de las células actuales es un complejo proceso constituido por miles de reacciones químicas (catalizadas por enzimas), las que se ordenan en cientos de rutas metabólicas que vinculan la entrada de alimento, su digestión, la síntesis de componentes celulares, la de reservas y el aprovechamiento de estas. Parece lógico pensar que el metabolismo adquirió la complejidad actual en el curso de su evolución y que, por lo tanto, tuvo que ser en los orígenes un proceso mucho más simple. No hay duda de que el desarrollo evolutivo del metabolismo celular tiene como requisito un proceso de diferenciación enzimática. Las primeras células poseían un metabolismo simple, reducido a un paquete de enzimas que tenían como función principal la de replicar el material genético. Pero luego, a lo largo de la historia evolutiva de los organismos, se vuelve cada vez más complejo al aumentar la complejidad de los mismos, especialmente al lograr la multicelularidad. Las nuevas rutas metabólicas se establecieron a partir de la aparición de nuevas transformaciones metabólicas. Estas transformaciones se deben a la diferenciación de nuevas enzimas –a partir de las ya existentes– por procesos de mutación del material genético que determina cambios en las proteínas con capacidad enzimática.



Huella de asteroide. Cráter que sustenta una de las teorías de extinción de los dinosaurios

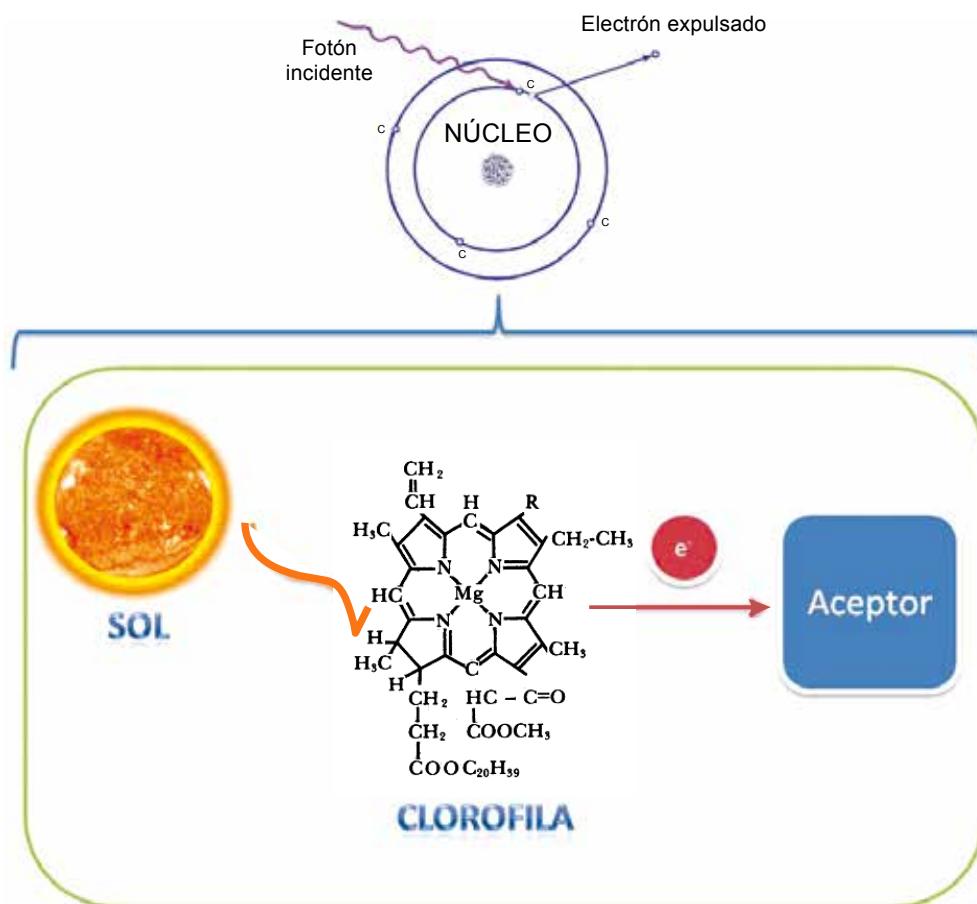
## El túnel del tiempo



La mayoría de los biólogos pensaba que el oxígeno liberado provenía del dióxido de carbono. Pero el descubrimiento en 1930 de que había bacterias que incorporaban este último sin liberar oxígeno, puso en duda este supuesto. Finalmente Ruben y Karmin, trabajando con  $^{18}\text{O}$  radiactivo, en 1941, demostraron que el O<sub>2</sub> tenía su origen en la molécula de agua.

## RECETA PARA OBTENER UN AZÚCAR: MOLÉCULAS PARA LA FOTOSÍNTESIS

El primer ingrediente es la luz, compuesta de unas partículas de energía denominadas **fotones**. La propiedad que tiene la energía lumínosa es que puede excitar ciertos compuestos, desplazando electrones hacia niveles más altos, dejando los átomos excitados. Estos pueden volver a su nivel de energía después de un cierto tiempo o también puede ocurrir que ese electrón con mayor energía sea cedido y aceptado por otra molécula, las cuales se denominan **aceptores de electrones**, quedando el átomo energizado con una carga positiva por la pérdida de la partícula negativa.



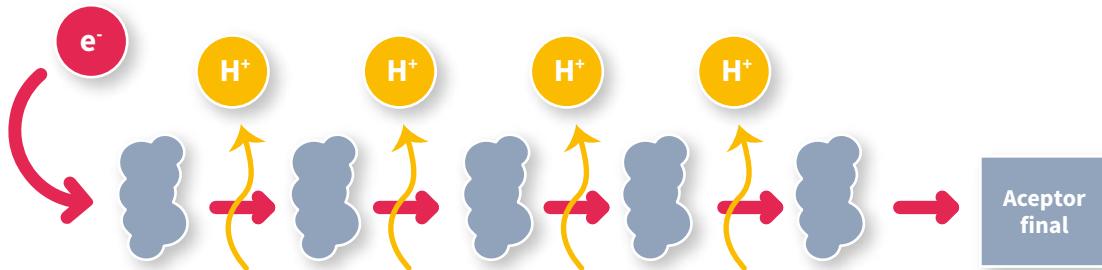
Representación de la excitación de una átomo por un fotón y de lo que le ocurre a la clorofila al recibir la luz solar

La fotosíntesis depende por completo de la captación de la luz solar, y esto lo realiza la clorofila, una molécula que tiene como propiedad el excitarse con la energía lumínica. Su estructura es compleja y existen varios tipos (ver tabla, p. 113), son las responsables del color verde de las plantas. Estas moléculas absorben la luz solar en las longitudes de ondas de las regiones del azul, violeta y roja del espectro. En general esta molécula está acompañada de otros pigmentos que actúan como antena captando la luz.

La ruta metabólica de la fotosíntesis es compleja e involucra al menos dos series de reacciones, las dependientes e independientes de la luz, cada una de ellas con una gran cantidad de compuestos, enzimas y cofactores. Sin embargo la reacción global puede presentarse como:



### FLUJO DE PROTONES PARA ATP



### CADENA DE TRANSPORTE DE ELECTRÓNESES

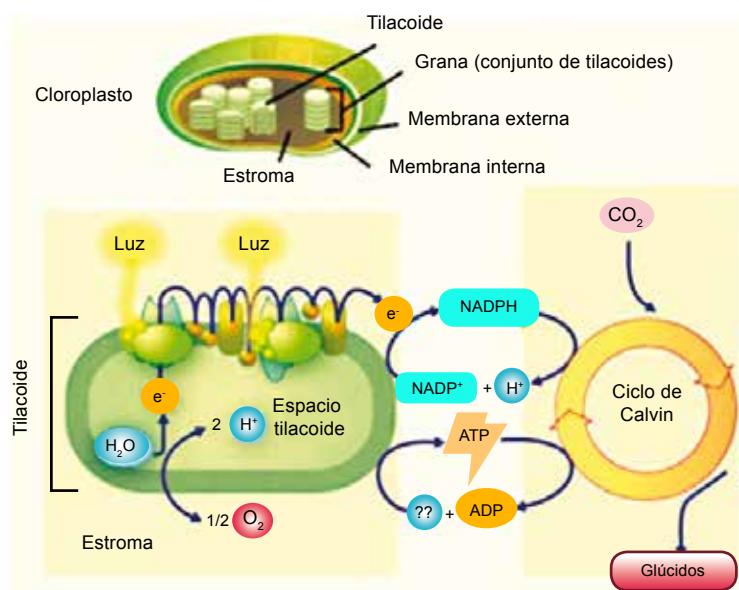
Esquema de una cadena transporte de electrones y el flujo de protones asociado que luego se utiliza para generar ATP

#### ¿Sabías que? ...

Las cadenas de transporte de electrones son una serie ordenada de moléculas que transportan electrones de una a la otra y se encuentran en la membrana de las bacterias, de las mitocondrias o en las membranas tilacoidales. La función de estas cadenas es generar un gradiente electroquímico (diferencia de concentración y cargas), que es utilizado para la formación de ATP.

La fase luminosa comienza con la captación por parte de la clorofila de un fotón. Esta molécula energizada libera un electrón que es tomado por una cadena de aceptores de electrones, los que se organizan en dos unidades diferentes: **fotosistema I** y **fotosistema II**. Ambos sistemas toman los electrones liberados y estos se transportan a través de una cadena de aceptores que se ubican en las membranas de los tilacoides. El primero de ellos culmina con la separación de la molécula de agua para formar oxígeno y un **gradiente** de protones que se utiliza para producir ATP. En la fase oscura, las reacciones fijan el dióxido de carbono; estas ocurren en el estroma de los cloroplastos. Este proceso forma nuevos enlaces covalentes simples entre átomos de carbono, uniendo el  $\text{CO}_2$  a una molécula orgánica, en una ruta metabólica conocida como **ciclo de Calvin o Vía C<sub>3</sub>**. El  $\text{CO}_2$  se une a una molécula de cinco

carbonos mediante la intervención de una enzima, para dar dos moléculas de **3-fostoglicerato** (de tres carbonos), que luego de una serie de pasos y la intervención de numerosas enzimas culmina con la producción de glucosa y posteriormente sacarosa y finalmente almidón.



Ubicación y reacciones generales de la fotosíntesis

## Vocabulario

### • Gradiente

Es la variación de una propiedad a través del espacio y/o el tiempo.

### • Fotosistema

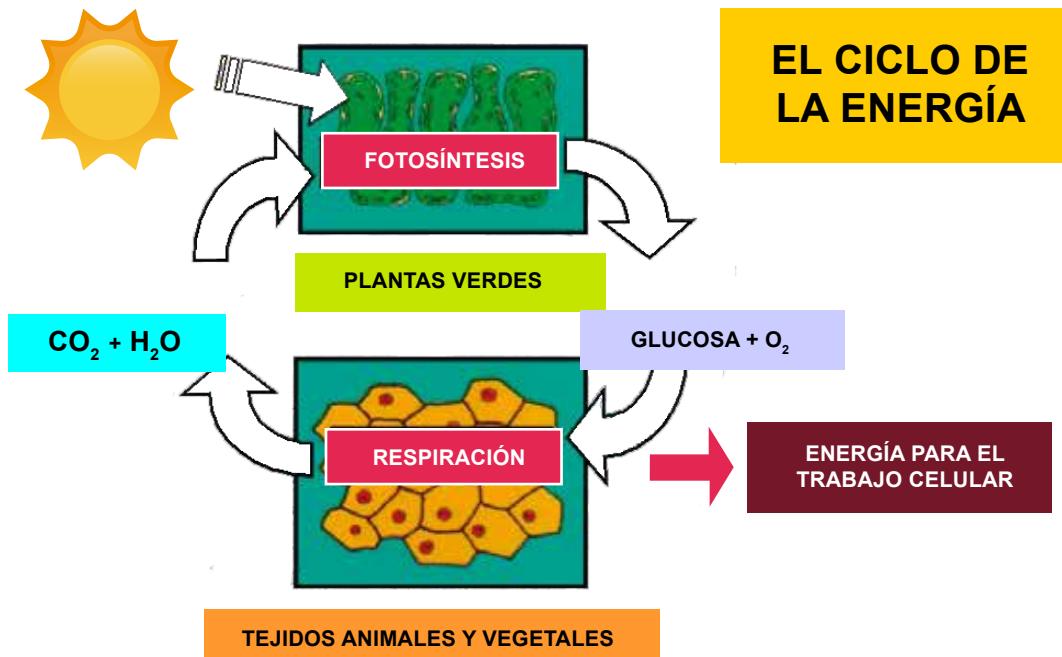
Son estructuras moleculares donde se encuentran los pigmentos fotosintéticos, como la clorofila y los aceptores de electrones, conformando una cadena de transporte.

### • Pigmentos fotosintéticos

Son las moléculas responsables de la coloración de los vegetales.

## Actividades

- 1) Con el recuadro “¿Sabías que...?” y el esquema de la cadena de electrones como soporte, redacten con sus palabras el concepto de “cadena de transporte”.
- 2) Algunos docentes prefieren los términos “fotoquímica y bioquímica” para designar a las etapas de la fotosíntesis. Piensan que de otra forma se promueve la idea de que una requiere de la luz y la otra de oscuridad. Retomen el texto prestando atención al concepto de que etapa oscura y etapa lumínica no son equivalentes al día y la noche. Extraigan términos que vinculen a estas etapas con las condiciones para su desarrollo.



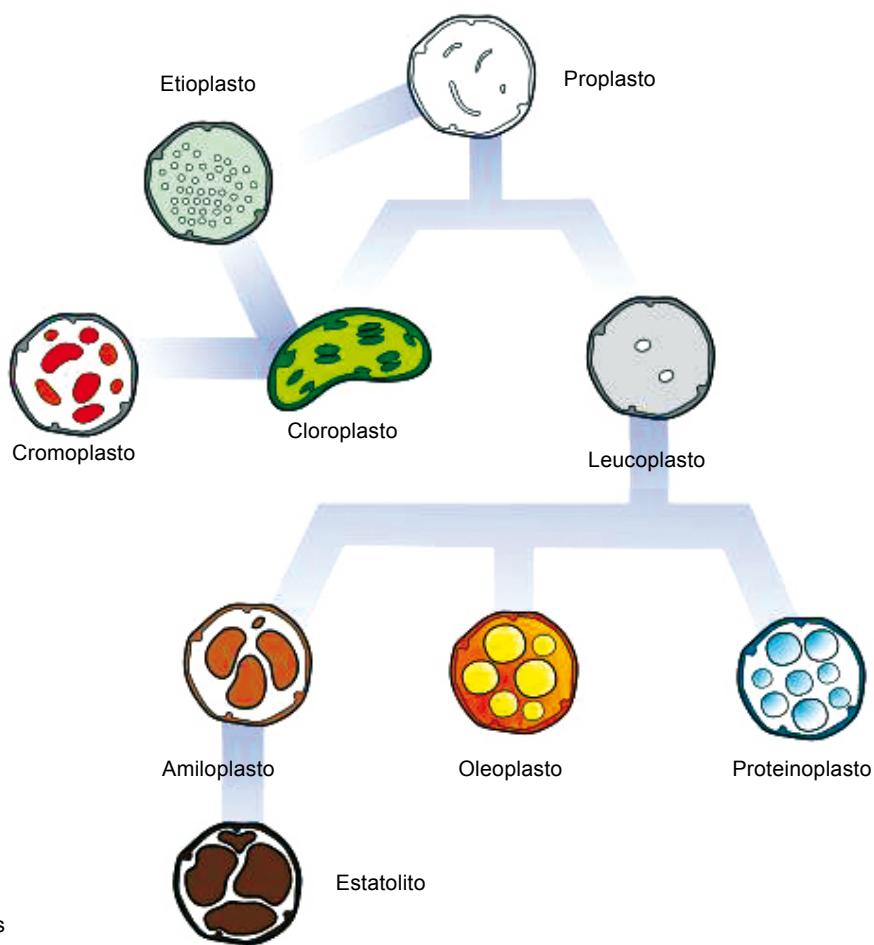
Possible destino de los productos de la fotosíntesis, los cuales son usados fundamentalmente en la respiración celular

### A CADA UNO SU COLOR: LOS PLÁSTIDOS Y SUS PIGMENTOS

Los plástidos o plastos son organelas celulares eucarióticas, su función principal es la producción y almacenamiento de importantes compuestos químicos usados por la célula. Pueden contener pigmentos utilizados en la fotosíntesis, aunque el mismo puede variar, y esto determina el color de la célula. Los más conocidos son los cloroplastos (presentes en células de plantas y algas).

Existen también los cromoplastos (plantas y algas), que sintetizan y almacenan pigmentos. Estos pigmentos son los que determinan el color rojo, anaranjado o amarillo de algunas frutas, hortalizas y flores. El color de los cromoplastos se debe a la presencia de carotenos, de color rojo y las xantofilas, de color amarillo. Por ejemplo, el tomate y las zanahoria contienen muchos pigmentos carotinoides. Otros plástidos como los leucoplastos y los amiloplastos tienen la función de reservar moléculas energéticas. En la siguiente tabla, se pueden ver los distintos pigmentos que se encuentran en los diferentes organismos y plastos.

Pigmentos fotosintéticos	
CLOROFILAS: Son los típicos pigmentos de coloración verde	
Clorofila a	Todas las plantas superiores y todas las algas
Clorofila b	Todas las plantas superiores y las algas verdes
Clorofila c	Diatomeas y algas pardas
Clorofila d	Algjas rojas
CAROTENOIDES	
b-caroteno	Plantas superiores y la mayoría de las algas
a-caroteno	La mayoría de las plantas y algunas algas
Luteína	Algjas verdes, algjas rojas y plantas superiores
Xantófila	Plantas superiores
Ficoxantina	Diatomeas y algas pardas
FICOBILINAS	
Ficoeritritinas	Algjas rojas y algunas algas azul-verdes
Ficocoaninas	Algjas azul-verdes y algunas algjas rojas

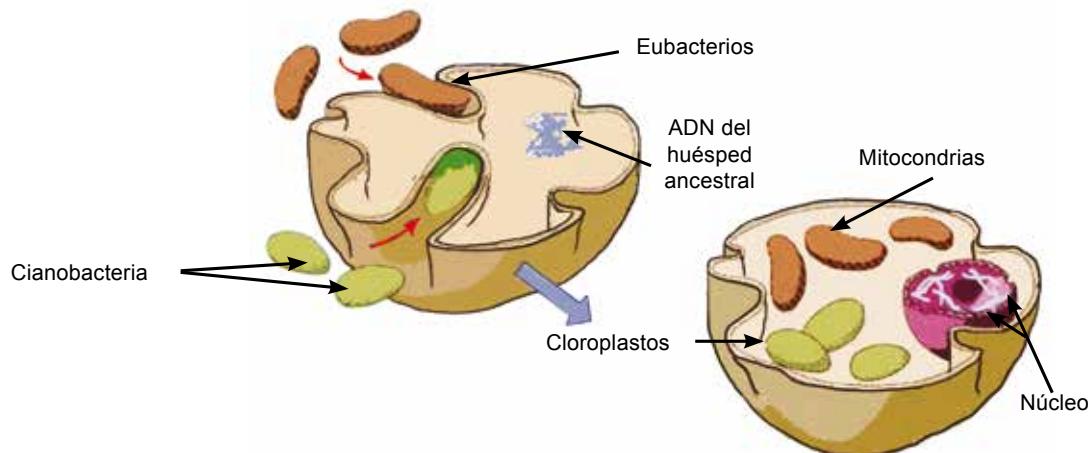


Tipos de plastos

### TENER O NO TENER PLÁSTIDOS: LA FOTOSÍNTESIS EN LAS CÉLULAS

#### Fotosíntesis y procesos evolutivos

Si deseamos entender los procesos y mecanismos que permitieron la aparición de la fotosíntesis en las células eucariotas se debe tener mucha imaginación. Primero debemos respondernos algunas preguntas, al igual que lo hicieron Margulis y Sagan (los investigadores que propusieron la teoría). ¿Es posible que dos organismos vivan tan íntimamente asociados que uno esté dentro del otro? ¿Puede, con el tiempo, este tipo de relaciones hacer que se diluyan los límites de ambos organismos? Para responder todas estas preguntas es necesario entender una de las formas de relación entre organismos de distintas especies: la simbiosis, que se define como la relación estrecha y persistente entre organismos de distintas especies. Lo que proponen Margulis y Sagan es que los cloroplastos y algunas otras organelas no son más que bacterias viviendo en el interior de otras células; y que la célula eucariota se formó por una combinación de endosimbiosis en serie, alojando así en el interior celular organismos que finalmente se transformaron en organelas. Así la fotosíntesis de los vegetales es decididamente un proceso que apareció con los procariotas y que luego fue heredado por completo al incorporarse una bacteria fotosintética al interior celular de manera permanente.



Principales pasos de la teoría de la endosimbiosis en serie de Margulis y Sagan

#### PROCARIOTAS

Hemos visto en detalle cómo hacen las células eucariotas para realizar la fotosíntesis pero, ¿qué pasa con las células procariotas? Estas carecen de compartimientos internos por la ausencia de organelas. Entonces, ¿cómo ordenan los compuestos que realizan la fotosíntesis? Tienen sus **pigmentos fotosintéticos** integrados en sistemas de membranas en el interior celular, que se forman a partir de la invaginación de la membrana plasmática en las algas rojas, en la propia membrana citoplasmática, en unas estructuras llamadas clorosomas (en las que se conocían como algas verdes azuladas) o en las denominadas laminillas fotosintéticas. Esto marca ya una tendencia, los sistemas y componentes responsables de la fotosíntesis en bacterias son muchos y diversos comparados con las eucariotas, a pesar de que algunos los consideren organismos mucho más simples.



Microfotografía de una bacteria autótrofa donde puede observarse las laminillas fotosintéticas

### Actividades



- 1) ¿Qué quiere decir la siguiente afirmación: “Energía solar y fotosíntesis: el comienzo de todo”?
- 2) Justifiquen por qué se podría decir que la economía mundial depende de la captación de la energía solar. Tengan en cuenta el petróleo, los alimentos y los biocombustibles.

## NADA FUNCIONA SIN COMBUSTIBLE: MATERIA Y RESPIRACIÓN CELULAR

Desde su aparición sobre la tierra, los organismos han tenido que ser capaces de realizar algunas funciones que los hace únicos, como por ejemplo reproducirse y evolucionar. Pero para que esas propiedades se lleven adelante, es necesario hacer algo fundamental: alimentarse y nutrirse. La pregunta hecha una y mil veces es ¿para qué debemos alimentarnos? La respuesta parece simple: para obtener energía. Sin embargo el paso de alimento a energía es complejo e implica las reacciones centrales del metabolismo, aquellas que dan sostén a casi todas las demás y mantienen a un organismo funcionando.

Todos los organismos realizan en el interior celular procesos por los cuales se degradan las moléculas de alimento para obtener energía. Estos procesos, que reciben el nombre de respiración celular, es un conjunto de reacciones exergónicas. La respiración celular es una combustión biológica y aunque puede compararse con la combustión de materiales inorgánicos, existen diferencias significativas. En común poseen que las moléculas son degradadas a moléculas más sencillas con la consiguiente liberación de energía. Por otro lado difieren en que en vez de ser un proceso sin control, la combustión biológica al ser mediada por enzimas hace que el alimento sea degradado de manera gradual y controlada. Por último, lo productos de ambas reacciones no son los mismos, la combustión solo deja calor y algo de luz. En el caso de la respiración celular también hay calor pero gran parte de la energía se usa para generar ATP.

**Para saber más**



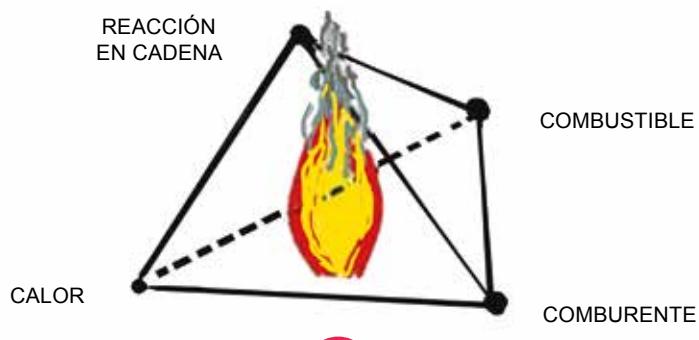
### Mitocondrias y procesos evolutivos

Para explicar la aparición de la mitocondria en el interior de las células eucariotas debemos volver sobre la teoría de Margulis y Sagan que vimos para los cloroplastos. Al igual que en el caso ya visto, proponen que las mitocondrias son bacterias aeróbicas viviendo en el interior de otras células, siendo este uno de los primeros pasos de la endosimbiosis en serie, que fueron alojando en el interior celular las organelas que hoy vemos en una célula eucariota. La incorporación temprana del ancestro mitocondrial sería la causa de que esté presente en todos los eucariotas.

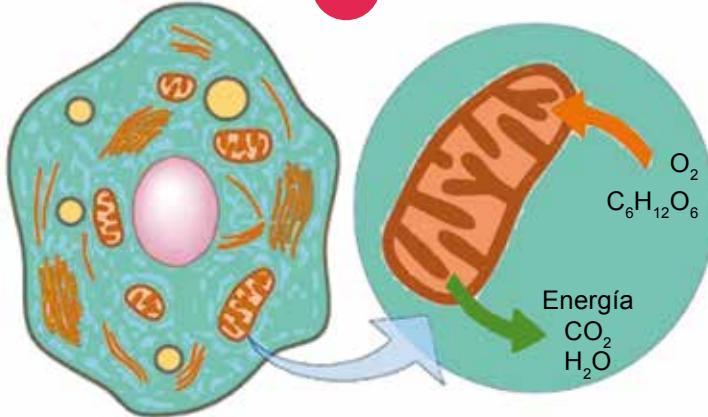
## Principales procesos de obtención y aprovechamiento de la energía química

Los organismos heterótrofos dependen exclusivamente de la obtención de alimento y la posterior respiración celular para llevar a cabo todas sus funciones. En el caso de los autótrofos, la materia orgánica es generada por ellos mismos, para luego ser utilizada como sustrato de la respiración. La obtención de energía a partir de la materia orgánica utiliza distintos sustratos y rutas que dependen de la presencia o no de oxígeno. Además, al igual que en caso de la fotosíntesis, todo el conjunto de reacciones que componen la respiración celular se realizan separadas espacial y temporalmente.

### COMBUSTIÓN INORGÁNICA



vs



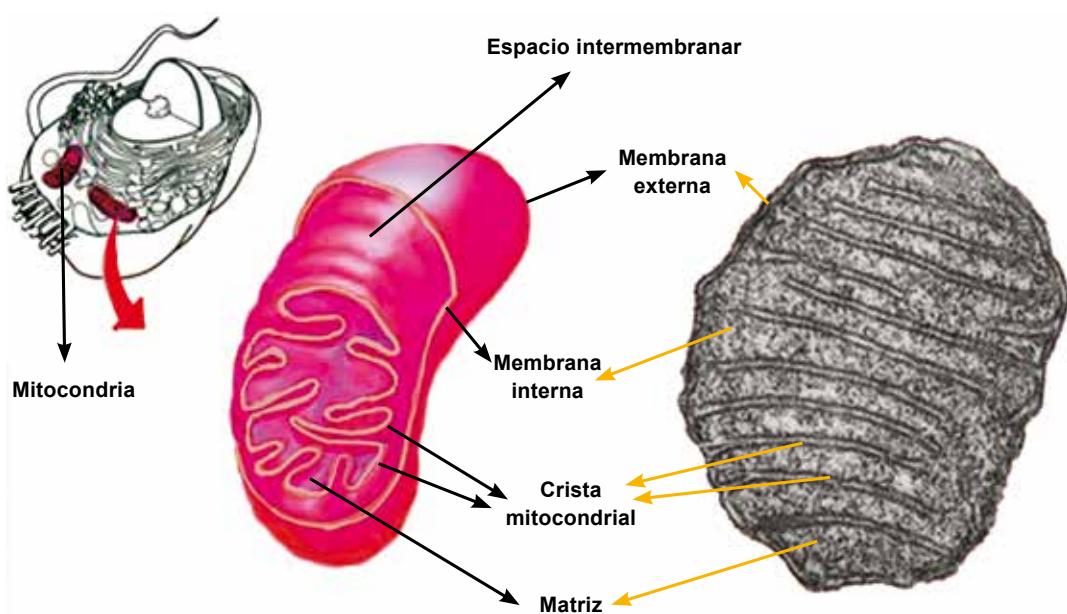
### COMBUSTIÓN BIOLÓGICA

Comparación entre la reacción de combustión de un material inorgánico y la combustión biológica de los seres vivos

**El túnel del tiempo**



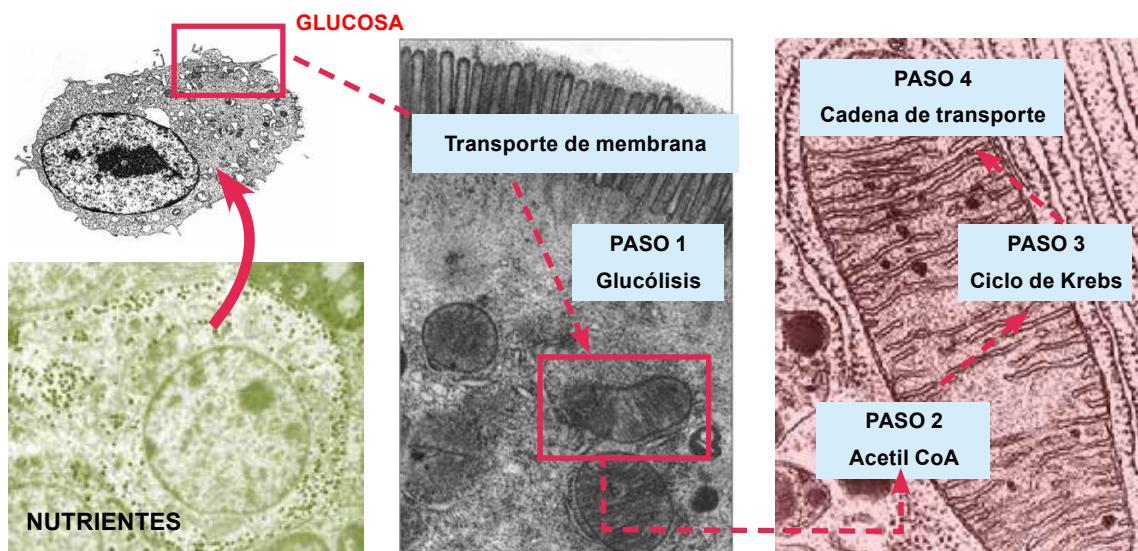
La mitocondria es la organela eucariota central en la respiración, y su estudio fue un realizado en varias etapas y por varias personas. Es por este motivo que a través de la historia ha sido llamada de varias formas diferentes, por ejemplo blefaroplasto, condrioconto, condriótitos, condrioplastos, condriosomas, condriosferas, gránulos fucsinofílicos, mitogel, cuerpos parabasales, vermiculas, sarcosomas, cuerpos intersticiales, entre otros. Finalmente el nombre mitocondria fue puesto por Carl Benda en 1889 al observar unos gránulos con gran brillo. En 1904 se confirma su presencia en vegetales y en 1913 Otto Warburg descubre la relación con las enzimas de la cadena respiratoria. Finalmente en 1948 Hogeboon, Schneider y Palade establecen definitivamente la mitocondria como el lugar donde se produce la respiración celular.



Esquema y microfotografía de una mitocondria y sus partes

### La central energética celular: mitocondrias y combustión

Para comprender la respiración celular es necesario que primero nos interioricemos acerca de dónde ocurre y en qué etapas se divide. Al igual que en el caso de la fotosíntesis vamos a comenzar por lo que ocurre dentro de los organismos eucariotas, en los cuales todos los procesos celulares están compartimentalizados por la presencia de organelas y la ubicación específica de las enzimas que intervienen. El resultado es un proceso complejo que está en principio preparado para la degradación de la glucosa como principal combustible celular. La respiración celular en los eucariotas consta de cuatro procesos y se realiza en el citoplasma celular y en la mitocondria.



Esquema de los respiración celular mostrando los pasos y sitios donde ocurre para el caso de la glucosa

¿Sabías que?...



De acuerdo a la capacidad de los organismos de vivir en presencia o ausencia de oxígeno se los separa en dos tipos: los aerobios o aeróbicos que pueden vivir o desarrollarse en presencia de este compuesto y los organismos anaerobios o anaeróbicos, que viven en medios carentes de oxígeno. En ambos casos pueden ser estrictos o facultativos. Los estrictos, necesitan si o si de la presencia o de la ausencia del oxígeno. Los facultativos, pueden vivir tanto con o sin oxígeno.

Las etapas son:

- 1) La degradación inicial de la molécula de glucosa en una ruta conocida como **glucólisis** y que se produce en el citoplasma de la célula.
- 2) Formación de una molécula de dos carbonos denominada **acetilcoenzima A** y CO<sub>2</sub> en el interior de la mitocondria.
- 3) Una secuencia de reacciones que forman un ciclo llamado del **Ácido Cítrico**, que ocurre en el interior de la mitocondria.
- 4) Un sistema de aceptores que **transporta los electrones** y protones extraídos en los tres procesos anteriores y que se usa para generar energía en forma de ATP en las membranas de la mitocondria.

Al igual que la fotosíntesis podemos plantear una ecuación general de la respiración:



Como hemos visto en capítulos anteriores, los organismos obtienen de los alimentos los nutrientes necesarios a partir de un complejo conjunto de reacciones por las cuales digieren, absorben, transportan y catabolizan los componentes de los mismos. Uno de los productos finales es la glucosa, azúcar de seis carbonos, que es uno de los principales sustratos para la respiración celular. Esta molécula ingresa a las células. Una vez en su interior, esta molécula empieza a sufrir una serie de transformaciones por parte de un grupo de enzimas, que dan como resultado dos moléculas de tres carbonos llamadas piruvato y dos ATP. Esta ruta es la que mencionamos como **glucólisis** y no es necesaria la presencia de oxígeno para que se lleve a cabo. La pueden realizar todo tipo de organismos, tanto aerobios como anaerobios.

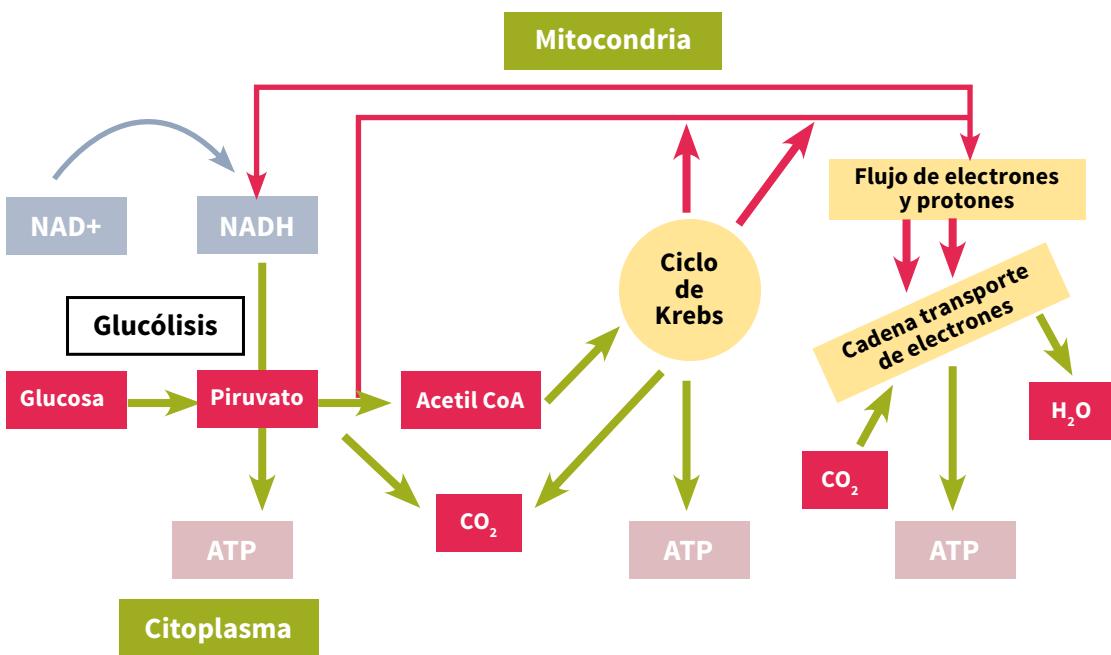
Las moléculas de **piruvato**, salen del citoplasma, atraviesan las membranas de las mitocondrias y luego de unas transformaciones, en la segunda ruta metabólica de la respiración y de la liberación de más CO<sub>2</sub> y protones, la molécula de glucosa original ha sido transformada por las enzimas en dos moléculas de dos carbonos, llamadas Acetilcoenzima A y dos moléculas de CO<sub>2</sub>.

### Vocabulario



#### • Coenzimas

Son compuestos que actúan junto a las enzimas durante las reacciones catalizadas por ellas. A diferencia de estas, no son proteicas y además sufren modificaciones durante la reacción. En el caso de la respiración las dos más importantes actúan aceptando y cediendo electrones. Muchas de las principales vitaminas necesarias para el normal funcionamiento del organismo son coenzimas.



Respiración celular aeróbica

Finalmente las moléculas de Acetilcoenzima A en el interior de la mitocondria ingresarán a una de las vías metabólicas centrales del metabolismo de los eucariotas, el Ciclo del Ácido Cítrico o de Krebs, la ruta final común de los azúcares, ácidos grasos y proteínas. En una larga secuencia de nueve reacciones que forman un ciclo (dado que el producto de la última reacción se usa como reactivo de la primera). El producto final son dos  $\text{CO}_2$  y ocho hidrógenos. Un hecho importante es que durante el ciclo se reducen, mediante la incorporación de hidrógenos cierta cantidad de coenzimas, conocidas como **NAD+** y **FAD**, que luego separa la obtención de energía (ATP).

### Vocabulario

- **FAD**

Es una coenzima que interviene como dador o aceptor de electrones y protones en reacciones metabólicas.

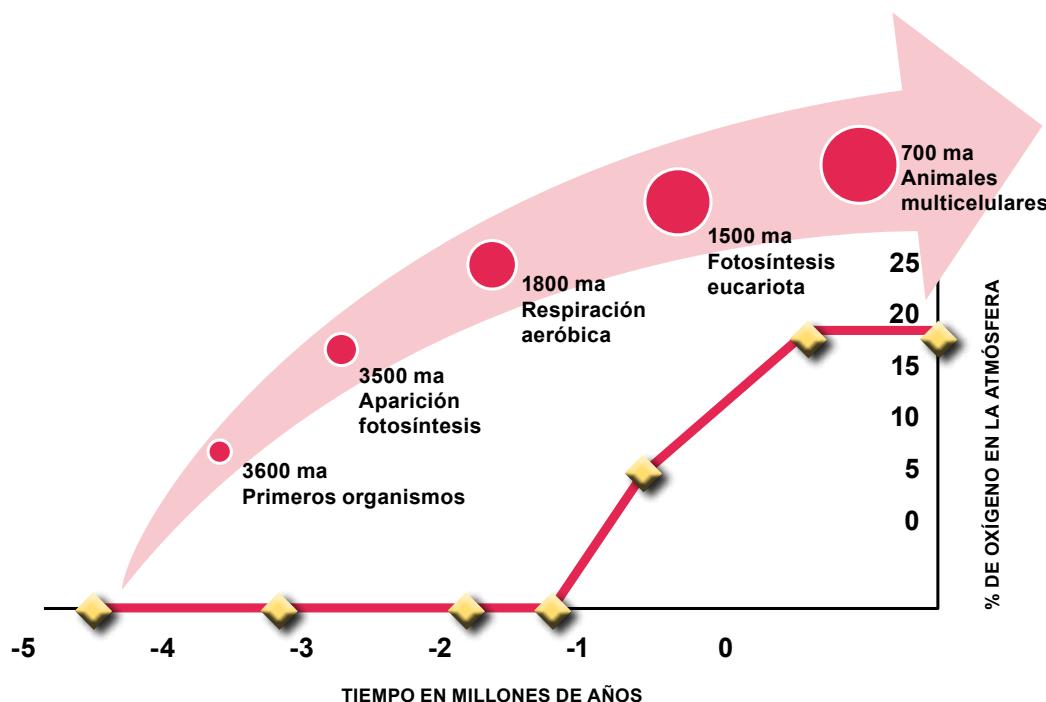
- **NAD**

- Es una coenzima cuya función principal es el intercambio de electrones e hidrogeniones en la producción de energía de todas las células.

### Para saber más

#### Oxígeno y evolución

Hemos escuchado muchas veces que los seres humanos podemos voluntaria o involuntariamente causar algunos cambios drásticos sobre el planeta que pueden tener consecuencias directas sobre los organismos que viven en el mismo. Pero pueden imaginarse que hace millones de años atrás hubo organismos capaces de modificar la historia natural de los organismos, de manera gradual pero continua introdujeron modificaciones en las condiciones ambientales que hicieron que algunas adaptaciones fueran más beneficiosas. El hecho más notorio fue la aparición de la fotosíntesis que hizo que el porcentaje del oxígeno en la atmósfera fuera creciendo hasta alcanzar valores importantes. En ese momento la respiración aeróbica se generalizó por ser más eficiente en la obtención de energía.



Línea de tiempo de algunos sucesos importantes de los seres vivos y los cambios en la concentración de oxígeno de la atmósfera

Ya hemos visto las tres primeras rutas que componen la respiración celular y podemos hacernos algunas preguntas: ¿Qué hace la célula con los hidrógenos que se generaron? Si se habla de un proceso aeróbico ¿cómo interviene el oxígeno? Las respuestas a estas preguntas están en un sistema que posee la membrana mitocondrial y que es la central energética de la célula, el sistema de transporte de electrones y la fosforilación asociada.

Primero, durante las tres etapas, los hidrógenos liberados fueron aceptados por las coenzimas  $\text{NAD}^+$  y  $\text{FAD}$ , las que se reducen al incorporarlos y transformarse en  $\text{NADH}$  y  $\text{FADH}_2$ , respectivamente. Pero ¿qué hace la célula con esos compuestos? Se produce la oxidación para dar nuevamente  $\text{NAD}^+$  y  $\text{FAD}^+$ , así los átomos de hidrógeno liberados (o electrones equivalentes) pasan a través de una cadena constituida por un conjunto de moléculas que transportan los electrones (denominados citocromos). Estos experimentan sucesivas oxidaciones y reducciones haciendo que pasen desde un alto nivel energético, descendiendo gradualmente hasta un nivel más bajo donde finalmente está el oxígeno (último acceptor de la cadena), dando como producto final el agua.

Sin la presencia de este acceptor final los electrones no fluyen por la cadena, por este motivo los eucariotas necesitamos respirar oxígeno del aire. Durante todo este proceso de transporte de electrones en las membranas mitocondriales se genera un **gradiente** de protones. Ese **gradiente** es utilizado para la generación de ATP que saldrá de la mitocondria hacia el interior celular para poder ser utilizado en innumerables procesos anabólicos. Así en condiciones de presencia de oxígeno, por cada molécula de glucosa se obtiene 36 ATP, siendo este la vía de mayor rendimiento en la producción de energía que poseen los organismos.

## QUEMANDO GRASAS Y PROTEÍNAS: OTRAS MOLÉCULAS PARA OBTENER ENERGÍA

Vimos hasta ahora como los organismos procesan los hidratos de carbono para finalmente oxidar la glucosa durante la respiración celular aeróbica, obteniendo así energía para los demás procesos. ¿Pero qué pasa con los demás tipos de nutrientes que ingresan con los alimentos? Tanto los lípidos como las proteínas, pueden ser utilizados como sustrato para la respiración celular, sin embargo, solo los azúcares realizan el ciclo completo que vimos en el apartado anterior.

¿Qué pasaría si los organismos no se alimentan directamente de hidratos de carbono? Para responder esta pregunta hay que ir al ciclo del ácido cítrico o de Krebs que, como ya mencionamos, ocupa un papel central en el metabolismo energético. La clave es que se pueden ingresar sustancias en cualquier punto del mismo y no solo en el principio de la ruta, por lo tanto las demás sustancias alimenticias son degradadas y convertidas en moléculas que son sustratos intermedios del ciclo. (Ver el gráfico del capítulo 4 “Respiración y nutrientes”.)

En el caso de las grasas, debemos tener presente que son el compuesto que más energía aportan por gramo: un ácido graso de seis carbonos rinde 44 moléculas de ATP. Algunos compuestos que integran las moléculas de ácidos grasos pueden ser transformados en el sustrato para la glucólisis. Esto lo hacen mediante un proceso llamado  $\alpha$ -oxidación, el cual tiene como producto un compuesto de dos carbonos que ingresa al Ciclo de Krebs.

En el caso de las proteínas, estas se degradan a aminoácidos, quedando el esqueleto de carbono restante que es transformado en una molécula de dos carbonos, que al igual que el resto, ingresa en el ciclo de Krebs.

## NO TODO ES RESPIRAR: PROCESOS ALTERNATIVOS DE CATÁLISIS Y SÍNTESIS

### Las primitivas formas de obtener energía: respiración procariota

Todo lo visto hasta ahora está relacionado con la forma en que los eucariotas realizan la respiración celular aeróbica. Sin embargo hay que tener presente dos cuestiones importantes: ¿cómo realizarán los procariotas este tipo de procesos? y ¿qué pasaba cuando en la atmósfera no existía oxígeno en una concentración importante, como hace unos miles de millones de años atrás? Además también es necesario pensar qué ocurre con los eucariotas cuando no hay oxígeno presente. Recordemos que el ciclo del ácido cítrico y el transporte de electrones con la consiguiente generación de ATP, solo se realizan ante la presencia de oxígeno.

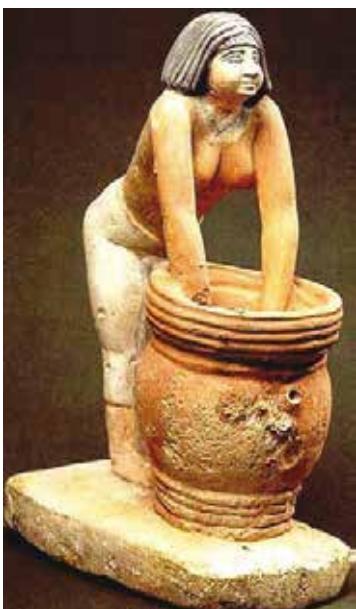
Si bien los procariotas son mal considerados muchas veces como organismos simples o sencillos, cuando analizamos lo que ocurre con la respiración en ellos, veremos que poseen una gran diversidad de rutas metabólicas y estrategias para conseguir energía. Básicamente pueden llevar a cabo una respiración donde el acceptor final no es el oxígeno, denominada **respiración anaeróbica**. Claro que también pueden utilizar oxígeno.

## Principales procesos de obtención y aprovechamiento de la energía química

El panorama es tan complejo en este tipo de organismos, que solo mencionaremos algunos ejemplos, dado que el tratamiento exhaustivo del tema escapa al alcance de este libro. Sin embargo podemos mencionar algunas ecuaciones generales:

### ¿Sabías que?...

Los seres humanos empleamos la fermentación alcohólica desde hace mucho tiempo para la elaboración de cerveza y del vino. Ya los griegos le atribuían el descubrimiento de la fermentación al dios Dionisio. Algunos procesos similares como el de la destilación alcohólica surgen en el año 1150 con Arnau de Vilanova y fue un elemento más en el desarrollo histórico de la alquimia durante la Edad Media.



Algunas representaciones en la antiguas culturas ya muestran la utilización de la fermentación para la producción de bebidas alcohólicas

Bacterias reductoras del sulfato

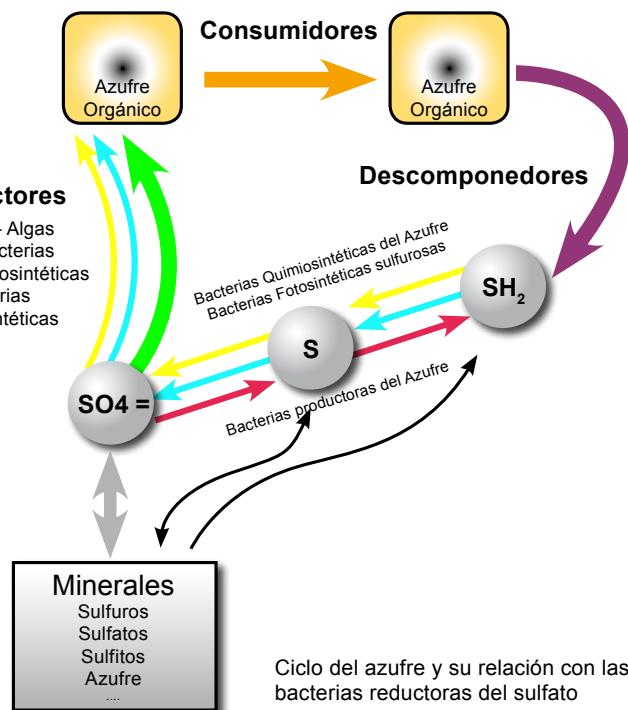


Arquibacterias productoras de metano



Esta es una forma alternativa de obtención de energía, pero como guarda cierta analogía con la respiración aeróbica se le describe con el mismo término. Sin embargo en estos organismos en vez del oxígeno se utilizan entre otros aceptores el nitrato, el hierro, el sulfato y el carbonato, todas estas rutas liberan menos energía que la aeróbica.

A medida que el oxígeno fue aumentando su concentración en la atmósfera debido a los fotosintetizadores, fue utilizado en los procesos de respiración aeróbica dado que tiene un mayor poder para oxidar los compuestos presentes en los alimentos. Por ese motivo es la vía más importante, incluso la que utilizan la mayoría de los eucariotas. La pregunta es por qué perdura la respiración anaeróbica en algunos procariotas. La respuesta es ecológica: se debe a que la realizan bacterias que viven en ambientes carentes de oxígeno.



Ciclo del azufre y su relación con las bacterias reductoras del sulfato

Lo último que queda por ver dentro de las procariotas es dónde realizan sus procesos de respiración. En el caso de las bacterias, las rutas ocurren en el citoplasma y en la membrana plasmática, lugar donde se ubican las enzimas que componen las cadenas transportadoras de electrones y la maquinaria que produce ATP.

## CUANDO EL OXÍGENO NO ESTABA: LA FERMENTACIÓN

Existe otro conjunto de vías metabólicas usadas por las bacterias y también por los eucariotas que se conocen como **fermentaciones** (que también tienen un importante uso industrial). Poseen en común que se realizan sin utilización de oxígeno y son de uso habitual en la producción de algunos de los insumos domésticos más comunes. Estos procesos también producen ATP pero en una cantidad mucho menor y además muchas veces los productos de las mismas son nocivos para la célula.

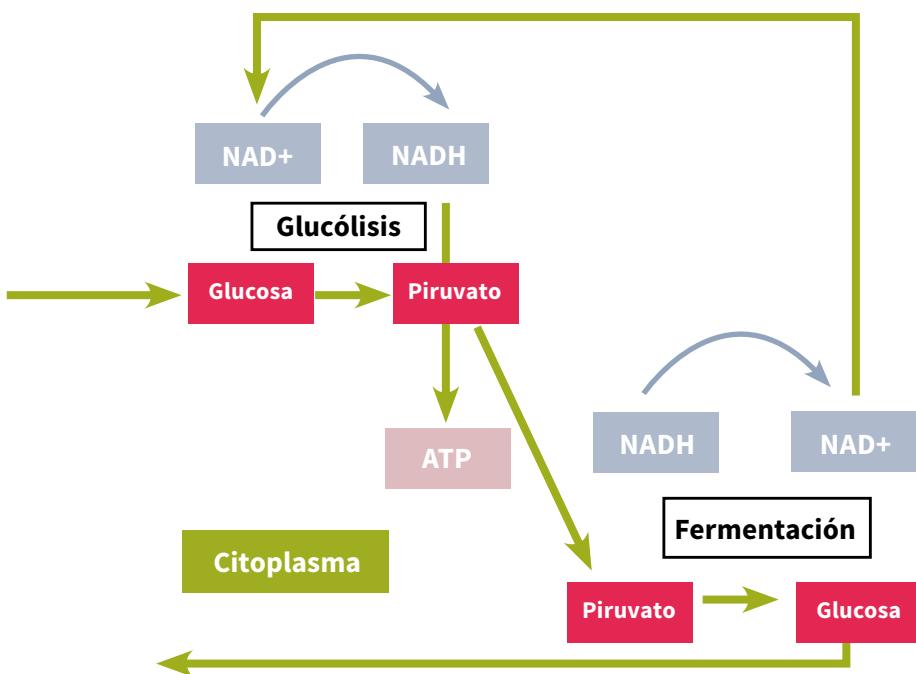
Algunos grupos de bacterias ante la ausencia de oxígeno solo pueden sobrevivir mediante procesos de fermentación. Algunas lo hacen de manera estricta y otro de forma

### Actividad

Comparen el tratamiento de este tema en el capítulo 1 y en el capítulo 6 para apreciar diferentes dimensiones de un mismo proceso.

### ¿Sabías que?...

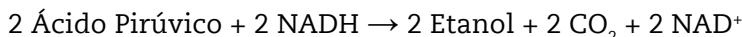
Existen bacterias llamadas desnitrificantes porque utilizan nitrato en lugar del oxígeno. Además de la respiración anaeróbica, pueden realizar, en presencia de oxígeno, la respiración aeróbica. Se denominan aeróbicos facultativos.



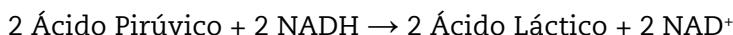
Ruta de la fermentación láctica

facultativa, pudiendo usar oxígeno si está presente. La fermentación es básicamente una ruta metabólica donde la degradación, especialmente de los azúcares, es incompleta, dado como resultado moléculas de tres o cuatro carbonos. Dos de las principales fermentaciones poseen las siguientes ecuaciones resumidas:

### Fermentación alcohólica



### Fermentación láctica



Algunas bacterias también realizan una fermentación que da como resultado la producción de lactato; otras producen por ejemplo alcoholes. En conjunto, según el producto final, se conocen los siguientes tipos: fermentación acética, fermentación alcohólica, fermentación butírica y fermentación láctica.

## PRODUCCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA: QUIMIOSÍNTESIS

Hasta ahora los procesos que hemos visto son la respiración aeróbica, la respiración anaeróbica y las fermentaciones. Tienen algo en común: se produce ATP a partir de la catabolización de compuestos orgánicos. Sin embargo existen organismos que viven en medios donde este tipo de compuesto está ausente y por lo tanto no pueden usar estas vías metabólicas para generar energía. Son un tipo de bacterias que utilizan compuestos inorgánicos para sintetizar ATP y se denominan quimioautótrofos. Este proceso que realizan está relacionado en cierta medida con la fotosíntesis, dado que en ambos se fija  $\text{CO}_2$  para producir otro compuesto y además también se realiza en dos fases. La ecuación de la quimiosíntesis, en las bacterias que usan como molécula oxidable el sulfuro de hidrógeno es la siguiente:



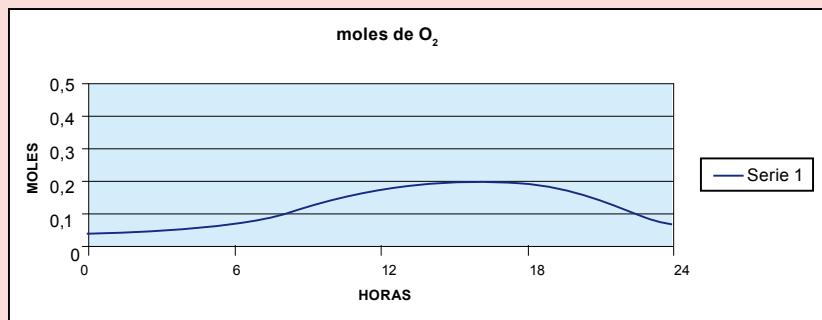
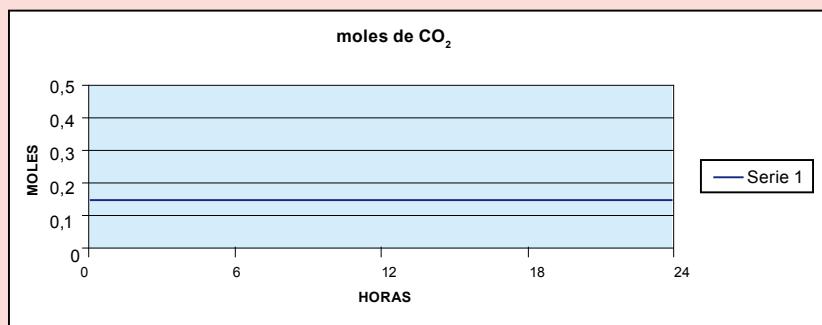
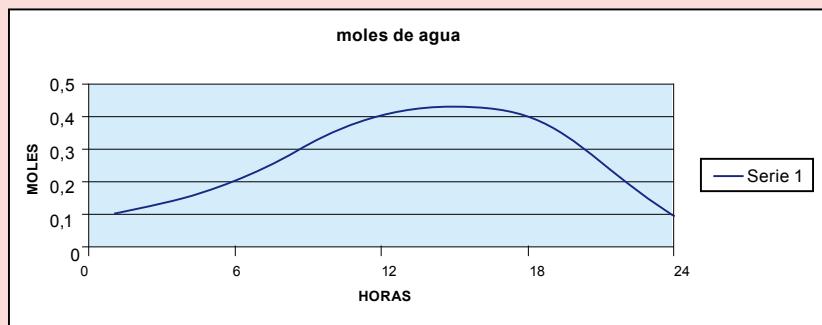
Uno de los últimos grandes descubrimientos de la ciencia del mar son las bacterias gigantes del sulfato de los fondos marinos que representan un gran porcentaje de la biomasa de los mismos

Gran parte de las bacterias que habitan en el fondo de los océanos usan la quimiosíntesis para producir energía ante la ausencia de la luz solar. Así estas bacterias son la fuente básica de alimentación para el resto de organismos del suelo oceánico, proporcionando uno de los pocos ejemplos donde los productores fotosintéticos no son el comienzo de la cadena trófica de un ecosistema.

## Actividades



- 1) Los agrónomos sostienen que los vegetales en cultivo utilizan menos del 1% de la luz solar que incide sobre ellos. Desde el proceso fotosintético que hemos estudiado, ¿qué dirían ustedes sobre esta afirmación?
- 2) En base a la respuesta del punto anterior, ¿responderían igual si pensáramos en una zona de monte como por ejemplo la del centro de nuestro país? Revisen la respuesta del punto 1 desde este otro sistema.
- 3) Diseñen un modelo tridimensional basado en las muñecas rusas o las cajas chinas que represente a la hoja, sus tejidos y sus células. Deben reconocerse la epidermis, los estomas, el mesófilo, la célula, el cloroplasto y el tilacoide.
- 4) Diseñen un modelo bidimensional que represente la diversidad fotosintética en células procariontes.
- 5) Los gráficos que figuran a continuación representan la actividad metabólica de una población vegetal bajo estudio, durante 24 horas. Indiquen a qué procesos metabólicos representan cada uno y completen el epígrafe de cada gráfico.



- 6) En el capítulo 2 realizaron un ejercicio sobre frecuencia cardio-respiratoria. Retomen las conclusiones de ese ejercicio. Si la situación hubiese sido otra y el grupo bajo estudio hubiera sido sobre exigido y no hubiera tenido buena capacidad respiratoria, ¿qué creen que hubiera ocurrido a nivel tisular?
- 7) ¿Qué pasaría con la actividad física de un gato si sus células musculares tuvieran insuficiente número de mitocondrias? Elaboren y escriban una hipótesis que responda a esta pregunta.
- 8) Si un compañero afirmara: "Las plantas hacen fotosíntesis en cambio los animales respiran". ¿Cuáles son las correcciones que tendrían que hacer sobre este enunciado?
- 9) El docente adelantó un modelo de evaluación semejante al del examen de la semana entrante. Justifiquen la opción correcta tanto como la incorrecta.
- a) La diferencia entre glucólisis y la fosforilación oxidativa es que:
- ocurren en distinto lugar de la célula.
  - ambos producen ATP.
  - una consume oxígeno la otra no.
  - una es una reacción anabólica y la otra catabólica.
- b) La respiración celular aeróbica es un proceso:
- endergónico anabólico que produce ATP.
  - exergónico anabólico que consume ATP.
  - exergónico catabólico que produce ATP.
  - Ninguna de las afirmaciones anteriores es correcta.
- c) La función potencial reductor es :
- oxidarse y reducirse.
  - transportar oxígeno y agua.
  - transportar electrones y protones.
  - Ninguna de las afirmaciones anteriores es correcta.

*¿Vamos al laboratorio?*



### Receta del yogur

- 1) Consideremos la receta tradicional del yogur.
- Hervir un litro de leche.
  - Dejar entibiar tapado con un repasador.
  - Agregar un yogur común con o sin sabor y mezclar bien con cuchara de madera.
  - Colocar en un recipiente plástico, tapar y cubrir con un paño de lana.
  - Dejar toda una noche sobre un estante o la heladera.
  - Saborizar.
  - Reservar una porción para usar la próxima vez.
- 2) Justifiquen cuáles serían las consecuencias de realizar estos cambios en la receta:
- a) Para ganar tiempo no esperar que se entibie la leche.
  - b) Olvidar de agregar el yogur.
  - c) Usar cuchara y recipiente de metal y no cubrir con el paño de lana.
  - d) Colocar adentro de la heladera y no sobre ella.
- 3) ¿Cuál es el proceso metabólico que se desarrolla?

# CAPÍTULO

# 6

## *Energía y materia en los ecosistemas*



Como vimos en capítulos anteriores, la energía y la materia fluyen en el interior de las células, en el interior de los organismos, pero también fluyen entre ellos y fuera de ellos.

Parte de la energía procedente del sol es captada por los organismos fotosintéticos; estos, a su vez, les brindan la energía y la materia a los herbívoros y ellos, a los carnívoros. Así se forman complejas redes en las cuales interactúan los organismos.

*El túnel del tiempo*

La ecología no es una ciencia nueva, los pueblos del pasado conocían muy bien las relaciones de los organismos con su ambiente y las aplicaban. También comprendían muy bien la relación de los humanos con su medio, pero recién en el año 1869 se introduce el término ecología al mundo científico.

**LOS ECOSISTEMAS**

Bosque de Coihues en Bariloche

Los organismos pueden clasificarse según sus niveles de complejidad. Las células se asocian para formar tejidos, los tejidos interactúan entre sí, conforman a los órganos, y estos a su vez forman los sistemas de órganos. Pero existen también niveles de organización por fuera de los individuos.

Si observamos por ejemplo a los lobos, veremos que son depredadores que cazan en grupo y los que integran esta población interactúan para la reproducción, la crianza, etc. Por lo tanto, podemos definir

como **población** al grupo de organismos de la misma especie que interactúan entre sí y comparten un lugar y un tiempo determinado.

Las poblaciones no están aisladas, sino que se relacionan entre ellas: los herbívoros se alimentan de los organismos fotosintéticos y a la vez constituyen el alimento de los carnívoros. Así a las poblaciones que interactúan y comparten un lugar y tiempo determinado, se las denomina **comunidades**.

Las comunidades tampoco están aisladas: toman su energía del sol, se relacionan con el suelo, interactúan con el clima, etc. La comunidad y el ambiente físico que la rodea constituyen los **ecosistemas**.

**Actividades**

- 1) Luego de releer el texto sobre los ecosistemas, separen las definiciones de población, comunidad y ecosistema, e investiguen:
  - a) ¿Cuál es la unidad de una población?
  - b) ¿Qué nivel de organización es superior al ecosistema?
- 2) Retomen el gráfico del primer capítulo sobre niveles de organización. Diferencien los que pertenecen a la ecología y expliquen su relación, tanto con la ecosfera como con los organismos.

## TODO CAMBIA PARA QUE NADA CAMBIE

Para que un sistema permanezca estable necesita el intercambio constante de materia y energía con el medio. Esto es válido para una célula individual, un organismo pluricelular o un ecosistema. A la idea del intercambio constante para mantener la estabilidad de un sistema se la denominó **estabilidad dinámica**.

Dos amigos acampan un fin de semana en un bosque. En el lugar no solo hay árboles, sino también un arroyo, un suave césped para sentarse. Cerca de donde están sentados puede verse una hilera de hormigas que cargan con las sobras de comida que habían dejado allí un grupo de niños.

Diez años después, los dos amigos deciden repetir la experiencia en el mismo lugar. El paisaje es muy similar al de la primera vez, de hecho, para uno de los dos amigos, nada cambió; pero el otro nota que nada está igual, todo es distinto: si bien hay hormigas en hilera cargando con sobras de comida, no son las mismas hormigas, probablemente sean las descendientes de las hormigas de hace diez años. Si bien los árboles siguen estando, las hojas que habían visto por primera vez ya se cayeron y se renovaron no una vez, sino una vez por año durante estos diez años que han pasado. El césped donde están sentados tampoco es el mismo. En definitiva, todo parece igual pero todo es distinto. Es así que un ecosistema permanece en estabilidad dinámica, y para esto se requieren, al menos, dos condiciones: en primer lugar, de un aporte de energía –del sol, por ejemplo–; y en segundo lugar, de un reciclaje de la materia.

De todo esto nos surgen algunas preguntas. ¿Todos los ecosistemas son estables? ¿De qué manera permanecen así? Las respuestas las encontraremos a lo largo de este capítulo.



Fuente hidrotermal submarina en la Fosa de las Marianas

### ¿Sabías que...?

Aunque no son los más comunes, algunos ecosistemas no obtienen su energía principal del sol. Si tomamos como ejemplo las profundidades marinas donde no llega la luz solar, este ecosistema se sustenta por el aporte de materia orgánica procedente de la superficie. Otros ecosistemas se sustentan con el aporte de energía de fuentes hidrotermales.

## LA ENERGÍA NO SE CREA NI SE DESTRUYE, FLUYE

Con excepción de algunos pocos ecosistemas, la fuente principal de energía para todos ellos es el sol, que alcanza la superficie terrestre. De esa energía, solo un porcentaje minúsculo es aprovechado por los organismos fotosintéticos para formar carbohidratos. Así la energía comienza a fluir entre los distintos componentes del ecosistema transformándose constantemente.

El pasaje de energía entre los organismos se da cuando una presa es comida por un predador, es decir, a lo largo de una **cadena alimentaria**; pero si lo analizamos desde un punto de vista termodinámico podemos pensar que la energía contenida en la “presa” se transfiere, al menos en parte, al “predador”.

### Vocabulario



#### • Red trófica

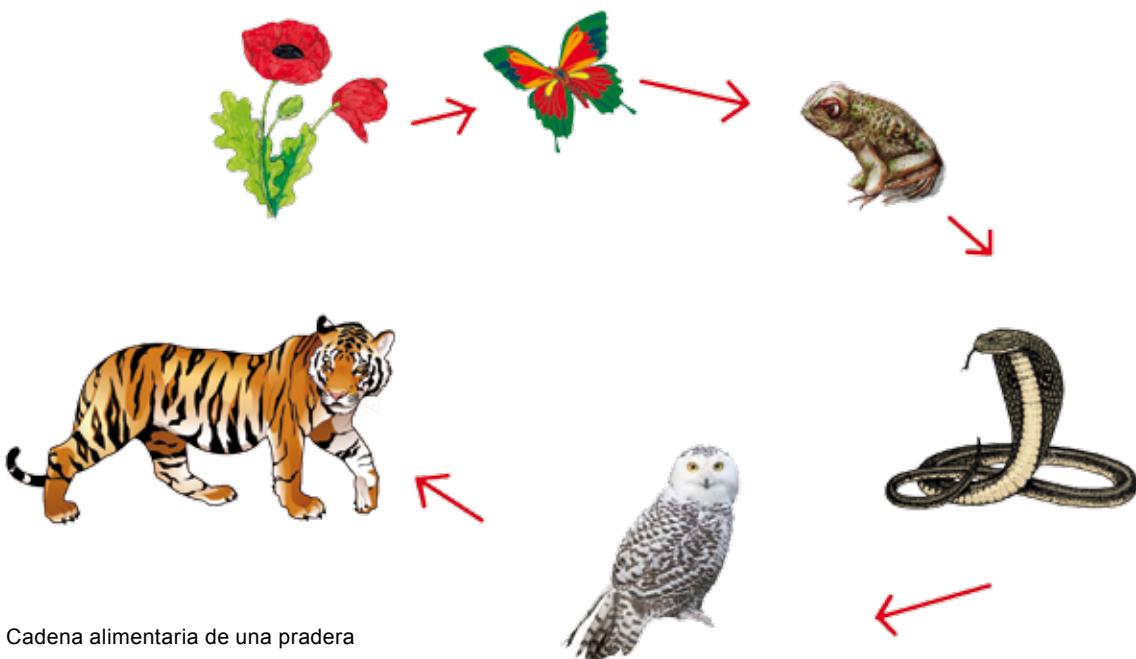
Conjunto de cadenas alimentarias de un ecosistema, interconectadas entre sí mediante relaciones de alimentación. Tanto las plantas como los herbívoros y los carnívoros forman parte de la red trófica.

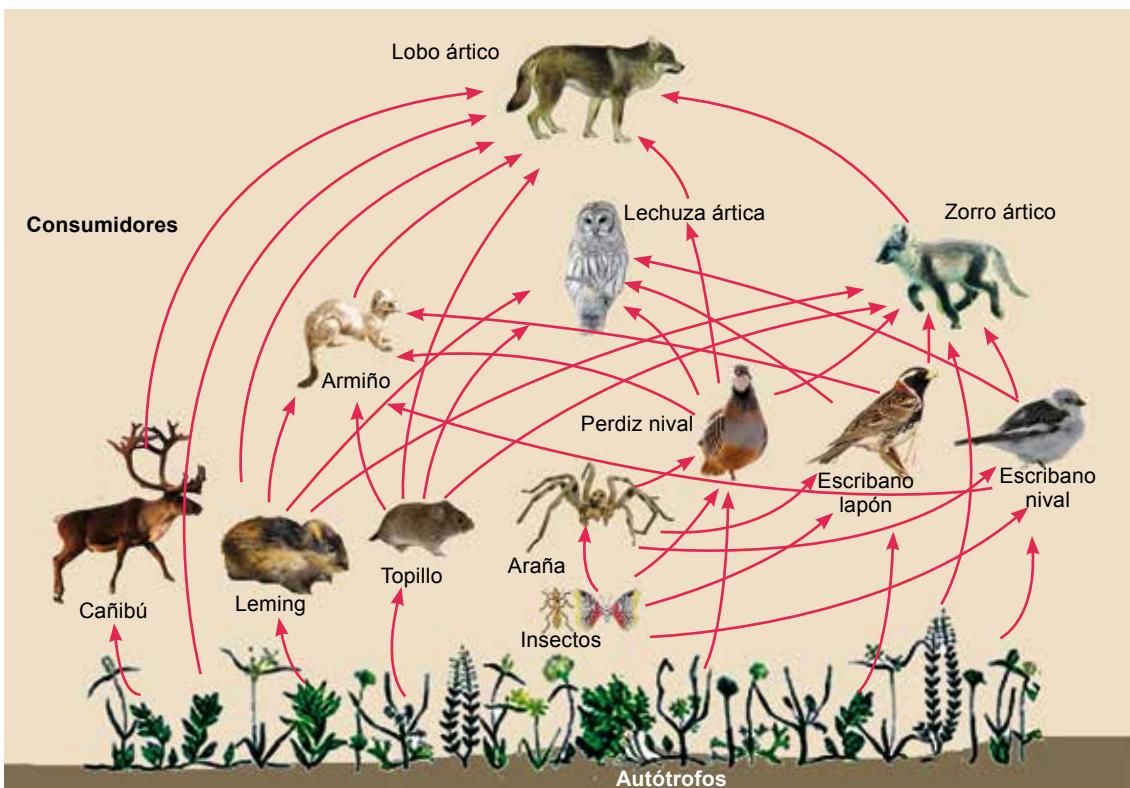
El siguiente gráfico de una cadena alimentaria representa, en forma muy simple, cómo la energía fluye entre los distintos componentes de una comunidad. Las flechas representan el pasaje de materia y energía desde un nivel trófico a otro de la comunidad.

Las cadenas alimentarias se utilizan para representar comunidades relativamente simples, compuestas por pocas especies y con relaciones poco complejas.

Una cadena alimentaria en la cual la energía fluye en una única dirección y en forma lineal no es lo más común en los ecosistemas; en realidad, las **redes tróficas**

que se conforman son bastante más complejas, así como lo son también las relaciones entre quienes forman parte de ellas y los flujos de energía circulantes.





Red trófica ártica

## MODELOS QUE REPRESENTAN LA REALIDAD

Tanto las cadenas como las redes son representaciones muy simples de la realidad, una herramienta que nos permite analizar los flujos de materia y energía en una comunidad o ecosistema. En estas representaciones, las flechas simbolizan el pasaje de energía y materia desde un **nivel trófico** de la comunidad al siguiente. Analicemos el gráfico de la cadena alimentaria de la pradera.

Lo que vemos representado es que, en esa comunidad, la materia y energía de los productores se transfiere a las poblaciones de insectos; el sapo del gráfico, en realidad, representa la población de sapos en esta comunidad, que se alimentan de los insectos y que a su vez son el alimento de las serpientes. Las puntas de las flechas simbolizan hacia dónde fluyen tanto la energía como la materia entre las distintas poblaciones de una comunidad.

El gráfico de la red trófica ártica, por su parte, muestra relaciones más complejas entre las poblaciones. Las flechas, al igual que en la cadena, simbolizan la transferencia de materia y energía.

En esta red podemos distinguir poblaciones de omnívoros que se alimentan tanto de los productores como de los consumidores. Los flujos son, por supuesto, mucho más complejos. La forma en que se transfiere la energía entre las poblaciones adopta distintas direcciones. Las redes siguen siendo simplificaciones y representaciones de la realidad, que, por cierto, es infinitamente más compleja que un gráfico.

## Actividad



Tomen como base el esquema del ártico que seleccionamos y expresen en frases cortas las relaciones tróficas que establecen un escribano y un armiño. ¿Qué cadenas se verían afectadas si un tóxico eliminara a la lechuza ártica de este ecosistema?

## Vocabulario



## ● Niveles tróficos

El nivel trófico de un organismo es su posición dentro de la cadena alimentaria.

## ¿Sabías que?...



Solo los ecosistemas más productivos del planeta poseen consumidores del quinto orden. Esto se debe a la gran pérdida de energía que existe entre cada nivel.

## Niveles tróficos

Los organismos de una comunidad se clasifican en los distintos **niveles tróficos** según la fuente desde la cual obtienen su energía.

Los organismos **autótrofos**, tales como las plantas, algas y otros organismos fotosintéticos, obtienen su energía directamente de la luz solar, son los **productores**. Si pesáramos a todos los seres vivos del planeta, constituirían alrededor del 99% de la masa total. El siguiente nivel trófico está ocupado por los **consumidores primarios**, que son los que se alimentan, de una forma u otra, de los productores. Son aquellos a los que denominamos herbívoros. Estos, a su vez, sirven de alimento a los carnívoros o **consumidores secundarios**, y ellos a los consumidores terciarios. Algunas redes tróficas tienen, incluso, niveles mayores al terciario, como por ejemplo las costas marinas o las selvas. Todos los desechos producidos por los niveles anteriores contienen cantidades importantes de energía que es utilizada por los **descomponedores**: hongos, bacterias y otros

organismos que, al transformar materia orgánica en inorgánica, aportan los nutrientes que utilizan los productores y así cierran un ciclo para la materia.

## Otro punto de vista

Desde un punto de vista termodinámico, gran parte de la energía del sol liberada en todos los niveles tróficos se disipa; pero otra parte es capturada por los productores, que la utilizan para crecer, formar estructuras, reproducirse y otras actividades metabólicas, al mismo tiempo que toman los nutrientes y forman moléculas biológicas.

Parte de la energía y de la materia de los productores pasa a los consumidores primarios, que también la utilizan para sus procesos metabólicos, y una fracción de ella pasa a los consumidores secundarios. De esta manera, la energía y la materia fluyen por el ecosistema.

La materia se recicla, principalmente, por la acción de los descomponedores. Pero el destino de la energía en el ecosistema es otro.

## ¿HACIA DÓNDE VA LA ENERGÍA?

La energía total de los productores de una comunidad es notablemente mayor a la energía de los consumidores primarios; y a su vez, esta es mayor que la de los consumidores secundarios. A medida que la energía fluye entre los niveles tróficos, va disminuyendo.

La termodinámica nos demostró que la energía no se crea ni se destruye, solo fluye, se transforma; pero el análisis de los niveles tróficos nos demuestra aparentemente lo contrario... entonces ¿hacia dónde va la energía?

La respuesta está en el mismo ecosistema. En realidad, la energía se consume en los **procesos metabólicos** que cada nivel trófico lleva a cabo. Por ejemplo, un conejo utiliza la energía proveniente de los productores en crecer, moverse, reproducirse, cuidar a las crías y muchísimos procesos más. En definitiva, en cada uno de ellos se pierde un poco de energía en forma de **calor**, y este no es una forma de energía aprovechable para el ecosistema. Esto significa que la energía no se pierde, sino que se transforma en una forma no aprovechable.

### Las pirámides

En algunas investigaciones realizadas por ecólogos se determinó que aproximadamente el 20% de la energía de un nivel trófico pasa al siguiente, el 80% restante se disipa en forma de calor. Al igual que las redes tróficas, se utilizan modelos para representar, en forma gráfica, la energía de cada nivel. Estas representaciones de la realidad se denominan pirámides.

Una de las pirámides utilizadas es la **pirámide de números**, en la cual se representa la cantidad de individuos de cada nivel trófico en un intervalo de tiempo determinado. Por lo general, el número de productores es mucho mayor que el de consumidores primarios y este, a su vez, es mayor que el de los secundarios.

Otra pirámide utilizada es la **pirámide de biomasa**. Biomasa es un término utilizado por los ecólogos para medir el **peso seco** de todos los organismos de un nivel trófico en un momento dado de la comunidad, y da una idea de la cantidad de energía de cada nivel.

### Vocabulario

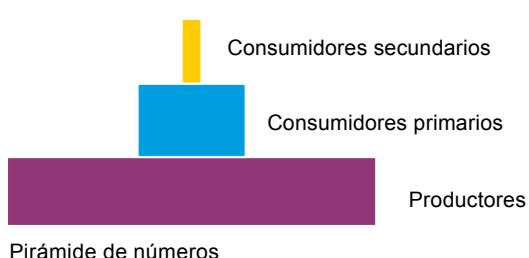


#### •Biomasa

Se considera por biomasa a todo el conjunto de elementos vivos que componen un espacio geográfico y que actúan en combinación de muchas maneras diversas afectándolo tanto positiva como negativamente. La biomasa es la sección del planeta que está habitada por seres vivos de manera permanente, a diferencia de lo que sucede con la sección subterránea y con la sección atmosférica, ninguna de las cuales presenta condiciones aptas para la vida permanente y estable de los seres vivos.

#### •El peso seco

La biomasa está relacionada con el peso total de los organismos que se desea medir pero el agua representa entre el 50% y el 90% de los organismos vivos. Por eso para hacer las mediciones más exactas, se deben secar primero los materiales antes de pesarlos. Así la masa que se mida corresponderá a la cantidad de biomoléculas y el porcentaje de agua de los organismos no influirá en el peso.

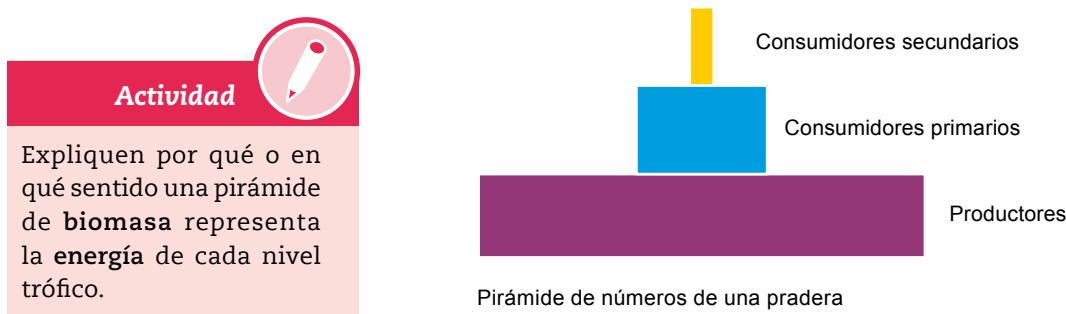


La **pirámide de energía** refleja la pérdida de energía progresiva de un nivel trófico y otro. Es la que mejor refleja la realidad energética de la comunidad.

### **¿Las pirámides representan la realidad?**

Sabemos ya que gran cantidad de la energía de cada nivel trófico se disipa en forma de calor y solo una parte de ella pasa al siguiente nivel.

En una pradera, donde la mayoría de los productores son gramíneas (pastos) de tamaño pequeño y muy numerosas, la pirámide de números representa con relativa eficacia la realidad energética de la comunidad.

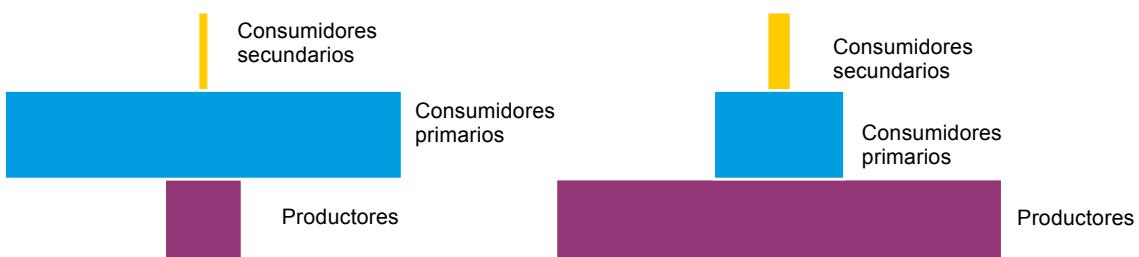


En un bosque templado, donde los productores son enormes árboles que, por su tamaño, sirven de alimento para un número elevado de consumidores primarios, la pirámide de números refleja mayor cantidad de consumidores primarios que de productores; en cambio, la pirámide de biomasa se ajusta más a la realidad termodinámica de la comunidad:



El gráfico de la izquierda representa una pirámide de números de un bosque templado; el de la derecha, es una pirámide de biomasa del mismo bosque.

En los océanos, los productores son pequeñas algas que se reproducen rápidamente, de tal manera que, aunque sean alimento de los consumidores primarios, siempre existen algas que se acaban de formar. Así producen una curiosa pirámide que refleja una biomasa pequeña de productores en constante división que sustenta una mayor biomasa de consumidores; en cambio, en la pirámide de energía del mismo ecosistema se refleja que los productores, aunque poseen una biomasa pobre, poseen una elevada cantidad de energía.



El gráfico de la izquierda representa una pirámide de biomasa del océano; el de la derecha es una pirámide de energía del mismo ecosistema

## Producción

Ecología y economía son dos términos que no solo se asemejan porque inician con el mismo prefijo (eco, que significa “casa” o “morada”), sino también por la manera en que ambas disciplinas analizan los procesos de la realidad. En la economía se estudia el flujo del dinero; en ecología, el flujo de la energía. En definitiva, el dinero representa una forma de energía que fluye en una sociedad.

Si un fabricante tiene un pequeño local confección de ropa y en un día gana 1000 pesos, a eso se lo puede denominar ganancia bruta; pero no todo ese dinero es ganancia para él, de esa plata debe descontar los costos de la materia prima, los gastos, etc.; con lo cual, en realidad, de esa ganancia le quedará una ganancia neta, que es lo que realmente ganó ese día, supongamos que sean unos 400 pesos.

De la misma manera, a cada uno de los niveles tróficos de la comunidad llega energía que se incorpora en ellos. Una porción de la energía procedente del sol es incorporada por los productores a través de la fotosíntesis, esta energía acumulada se denomina **productividad primaria bruta** (PPB). Pero así como sucedía en el ejemplo de la pequeña fábrica de ropa, los productores también tienen un costo, utilizan esa energía para su propio metabolismo, reproducción y crecimiento, la energía que queda disponible luego de todos los costos es la **productividad primaria neta** (PPN).

Como la productividad hace referencia a la energía, las unidades para medirla son calorías o kilo joules; y como la energía queda almacenada en los compuestos químicos, la productividad neta también puede expresarse como un aumento en la biomasa de la comunidad, o en un nivel de ella, en un periodo de tiempo determinado.

### Actividades

- 1) Grafiquen la pirámide de biomasa de una piletita de natación abandonada, verde por el plancton, con larvas de mosquitos y unos pocos sapos.
- 2) ¿Cuál es la diferencia entre producción primaria bruta (PPB) y producción primaria neta (PPN)?

### ¿Sabías que?...

El término ecología, creado por Ernst Haeckel proviene de los términos griegos *oikos* que significa “casa” y *logos* que significa “ciencia”. Literalmente la ecología sería el *estudio de nuestra casa*.

**La productividad es una tasa.**

Todos los organismos de todas las comunidades utilizan la energía mediante el proceso de respiración celular. En definitiva, todo costo metabólico se da por respiración. Así podemos definir a la PPN como la PPB menos la energía utilizada en la respiración:

$$\text{PPN} = \text{PPB} - \text{Respiración}$$

Los consumidores, que toman la energía de los productores, también tienen una producción, en este caso, secundaria. La producción secundaria bruta (PSB) es la energía incorporada a través de los alimentos, la productividad secundaria neta (PSN) es la (PSB) menos los costos de la respiración.

## CICLOS BIOGEOQUÍMICOS

A todo elemento químico o molécula que sea necesario para la vida de un organismo se lo denomina **nutriente**. Algunos de estos nutrientes son el oxígeno, el nitrógeno, el fósforo, etc. Estos compuestos no solo forman parte de los seres vivos, sino que también se encuentran en el ambiente y pasan de unos a otros en ciclos, que involucran cambios químicos entre el ambiente y los organismos vivos. Se trata de los **ciclos biogeoquímicos**.

Es muy probable que ya estén familiarizados con alguno de estos ciclos. Uno de los más comunes es el del agua. A continuación nos referiremos a algunos más.

De acuerdo con su velocidad de reciclaje, a los ciclos se los clasifica en tres categorías:

- **Gaseosos:** son ciclos en los cuales los nutrientes circulan principalmente entre la atmósfera y los organismos vivos, y son reciclados rápidamente, en horas o días. Algunos de ellos son el del carbono, el del oxígeno y el del nitrógeno.
- **Sedimentarios:** en este caso, los nutrientes circulan principalmente en la corteza terrestre, la hidrosfera y los organismos vivos. En general, los elementos son reciclados lentamente, porque son retenidos en las rocas durante mucho tiempo. Son ejemplos de estos ciclos el del fósforo y el del azufre.
- **Hidrológico:** refiere, justamente, al ciclo que realiza el agua al circular entre los mares, el aire, la tierra y los organismos vivos.

Veamos algunos ejemplos de estos ciclos.

### Ciclo del nitrógeno

El nitrógeno es un elemento esencial para la vida, porque las proteínas y los ácidos nucleicos son algunas de las biomoléculas que requieren de este elemento para realizar sus procesos. Aunque el aire contiene alrededor de un 78% de nitrógeno en forma de gas ( $\text{N}_2$ ), no es fácilmente utilizable por los organismos. Generalmente, la forma más común de utilizar este elemento por los seres vivos es como nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), nitrito ( $\text{NO}_2$ ) o amoníaco ( $\text{NH}_3$ ).



### Vocabulario

#### • Cátion

Es el ión con carga eléctrica positiva. Y el ión es el átomo o agrupación de átomos que por pérdida o ganancia de uno o más electrones adquiere carga eléctrica. El anión en cambio es el ión con carga eléctrica negativa.



#### ¿Sabías que?...

El guano, que es una acumulación masiva de excrementos principalmente de aves marinas, es un excelente aporte de nitrógeno para los ecosistemas. Suele ser tan abundante que en el Océano Pacífico se forman islas enteras de este material.



#### Actividad

Diferencien el nitrógeno fijado en las raíces de aquél fijado en el suelo.  
¿Qué ocurre con el nitrógeno desnitrificado?  
¿Cuáles son las vías por las que se puede generar amoníaco?



Trabajadores extrayendo guano en la isla Macabí, a 600 km de Lima (Perú)

## Ciclo del azufre

El azufre cumple una función muy importante en los organismos, ya que es un elemento presente generalmente en las proteínas. El azufre está presente en la atmósfera en forma gaseosa en forma de sulfuro de hidrógeno ( $H_2S$ ) y el dióxido de azufre ( $SO_2$ ), proveniente de emisiones volcánicas. También las algas emiten grandes cantidades de dimetil sulfuro ( $CH_3SCH_3$ ). Estos gases son lavados por las lluvias y llevados hacia la corteza terrestre o hacia los cuerpos de agua, aunque parte del ( $SO_2$ ) puede ser directamente absorbido por las plantas desde la atmósfera.

## Actividad

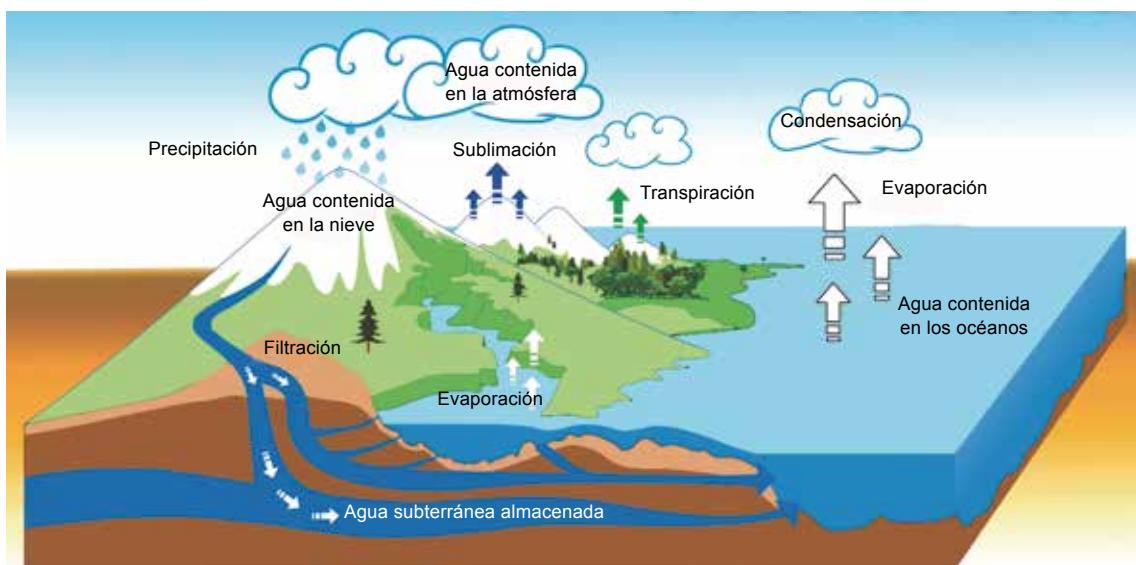
Completen en la imagen el ciclo del azufre.



## Ciclo del agua

El **ciclo hidrológico** o **ciclo del agua** está enlazado con los otros ciclos biogeoquímicos, porque el agua es un medio importante para el movimiento de los nutrientes.

El agua, en estado líquido, contenida en mares, océanos o en los distintos tipos de cuerpos de agua dulce (como ríos, lagos y lagunas), se **evapora** por acción de la energía solar y desde los organismos, la **transpiración** hace que el agua pase a la atmósfera



Ciclo hidrológico

en forma de vapor, de donde se desplaza por acción de los vientos. En determinado momento, la disminución de la temperatura hace que este vapor se **condense**, forme nubes y **precipite** en forma de lluvia, granizo o nieve hacia la superficie terrestre o cuerpos de agua.

El agua precipitada en la superficie terrestre **escurre** nuevamente hacia los océanos completando el ciclo.

## CAMBIA, TODO CAMBIA, INCLUSIVE LOS ECOSISTEMAS

Cuando un ecosistema sufre una **perturbación**, como por ejemplo un incendio, este definitivamente se modifica. Si las condiciones ambientales, temperatura, humedad, disponibilidad de nutrientes, etcétera, son las adecuadas, el ecosistema experimenta una serie de cambios a largo plazo (que ocurren en decenas de años, siglos o milenios), que pueden (o no) regresar al ecosistema a su forma inicial. A la sumatoria de cambios que ocurren en la composición de la comunidad se la denomina **sucesión ecológica**.

Tomemos como ejemplo el caso de un bosque cercano a un volcán. Luego de una erupción, el bosque desaparece y en su lugar queda una superficie formada por roca volcánica. Esta área será colonizada, inicialmente, por organismos procedentes de poblaciones aledañas.

Los primeros colonizadores pertenecen a las llamadas **especies pioneras** adaptadas, por ejemplo, a la falta de un suelo que retenga a los nutrientes. La comunidad interactúa con el medio y lo modifica de distintas maneras: con el aporte de nutrientes, la retención de humedad y la formación de un suelo apto. De esta manera, preparan el ambiente para la colonización de especies nuevas, y estas, a su vez, preparan el medio para que otras poblaciones puedan asentarse.

Cada uno de estos cambios va formando las distintas **etapas serales**, que constituyen una sucesión.

En determinado momento, la sucesión ecológica alcanza un estado de estabilidad, que implica que ya no se provocan cambios considerables en la estructura de la comunidad. Este estado de “madurez”, durante el cual el ecosistema establecido adquiere su máxima complejidad, se denomina **clímax**.

### Actividad

Escriban un artículo en el que el tema del agua se relacione con otra problemática actual: puede ser acerca de problemas geopolíticos relacionados con el agua; los glaciares como reserva de agua para la humanidad; las cuencas compartidas entre dos o más países, por ejemplo.

### Vocabulario

#### • Etapas serales

Períodos que atraviesa un ecosistema que sufre disturbios naturales, como erupciones volcánicas, terremotos, deslaves... para alcanzar nuevamente su estado de equilibrio o clímax mediante una serie de eventos fisiológicos típicos de cada uno de ellos.

## Etapas de la sucesión

En las primeras etapas de la sucesión, las poblaciones pioneras conforman una comunidad con características particulares: la biomasa es escasa, la baja biodiversidad de la comunidad hace que las relaciones entre las poblaciones sean simples al igual que las redes tróficas. Desde el punto de vista energético, la producción neta de la comunidad es alta en relación a la productividad bruta. Toda la energía excedente la comunidad la invierte en el crecimiento de las distintas poblaciones. De esta manera las especies pioneras modifican el ambiente y permiten el ingreso de distintas poblaciones de etapas serales posteriores. La comunidad en estas etapas es inestable, cualquier cambio en el ambiente la afecta notablemente.

Al llegar al clímax, la comunidad tiene relaciones complejas entre sus poblaciones. La biodiversidad y la biomasa son mayores a las existentes en las primeras etapas serales. Las redes tróficas son mucho más complejas y, si bien la producción bruta de la comunidad puede ser alta, la producción neta es cercana a cero, es decir, toda la biomasa que se incorpora a la comunidad por acción de los productores, la comunidad la consume, a través de la respiración de todos sus componentes. Toda la energía que ingresa es aprovechada, nada se desperdicia, excepto la energía que se disipa en forma de calor. Dicho de otra forma, toda la energía que ingresa se consume en el mantenimiento de una comunidad muy compleja, con enorme biomasa y biodiversidad. En el clímax la comunidad es estable, los cambios en el ecosistema no logran perturbarla en forma significativa porque existen muchas poblaciones interactuando entre sí. En el caso que una perturbación afecte a algunas poblaciones, otras podrán reemplazarlas en su función dentro de la comunidad, es decir que no se verán alterados los flujos de materia y energía.

### ¿Sabías que?...

El desierto, aunque parece ser una sucesión de etapas serales tempranas, ya está en su etapa madura. Esto se debe a las condiciones ambientales. Otros ecosistemas son sometidos a constantes perturbaciones y nunca alcanzan su clímax ecológico.



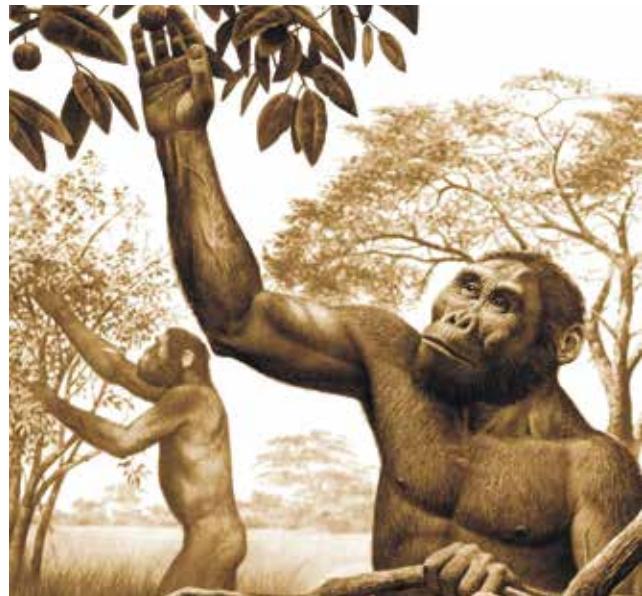
Evidencia de seres vivos en una comunidad biológica del desierto

## Un poco de historia

El planeta, aunque siempre fue el mismo, siempre estuvo en constante cambio. Los movimientos tectónicos, los cambios en la atmósfera, los diversos períodos glaciares, etc., produjeron cambios en los ecosistemas. El hombre también produjo cambios en él. Hace aproximadamente unos doce mil años, el *homo sapiens* modificó sus comportamientos, dejó de ser cazador y recolector para ser agricultor. La importancia de este cambio fue tan grande que modificó a los ecosistemas y a la relación de los hombres con él. Nuestra especie (*homo sapiens*) no sufre ningún cambio ni en la estructura física, ni en el cerebro, ni en ningún otro aspecto desde hace al menos cincuenta mil años. Somos iguales a como éramos entonces. Los cambios globales produjeron en nosotros modificaciones en las costumbres, en los comportamientos, en la forma de relacionarnos, etc.

Hasta hace unos doce mil años el humano, como cualquier otra especie de mamífero, se relacionaba con el medio ambiente sin provocar grandes modificaciones y en forma armónica. Era cazador, generalmente de grandes mamíferos; de ellos obtenía el alimento, sus pieles le servían de abrigo, casi todo era aprovechado. También recolectaban frutas y semillas con las que completaban su dieta. El humano de esta época se desplazaba en pequeños grupos persiguiendo las grandes manadas de las que se alimentaba, era nómada. La naturaleza le proveía de todo lo que necesitaba para sobrevivir. El cambio que el ecosistema sufría era el mismo cambio que le producía a cualquier otro animal.

Pero hace doce mil años (según algunos autores hace ocho mil) el clima global cambió. Quedó atrás la última era glacial, el clima dejó de ser frío y pasó a ser templado. Los grandes mamíferos que cazaba se extinguieron o disminuyeron su número. Los fríos bosques dejaron lugar a extensas praderas, parecidas a enormes océanos de pasto. El clima, la fauna, la flora cambiaron y el hombre con ellos.



Representantes de nuestro linaje, recolectores de frutos y semillas

Algunas poblaciones humanas comenzaron a domesticar la naturaleza: en lugar de ir a recolectar semillas o frutos comenzaron a cultivarlos, en lugar de salir a perseguir a los animales comenzaron a criarlos. Así nació la agricultura y la ganadería. Este cambio se inició en oriente próximo y luego se extendió a casi todo el mundo.

Los primeros vegetales en cultivarse fueron el trigo y la cebada.

El primer animal domesticado fue el perro, luego las cabras, los cerdos, las vacas, los caballos, los camellos etc.

Y así las poblaciones humanas dejaron de ser pequeños grupos de cazadores y recolectores para formar ciudades de hasta tres mil personas. Estas ciudades tenían un grado de organización social, especialización y jerarquización de sus habitantes que no se habría producido hasta ese momento en ningún otro punto del planeta. Las herramientas utilizadas para la agricultura comenzaron a ser frecuentes y se relacionaban con la recolección de granos de cereales silvestres. También aparecieron las primeras herramientas para moler los granos como morteros, machacadores y molinos y los primeros silos para guardar y reservar los granos. Muy pronto estas sociedades agrícolas que cada vez eran de mayor cantidad de personas, se quedaron sin llanuras para cultivar y comenzaron a incendiar los bosques cercanos para tener más tierras de cultivo. Desarrollaron además técnicas para desviar los cursos de los ríos y así asegurar

el riego. En poco tiempo, los ecosistemas comenzaron a cambiar. Los bosques y selvas fueron desapareciendo, ya no por factores ambientales sino por acción del hombre, que necesitaba más tierras para cultivar y alimentar a la creciente población humana. Poco a poco el planeta cambió su paisaje; algunos de los ecosistemas naturales fueron reemplazados por los ecosistemas artificiales, modificados por el hombre. Los **agroecosistemas** son los más importantes de estos ecosistemas artificiales puesto que ocupan una enorme superficie en el planeta.

### PARA PENSAR: SOCIEDADES CAZADORAS Y RECOLECTORAS ACTUALES

Normalmente tendemos a pensar que los cazadores y recolectores son parte del pasado, eslabones perdidos en la cadena de evolución humana, pero no es así. Hoy en día existen en distintas partes del mundo sociedades humanas que viven en total equilibrio con el ecosistema, casi sin perturbarlo ni modificarlo o modificándolo como cualquier otro animal. Poblaciones humanas donde la contaminación que producen es prácticamente nula, donde la idea de someter al ecosistema a profundos cambios en perjuicio de este y en beneficio algunos hombres es simplemente aberrante. Estos humanos que viven de esta manera no son distintos al resto, no son menos evolucionados, no tienen una cultura primitiva, no están más cerca ni más lejos de la naturaleza que las sociedades industrializadas, no desconocen las técnicas de una agricultura más avanzada, simplemente no la aceptan. El lugar donde habitan les provee todo lo que necesitan, todo lo que desean. Su medio de vida como cazadores y recolectores les permite sobrevivir, no tienen las comodidades que nosotros necesitamos. Para qué necesitar un aire acondicionado si la brisa de la selva los refresca; para qué necesitar un televisor si el mundo que los rodea está lleno de colores; para qué un celular si puedo ver a la persona con la que me quiero comunicar cara a cara; para qué mirar un documental sobre una especie de mono del Amazonas si lo ven todos los días, en vivo, en directo y además pueden interactuar con ellos. Las necesidades de una sociedad como la nuestra no son las mismas que las de estas sociedades. Estas poblaciones humanas no es que no conocen lo que nosotros llamamos *progreso*: lo conocen, pero no lo quieren. Una sociedad donde la idea de hambre no existe, si está la selva para darles toda su energía en forma de alimento. Cabe reflexionar sobre estas personas exactamente iguales a todas las demás pero con una relación distinta con su ecosistema.

### ¿Cómo sobrevivir hoy siendo un cazador recolector?

Muchas de las poblaciones humanas de cazadores recolectores se encuentran hoy en una situación compleja ya que los ecosistemas que habitan son depredados por sociedades industrializadas o agrícolas ganaderas. Los bosques y las selvas se talan, los cauces de agua se contaminan, las especies de animales y vegetales que le proveían lo que necesitaban desaparecen, el flujo de materia y energía en los ecosistemas se ven afectados. Como consecuencia de ello, las poblaciones humanas que habitan en estos ecosistemas dejan de tener acceso a sus recursos.

La mayoría de las sociedades industrializadas les brindan tierras a estos pueblos: se las llama “reservas”. Gran parte de las “reservas para los pueblos originarios” son tierras sin los recursos que se necesitan, sin agua, o con agua contaminada procedente de ecosistemas industrializados, sin el bosque o la selva que les brindaba sus recursos. ¿Cómo podría sobrevivir un pueblo que durante miles de años se relaciona con la selva si la selva fue talada? ¿Cómo podrá sobrevivir la humanidad si el planeta está siendo desbastado por la acción destructiva de unos pocos? No podemos ver al ecosistema como algo separado, distinto a nosotros, somos parte de él, dependemos de él.



Contaminación en sociedades industrializadas



### Actividad

Recoleten información sobre la permacultura para debatir luego su aplicabilidad global.

La *permacultura* es el diseño de los asentamientos humanos sostenibles y sustentables que integra su diseño y la ecología.

## Desmontes y conflictividad social

Las comunidades indígenas en general viven de la naturaleza de un modo sustentable: no destruyen grandes zonas, sino que dejan gran parte del terreno en estado silvestre con todas las especies de animales y vegetales propias de cada área.

En nuestro país viven entre 450 mil y más de un millón de indígenas pertenecientes a más de 20 etnias. Muchos permanecen en el entorno natural que los vio nacer, pero muchos otros han tenido que emigrar a las ciudades, en la mayoría de los casos por la creciente devastación de sus fuentes de subsistencia e identidad.

La deforestación impacta directamente sobre las comunidades indígenas y campesinas que históricamente habitan y utilizan esos bosques: y que lamentablemente tras el paso implacable de las topadoras pierden su forma de vida y sustento lo que los empuja a la pobreza extrema.

Con el avance hacia el norte del modelo agroexportador mecanizado comenzaron a desaparecer muchas explotaciones de pequeños productores, el trabajo en el campo comenzó a escasear para los peones rurales, muchas familias comenzaron a alquilar o a vender sus tierras, y muchas otras fueron directamente expulsadas, pasando a engordar los cordones de miseria de las grandes ciudades.

Los cada vez mayores conflictos de tierras en el norte de Argentina demuestran que la constante expansión de la frontera agropecuaria impacta fuertemente sobre los habitantes tradicionales de nuestros bosques nativos, privándolos de sus fuentes de subsistencia.



Desmonte en Santiago del Estero



Marcha del MOCASE (Movimiento campesino de Santiago del Estero) en protesta por la pérdida de tierras

**Actividad**

Según Greenpeace estas noticias sobre los desmontes son parte de nuestra realidad. Con la información del texto, diseñen un folleto como parte de una plataforma política sobre alguno de estos ejes: derecho a la biodiversidad, regulaciones sobre el modelo productivo, conflicto de intereses sobre el recurso suelo.

## **AGROECOSISTEMAS**

El **agroecosistema (AES)** es un ecosistema modificado por el hombre, de tal manera que se cambian sus componentes bióticos (comunidad) y abióticos así como también los flujos de materia y energía, para el beneficio humano. Se centra principalmente en la producción de alimentos.

De todas las acciones humanas, los agroecosistemas son los que mayores modificaciones le provocan al ambiente. Más de la mitad de la superficie de la corteza terrestre está ocupada por ellos.

Los distintos ecosistemas del mundo van desapareciendo, perdiéndose con ellos la biodiversidad que contienen. De esta manera se extinguen especies y desaparecen los hábitats.

Muchas de las especies vegetales de una zona determinada son reemplazadas por cultivos como el trigo, la soja, etc. Al mismo tiempo que los productores originales desaparecen, los consumidores primarios que dependían de ellos, dejan de tener su alimento, y con ellos los secundarios.

En el caso de la ganadería, en Argentina, las vacas pastan el alimento que antes era de los guanacos, llevándolos a disminuir su población o en algunos casos, a extinguirse. Los consumidores secundarios como por ejemplo el puma, que antes se alimentaban del guanaco, ya no tienen su alimento y para evitar que se alimenten de los animales domésticos se los mata a través de trampas, la cacería o simplemente mueren de hambre.

Para dar un ejemplo de cómo los AES afectan a las especies autóctonas citaremos el caso del yaguareté. En el siglo XIX, este carnívoro habitaba en los bosques y selvas desde

el norte de la República Argentina hasta Río Negro. Hoy solo puede ser encontrado en algunas localidades de Salta, Jujuy, Chaco y lo que queda de la selva misionera. Otras especies no tuvieron la misma suerte que el yaguareté: el chorlo polar, el guacamayo violáceo y el lobo malvinense se extinguieron. Animales como el huemul, el lobito de río, el venado de las pampas, el mono aullador rojo, el tatú carreta, el quirquincho andino, el pichiciego, el aguará guazú, el ciervo de los pantanos, el oso hormiguero, el tordo amarillo, el yacaré, el escuerzo y muchos otros están en grave riesgo de extinción.

### Ecosistemas naturales frente a agroecosistemas

En los ecosistemas naturales, generalmente, la producción bruta de la comunidad es muy alta mientras que la producción neta suele ser baja. De esta manera gran cantidad de la energía de la comunidad se consume en ella, es decir, si bien los productores a través de la fotosíntesis captan mucha energía, la comunidad a través de la respiración la consume, y se optimiza así el uso de la energía al máximo. En los AES la producción neta es muy alta en relación con los ecosistemas naturales, casi toda la energía del AES es tomada por las poblaciones humanas.

Otro factor que diferencia a los agroecosistemas es la eficiencia de los procesos, es decir la relación entre insumos que ingresan y los que salen (energía, nutrientes, etc.). Un AES puede ser altamente productivo, por ejemplo una pradera sembrada de soja, pero poco eficiente porque esta productividad requiere de un alto ingreso de algún insumo: fertilizantes, agua de riego, plaguicidas etc.

Mientras que los ecosistemas naturales poseen una gran estabilidad, es decir una alta capacidad de resistencia a los cambios, los AES son inestables. Algunos pequeños cambios como el granizo, una helada o una sequía afecta considerablemente a los cultivos y su capacidad de recuperarse es muy baja. Es decir que son ecosistemas frágiles. Desde el punto de vista de la energía los AES no solo necesitan como fuente de energía la luz solar sino también la energía de combustible fósil que se utiliza para mover la maquinaria rural.

Para obtener una rentabilidad alta de un cultivo se eliminan a casi todas las otras especies del ecosistema: plantas

#### Actividades

- 1) Elaboren un cuadro comparativo que muestre las diferencias entre ecosistemas naturales y agroecosistemas.
- 2) Piensen en un campo en la provincia de Misiones, en el que se produce solo madera de pino. ¿Qué desventajas acarrea esta forma de producción?

Completen con cruces este cuadro que resume parte del texto con las características que hemos desarrollado.

Características del agrosistema forestal	Alta	Baja
Estabilidad		
Biodiversidad		
Uso del suelo		
Producción bruta		
Producción neta		
Aporte de energía		
Aporte de materia		

- 3) Justifiquen la existencia de plagas como el barrenador de la soja en cultivos específicos, como el de la soja, teniendo en cuenta los conceptos de equilibrio, clímax y biodiversidad en los ecosistemas.

que podrían competir con el cultivo por la luz o los nutrientes, consumidores que se alimentan del cultivo. Se genera de esta manera un ecosistema con baja biodiversidad y una mayor inestabilidad del sistema.

En un ecosistema natural, un consumidor primario, por ejemplo población de langostas, ve su crecimiento limitado por varias causas: disponibilidad de alimento, presencia de depredadores, competidores, etc. En cambio en un AES, el cultivo le proporciona todo el alimento necesario y, al ser eliminados los competidores y los predadores, aumenta el tamaño de su población, hasta consumir todo el cultivo. No es casualidad que los primeros registros de plagas a los cultivos en la historia aparecieran en los lugares donde se asentaron los primeros AES.

Si retomamos el tema de sucesión ecológica vemos que los AES son mantenidos a través de subsidios energéticos (combustible, fertilizantes) en etapas tempranas de la sucesión, para obtener altos niveles de productividad (pero baja estabilidad).

## **CONTAMINACIÓN Y CONTAMINANTES**

Definimos **contaminación** como la alteración nociva del estado natural de un ecosistema como consecuencia de la introducción de un agente totalmente ajeno.

Un contaminante puede causar cambios en un ecosistema afectando su estabilidad, provocando un desorden o daño, tanto en los componentes abióticos como en la comunidad.

Existen muchas clasificaciones de contaminación. A continuación veremos solo algunas de las tantas clasificaciones existentes.



Contaminación antrópica

### **Según su fuente**

La contaminación puede ser natural o antrópica. En la primera de ellas, la alteración del ecosistema se da por acción de una fuente natural, por ejemplo la ceniza volcánica que cubre total o parcialmente un ecosistema y lo modifica.

La segunda es provocada por la actividad humana, por ejemplo un derrame de petróleo.

### **Según su naturaleza**

Los contaminantes pueden ser:

- **químicos:** como los metales pesados en el agua o el CO<sub>2</sub> en la atmósfera.
- **físicos:** las radiaciones, el calor, etc.
- **biológicos:** virus, bacterias y otros agentes patógenos.

### **¿Sabías que...?**

No toda la población humana contamina de la misma manera. Por lo general en los países más ricos la contaminación provocada es enorme y no solo los afecta a ellos sino a todo el planeta. Muchas veces los países "pobres", aunque contaminan poco, son los más afectados por la contaminación global.

## Según el lugar donde actúa

La contaminación **atmosférica** que afecta a la atmósfera, contaminación **hídrica** afecta a los cuerpos de agua y la contaminación **del suelo**. Si bien un contaminante se clasifica de esta forma, su acción es mucho más compleja. Por ejemplo, aunque el contaminante sea atmosférico, puede afectar también a los cuerpos de agua.

## CIRCULACIÓN DE LOS CONTAMINANTES

Los contaminantes, de manera similar a lo que ocurre en los ciclos biogeoquímicos se desplazan en el ambiente. Un contaminante que originalmente afecta a la atmósfera, con el tiempo va a ejercer su efecto en los cuerpos de agua, en el suelo o los seres vivos.

Analicemos un ejemplo.

En los últimos años en Argentina se utiliza la técnica del desmonte. Esta técnica consiste en cortar todos los árboles y arbustos que forman el monte para obtener tierras aptas para el cultivo. En estas tierras generalmente siembran trigo o soja. Cuando en las tierras de cultivo comienzan a agotarse los nutrientes, se agregan los fertilizantes, (fosfatos, nitratos etc.). Una parte de estos nutrientes agregados artificialmente se diluyen en el agua de lluvia y escurren hacia los lagos o lagunas cercanas. En estos cuerpos de agua se encuentran algas y otros organismos fotosintéticos que al recibir a los nutrientes y en condiciones adecuadas –como por ejemplo la favorable radiación solar de la primavera– crece el tamaño su población. A este crecimiento, que suele ser muy grande se lo llama floración.

Al terminar el otoño, cuando las condiciones ambientales no son favorables, las algas mueren en gran cantidad y se depositan en el fondo del cuerpo de agua; así los descomponedores obtienen su alimento, y su número aumenta. Tal es su crecimiento que consumen todo el oxígeno del cuerpo del agua.

Ahora, al no haber oxígeno, gran parte de la comunidad de la laguna o el lago también muere.

Como reflexión vemos en este ejemplo que el aporte de fertilizantes en un campo puede terminar “matando” una laguna cercana. Así la contaminación no es un hecho local, no solo afecta un lugar sino que termina afectando a lugares muy lejanos. La contaminación es un problema global nos afecta a todos por igual. Recién cuando algunos seres humanos (no todos contaminamos por igual) se den cuenta

que formamos parte del ecosistema y todo lo que a él le afecta nos afecta a nosotros, recién en ese momento la contaminación será tratada como un problema global.

### Actividades

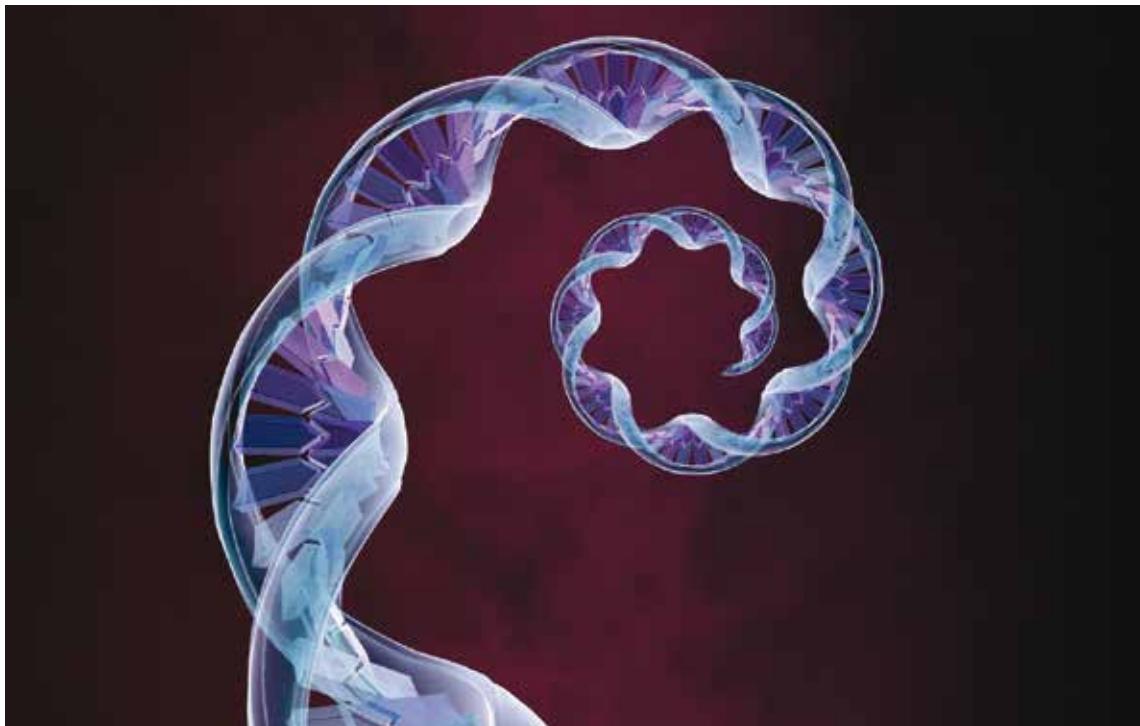


- 1) Elaboren un diagrama que muestre las relaciones que expresa el texto sobre Circulación de los contaminantes ubicándolo en la producción de arroz en los esteros de la Mesopotamia.
- 2) Si al organismo humano entra mercurio o plomo por contaminación ¿Qué enfermedad se produce en cada caso? En alguno de los dos metales ¿cuál es más riesgosa, la ingesta o los vapores?

# CAPÍTULO

# 7

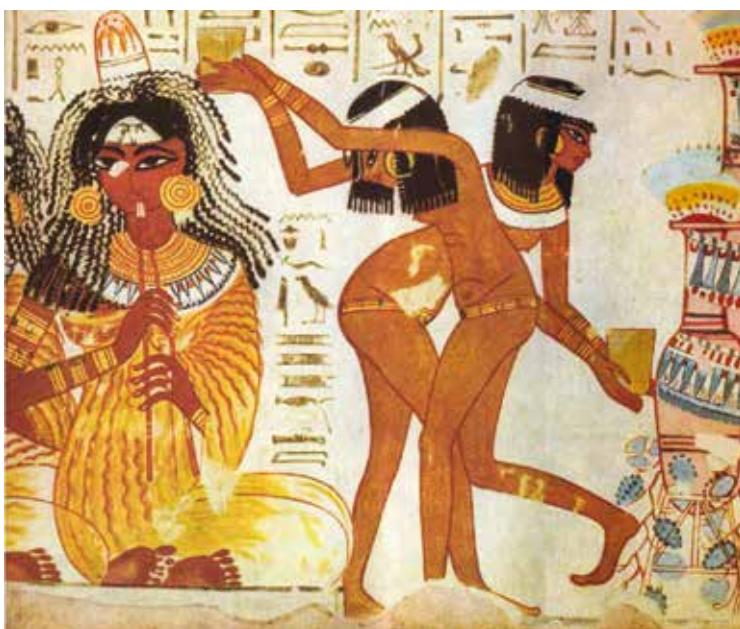
## *Un poder transformador: la biotecnología en el siglo XXI*



La ciencia es desde hace ya muchos siglos la institución social que da respuesta a muchas de las preguntas que el hombre se formula. Afirman muchos historiadores de la ciencia que este rol central lo obtuvo cuando el conocimiento generado le permitió explicar y predecir los hechos de la naturaleza. Y cuando el hombre pudo explicar y predecir, logró hacer algo más osado aún: manipular la naturaleza según sus propósitos. Esta posibilidad hace que nos formulemos algunas preguntas: ¿Es posible la manipulación de objetos orgánicos? ¿Se puede obtener de los organismos algo más que alimento? ¿Qué utilidad puede tener el comprender las rutas metabólicas de los **microorganismos**? Esta son algunas de las preguntas que vamos a contestar en este capítulo al tratar uno de los temas que despierta mayores controversias en la sociedad. Las respuestas giran en torno a una palabra muy utilizada en la actualidad: biotecnología.

## ¿QUÉ ES LA BIOTECNOLOGÍA?

Pero ¿qué es realmente la biotecnología? De forma muy simple podemos decir que es el uso que hace la tecnología de las propiedades de los seres vivos con fines prácticos e industriales. Hay que recordar que tecnología se define como el conjunto de conocimientos, técnicas y procesos que se utilizan para el diseño y fabricación de objetos que sirven a la mejora de las condiciones de vida de las personas. Quiere decir que en el caso de la biotecnología, estamos hablando la utilización de conocimiento acerca de las propiedades de los seres vivos para nuestro beneficio. Si queremos ser más precisos podemos ver lo que se estableció en el marco del Convenio sobre la Diversidad Biológica, que nació en 1992 con la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo. Allí se define a la biotecnología como “toda aplicación tecnológica que utilice sistemas biológicos y organismos vivos o sus derivados para la creación o modificación de productos o procesos para usos específicos”.

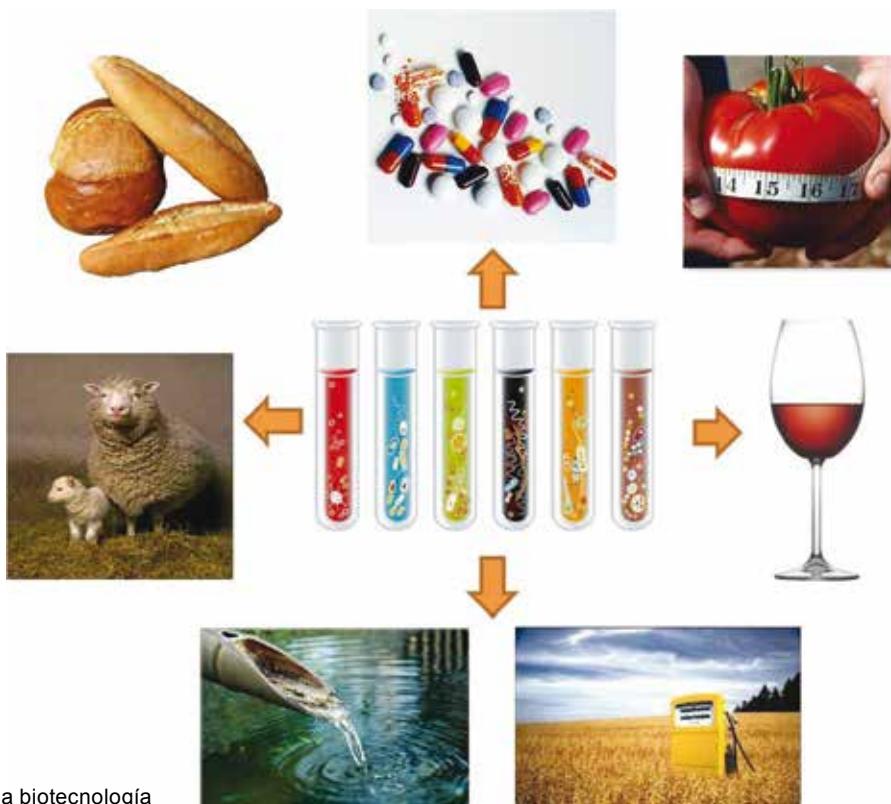


Elaboración de la cerveza en el antiguo Egipto

### El túnel del tiempo



¿Desde cuándo el hombre usa lo que hoy llamamos biotecnología? Podemos pensar que comenzó a usarla para la obtención del pan, probablemente entre el año 10.000 y el 6000 a. C. También los elamitas, egipcios y sumerios la usaban en la fabricación de la cerveza, desde el año 3500 a. C. o quizás antes. Se sabe que los egipcios obtenían cerveza mezclando panes de cebada con poca cocción y luego los dejaban fermentar en agua.



Podemos distinguir en la biotecnología dos períodos diferentes conocidos como el *tradicional* y el *moderno*. El primero es el que se ajusta más a la definición que dimos. Sin embargo, hay que tener en cuenta que lo que conocemos como biotecnología tradicional existe desde muchos siglos antes que se le diera ese nombre. Es que a pesar de que los hombres no entendían cómo ocurrían los procesos y desconocían la existencia de los **microorganismos**, los utilizaban para su beneficio. Desde hace miles de años se usan productos del metabolismo de bacterias y hongos para la fabricación de alimentos, en la industria textil, en la fabricación de detergentes, de combustibles, plásticos, papel o en la industria farmacéutica.

El enfoque tradicional entonces, implica el uso de organismos para realizar una tarea o función dentro de un **proceso industrial** (o artesanal dependiendo de la escala). En procesos de producción de cerveza, vino, queso y yogur se utilizan bacterias o levaduras (hongos unicelulares) con el fin de transformar un producto natural como la leche o el jugo de uvas, en un producto de fermentación diferente como el yogur o el vino. Entre tantas aplicaciones encontradas está el compostaje, que aumenta la fertilidad del suelo permitiendo que sus **microorganismos** descompongan residuos orgánicos. También intervienen en la producción y uso de vacunas para prevenir enfermedades humanas y animales.

### Vocabulario

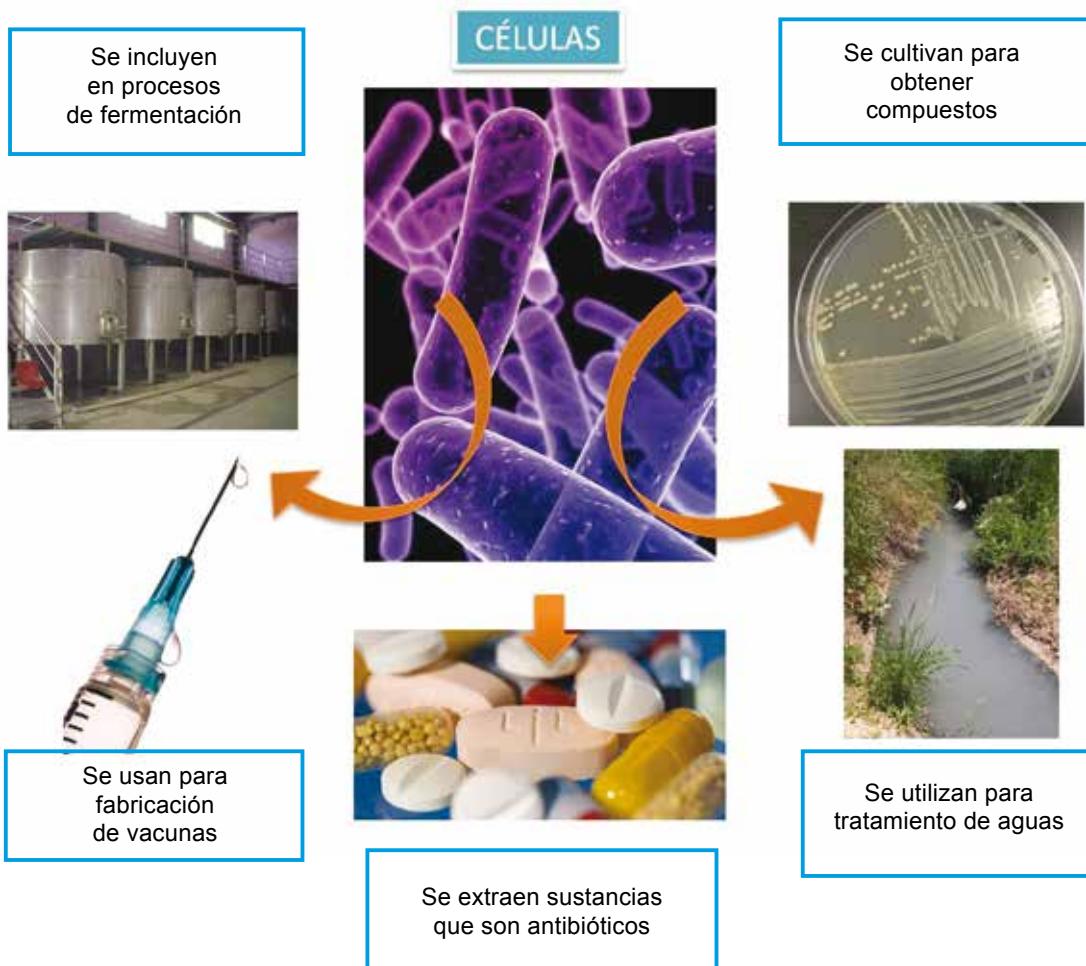


#### •Microorganismos

Son los seres vivos que se observan solo con el microscopio.

#### •Proceso industrial

Es el conjunto de operaciones necesarias para modificar las propiedades de las materias primas para la obtención de algún producto de interés.



#### Usos de la biotecnología tradicional

Todo el conocimiento y la utilización de los seres vivos cambió a partir de uno de los acontecimientos científicos más relevantes del siglo XX: el establecimiento de la estructura del ADN por parte de James Watson y Francis Crick. Esto llevó al desarrollo de nuevas técnicas de manipulación de ADN y por lo tanto a lo que se denomina biotecnología moderna, basada en la ingeniería genética. En esta se incluyen no solo las nuevas técnicas de ADN (material genético) sino también la biología molecular y la transferencia de genes (fragmentos específicos del ADN).

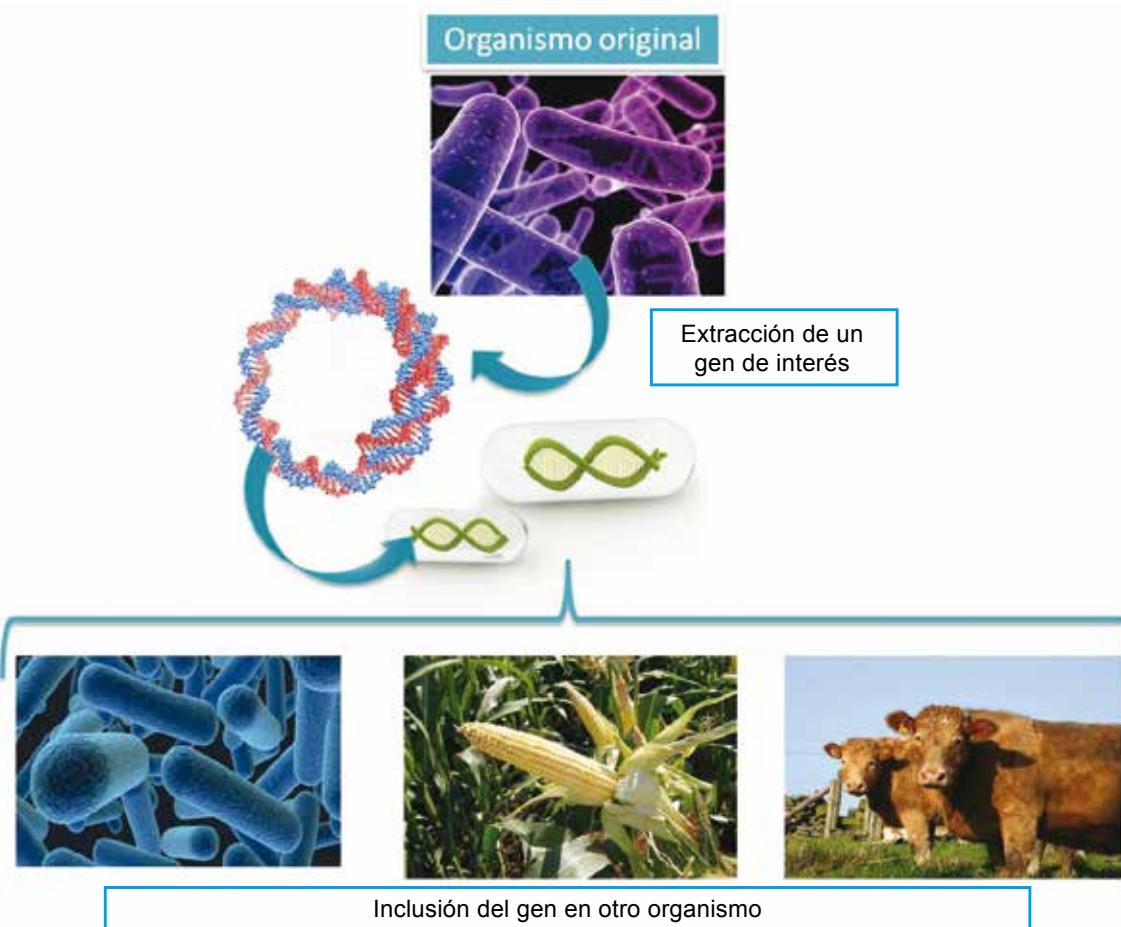
Esta modificación controlada de las características de un organismo, permite entre otras cosas que se elabore un “producto de interés” para el hombre. Esto da origen a los *organismos transgénicos*: cultivos modificados genéticamente. Por ejemplo: plantas que resisten el ataque de herbicidas, plantas que fabrican sus propios insecticidas, o bacterias que fabrican insulina humana, un medicamento que salva la vida de millones de diabéticos en el mundo.

¿Sabías que?...

Muchos consideran la confirmación de la estructura de la molécula de ADN como uno de los logros científicos más importantes de la ciencia en la historia de la humanidad. Aunque siempre se asocia a Watson y Crick como los responsables, los trabajos en que se basaron habían comenzado unos cien años antes. Por ejemplo, el biólogo suizo Friedrich Miescher dio los primeros pasos en el descubrimiento del ADN en 1869, al descubrir lo que él llamó nucleína, hoy conocidos como ácidos nucleicos. En 1953 se publicó la primera descripción de la estructura del ADN. Por ese trabajo Watson y Crick recibieron el Premio Nobel de Medicina en 1962. Su hallazgo permitió comprender mejor la replicación del ADN, la síntesis proteica y las mutaciones. Sin embargo detrás de este hecho científico existen controversias ya que se supo tiempo después que Rosalind Franklin y Maurice Wilkins habían participado en el descubrimiento y fueron dejados de lado por Watson y Crick.

### Actividad

Investiguen acerca de los conflictos y problemas entre científicos que hubo detrás de este hecho tan importante; especialmente los relacionados a Rosalind Franklin.



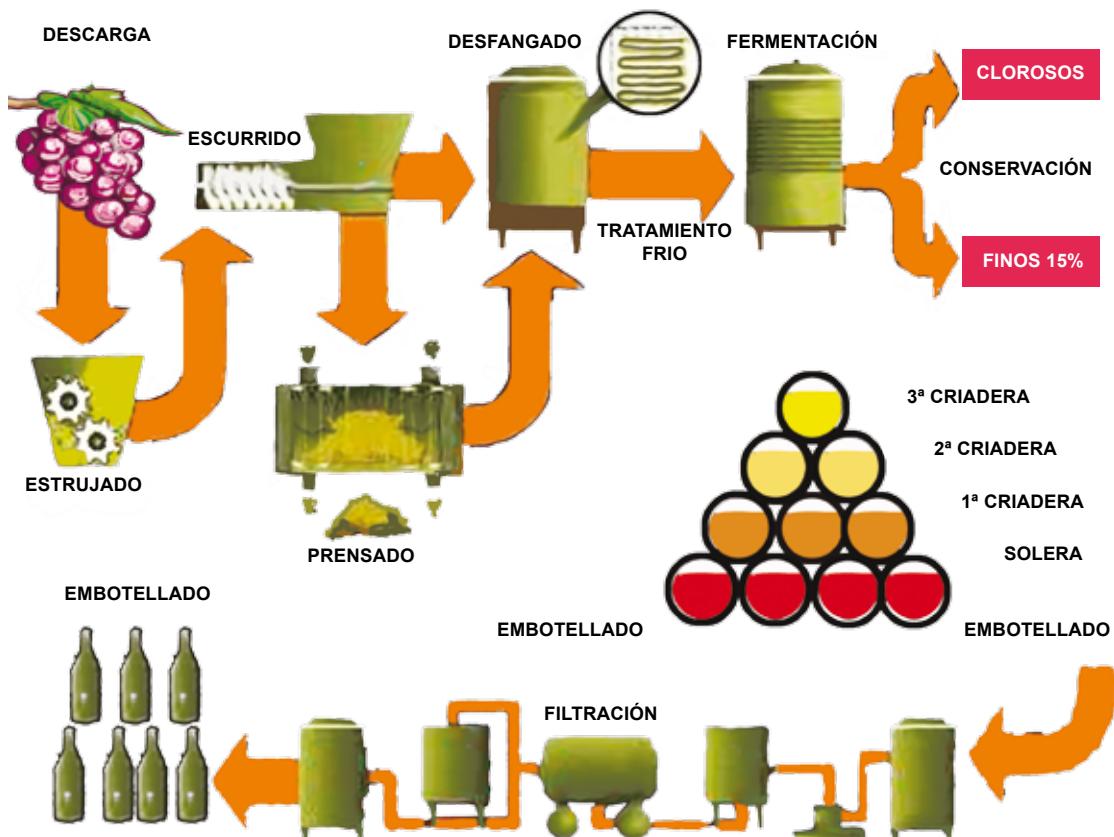
## Actividades



- 1) Elaboren un cuadro comparativo entre los dos tipos de biotecnologías.
- 2) Observen los datos de las etiquetas del mismo producto lácteo en diferentes marcas y comparen los fermentos que se usan en su producción.

## USANDO LOS MICROORGANISMOS EN LA BIOTECNOLOGÍA TRADICIONAL

¿Qué organismos hemos usado en beneficio propio los seres humanos? Desde un principio lo que han hecho los seres humanos es utilizar **microorganismos**, más concretamente, se han incorporado células de bacterias u hongos en la producción artesanal, luego industrial, de algunos productos. La cuestión central es la obtención de determinadas sustancias a partir de ciertas rutas metabólicas que estos organismos poseen. La más antigua de todas las técnicas desarrolladas es la utilización de bacterias u hongos en la producción de alimentos como son el pan, el vino y la cerveza. En estos procesos se incorporan **microorganismos** mezclados con alguna sustancia natural con la finalidad de realizar la fermentación. Recordemos que la fermentación es una ruta metabólica que ocurre en ausencia de oxígeno, por lo tanto en ambientes anaeróbicos. Así las células incorporadas metabolizan las sustancias naturales entregando algún producto de la reacción que es de interés para las personas.



Biotecnología tradicional: fabricación de vinos

 ¿Sabías que?...

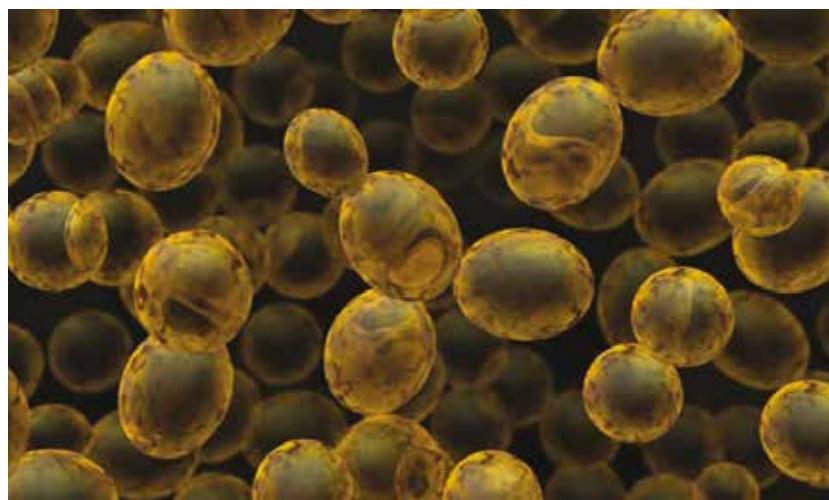
No cualquier microorganismo puede ser utilizado para la producción industrial. Para que un microorganismo resulte útil debe reunir ciertas condiciones:

- a) debe producir una sustancia de interés;
- b) debe ser genéticamente estable para no cambiar su metabolismo;
- c) debe poder crecer en un cultivo a gran escala;
- d) su crecimiento debe ser rápido y producir el compuesto en un corto tiempo;
- e) su eliminación del cultivo debe ser fácil.

Dado que no se conocían ni los **microorganismos** ni las reacciones químicas componentes del metabolismo hay que tener en cuenta que la mayoría de los procesos de fermentación fueron descubiertos casualmente. Los **microorganismos** más utilizados en la fermentación industrial son las levaduras y hongos unicelulares. Puede utilizarse la propia célula, algunos de sus componentes celulares o introducirlos en una mezcla para la obtención de ciertos productos durante la fermentación que realizan.

Según la escala de la producción, la cantidad de fermentadores que se utilizan varía desde los cinco litros para el nivel artesanal, hasta los 50.000 litros en escala industrial. En el caso de los fermentadores anaeróbicos es importante controlar la temperatura que se genera en su interior. En el caso de los fermentadores aeróbicos es necesario instalar en su interior equipamiento para mezclar y airear la mezcla. En estos equipamientos se recoge el producto de la reacción química llevada a cabo por los **microorganismos** que hay en su interior. Según la sustancia natural incorporada, ya sea mosto de uva, harinas, cebada, etc., el producto puede ser etanol (alcohol), glicerol, bebidas alcohólicas y muchos más.

Podemos afirmar que la utilización de **microorganismos** para la obtención de **antibióticos** es uno de los usos más importantes de la biotecnología tradicional. Los antibióticos son sustancias químicas producidas por bacterias u hongos que matan o inhiben el crecimiento de determinados **microorganismos**.



Células de la levadura

## ¿Sabías que?...



En la actualidad es necesario que reflexionemos sobre la importancia de la biodiversidad y de los peligros a que está sometida por el crecimiento no sustentable y sus consecuencias conocidas: la contaminación sin fronteras, el cambio climático y la degradación ambiental. Según Edward Wilson, uno de los autores del concepto de *biodiversidad*, anualmente desaparecen veintisiete mil especies, lo que supone setenta y dos diarias y tres cada hora. Lo que preocupa a muchos es el potencial genético que se pierde y que podría tener uso en la obtención de sustancias como antibióticos. Se sabe hoy que el 70% de los fármacos están constituidos por sustancias que tienen un origen vegetal o se encuentran en algunos animales. Sin embargo algunos sostienen que esta preocupación por la pérdida de biodiversidad es exagerada, ya que las extinciones constituyen un hecho regular en la historia de la vida, dado que han existido miles de millones de especies desde los primeros seres pluricelulares y que el 99% de ellas ha desaparecido.



Ambiente degradado



Instalaciones para la fermentación

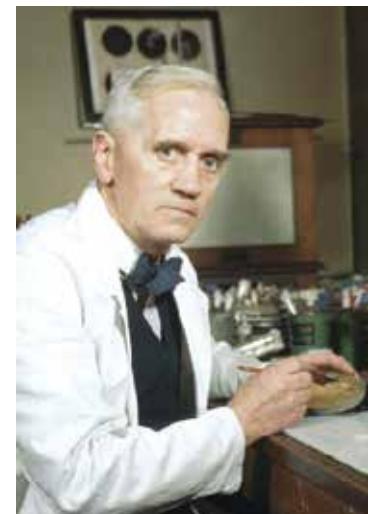
Quizás ningún otro avance en la medicina ha tenido una influencia significativa tan alta en el tratamiento de enfermedades como los antibióticos. En la actualidad se conocen unas 8000 sustancias antibióticas, pero se descubren nuevas cada día. Hasta ahora solo unas pocas especies de los géneros *Streptomyces*, *Penicillium* y *Bacillus* han sido utilizadas y existen potencialmente otras por investigar y descubrir.

En la producción de antibióticos, las células del microorganismo se colocan junto con sustancias que les sirven para su crecimiento (llamadas "medio de cultivo"). Los antibióticos son productos del metabolismo secundario de los **microorganismos**. Es decir: los **microorganismos** transforman las sustancias naturales (por ejemplo, jugo de uva) en lo que se denominan *productos primarios* y estos pueden ser nuevamente transformados por los **microorganismos** dando origen a los *productos secundarios*, como es el caso de los antibióticos. La composición del medio de cultivo es determinante en relación con los compuestos que se pueden obtener; así por ejemplo una misma especie de *Streptomyces* puede producir más de treinta antibióticos distintos.

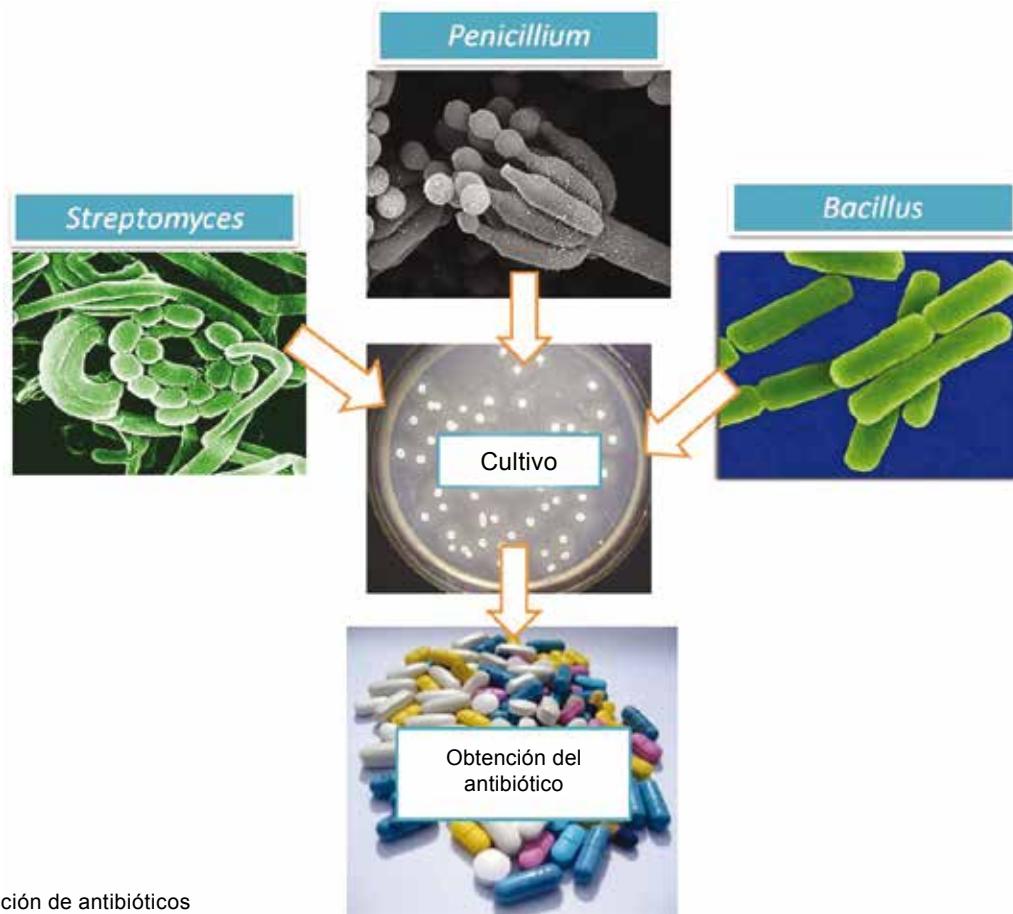
## El túnel del tiempo



El descubrimiento del primer antibiótico demuestra que la idea general de cómo se realizan los grandes descubrimientos científicos es a veces errónea. Es difícil establecer quiénes realmente comenzaron a utilizar la penicilina para el tratamiento de enfermedades, ya que se sabe que los griegos utilizaron los mohos. El hecho más recordado es lo que ocurrió con Alexander Fleming el 28 de septiembre de 1928, cuando estaba estudiando cultivos bacterianos de *Staphylococcus aureus* en el laboratorio del Hospital St. Mary, en Londres. Luego de un mes de vacaciones, observó que muchos cultivos estaban contaminados por cierto hongo y los colocó en una bandeja. Luego se dio cuenta de que en una de ellas, alrededor del hongo contaminante, se había creado un halo de transparencia, lo que indicaba destrucción celular. Finalmente Charles Tom lo identificó como *Penicillium notatum* y publicaron el descubrimiento sin que recibiera demasiada atención. Años más tarde recibía el Premio Nobel de Medicina y afirmaba que todo había ocurrido de manera casual.



Alexander Fleming



Producción de antibióticos

Para elaborar un antibiótico, en primer lugar es necesario que pueda generarse a gran escala en fermentadores. Luego, se lo debe aislar correctamente, purificando la sustancia que lo compone. Esto es difícil dado que las cantidades en el medio de cultivo son pequeñas. Otra posibilidad en la actualidad es producirlos de manera artificial, sintetizándolos químicamente, pero debido a la complejidad química de su estructura son pocos los que se elaboran de esta manera.

### Actividad

Averigüen en su biografía personal cuáles fueron los antibióticos más comunes que recibieron y la causa.

### ¿Sabías que...?

Los aminoácidos son los componentes de las proteínas. Uno de los usos comerciales que se le da a partir de la biotecnología es ser aditivos en los alimentos; el más importante es el ácido glutámico que se usa como saborizante. Otros dos usados con frecuencia son el ácido aspártico y la fenilalanina, componentes del edulcorante no calórico **aspartamo**, descubierto en 1965 y comercializado en los ochenta. Se emplea en variados alimentos en todo el mundo, especialmente en las bebidas y alimentos dietéticos. Sin embargo, se ha indicado en los últimos años que puede ser un producto nocivo para la salud.

### Para saber más

#### Evolución tecnológica frente a evolución biológica: una carrera interminable

En los tiempos en que Flemming descubrió la penicilina, las enfermedades infecciosas causaban el mayor porcentaje de muertes en el planeta. Al descubrirse la penicilina se afirmó con mucho optimismo que era el fin de las enfermedades, sin embargo eso nunca pasó y aún hoy los microorganismos siguen provocando infecciones en las personas. ¿Qué pasó? ¿Por qué no se las puede erradicar definitivamente? La clave es que ante cualquier avance tecnológico del hombre en relación a la prevención de enfermedades infecciosas, los microorganismos responden con nuevas cepas. Estas poseen mutaciones que les permiten sortear los obstáculos. Hoy se sabe que hay organismos resistentes a la penicilina, es decir que la penicilina no hace efecto alguno sobre ellos. Lo mismo ocurre con casi todos los antibióticos que se fabrican en la actualidad. Esto plantea el panorama de una carrera interminable en la búsqueda de compuestos para prevenir o tratar las infecciones por parte de los microorganismos.



Aspartamo

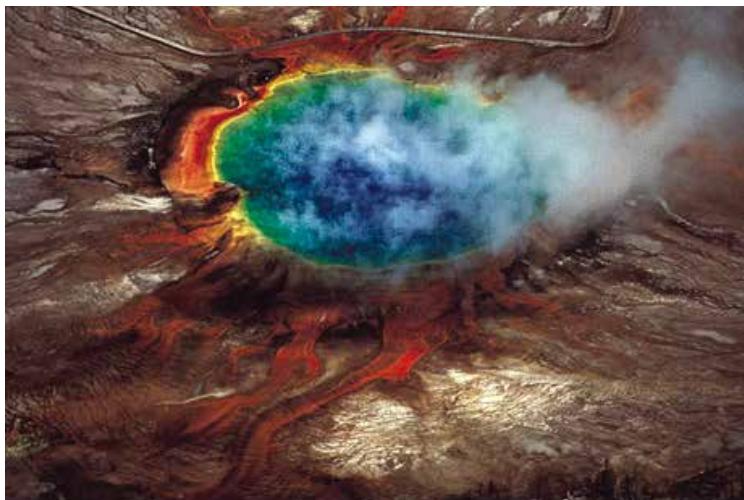


Por Don Smith

Otro uso muy común de los **microorganismos** en la actualidad es para la elaboración de **factores de crecimiento** en la industria farmacéutica. Vitaminas y aminoácidos son producidos mediante biotecnología microbiana para ser incorporados en alimentos como suplementos. Después de los antibióticos, la producción de vitaminas es la más importante por tener también un alto valor comercial. Muchas de ellas se fabrican mediante síntesis química, pero en algunos casos donde el proceso es muy complejo, se utiliza biotecnología, específicamente, fermentación microbiana.

Por ejemplo la vitamina  $B_{12}$  es producida naturalmente solo por algunos **microorganismos**. Este compuesto es de suma importancia al actuar como coenzima en distintas rutas metabólicas de animales y el ser humano. Su carencia produce un tipo grave de anemia. Recordando lo visto en otros capítulos, esta vitamina es un nutriente esencial que debe ser incorporado en la dieta porque no somos capaces de producirlo.

Una situación similar a las vitaminas se tiene con ciertos aminoácidos que también son esenciales para el funcionamiento del metabolismo en los seres humanos. Muchos de ellos se utilizan como ingredientes accesorios para dar sabor. En su mayoría son sintetizados químicamente, pero otros son producidos mediante la utilización de **microorganismos**, como por ejemplo la bacteria *Brevibacterium flavum*.



Sitio de azufre en Wai-O-Tapu (Agua sagrada) en Nueva Zelanda

### Vocabulario

- Factores de crecimiento

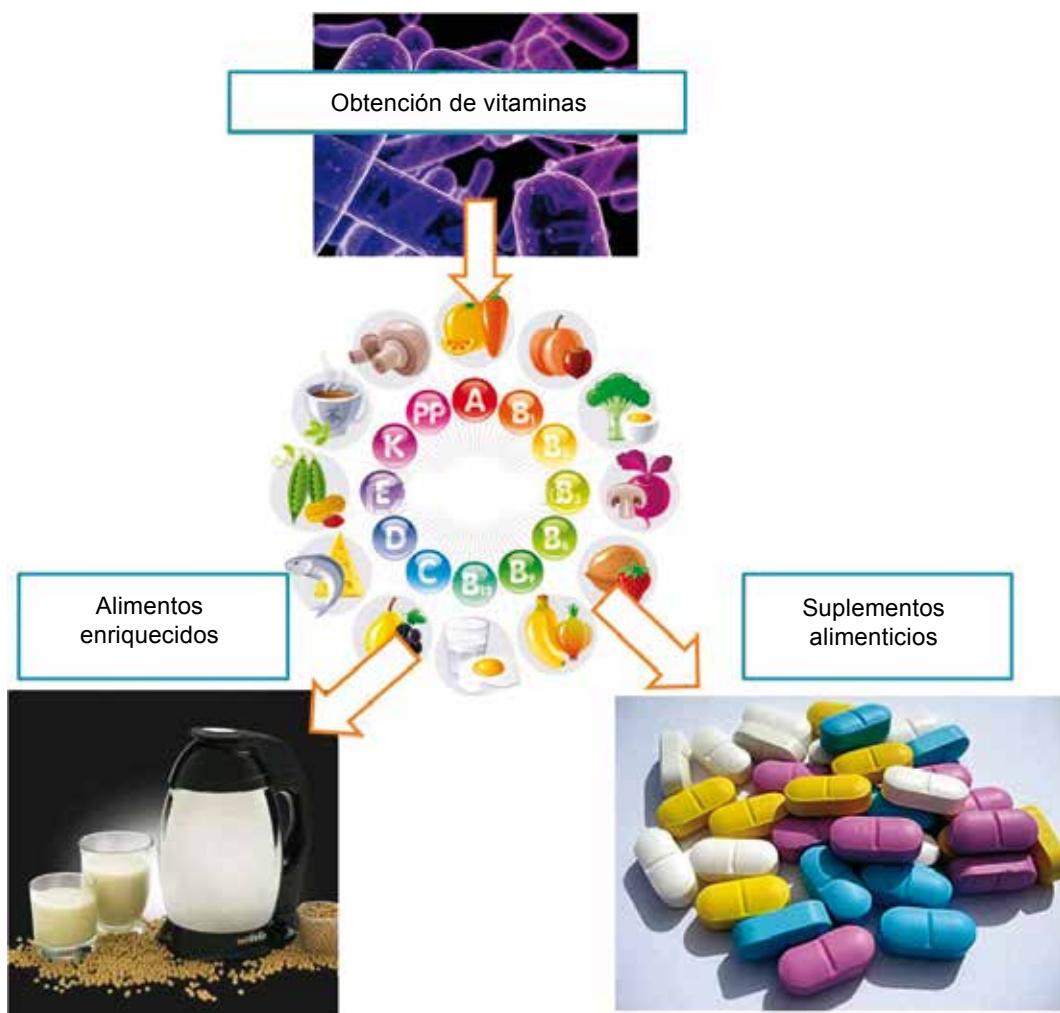
Son sustancias, generalmente proteicas que llevan a cabo función principal del control externo del ciclo celular.

### Actividad

En grupos, realicen un muestreo en no menos de veinticinco suplementos dietarios de venta libre, tanto en comercios como en internet, sobre el origen natural o artificial del producto.

### ¿Sabías que?...

Siempre se dice que las proteínas comienzan a perder su estructura y función a partir de los 40 °C, sin embargo existen microorganismos procariotas llamados hipertermófilos que crecen de manera óptima a temperaturas muy altas, muchas veces aún más altas que el punto de ebullición del agua. Pueden hacerlo porque poseen moléculas muy estables al calor: incluyen las denominadas extremoenzimas que no pierden su función aún con altas temperaturas y por lo tanto, son muy usadas en los procesos industriales que muchas veces trabajan a temperaturas por encima de los 100 °C.



#### Producción de vitaminas

Otra utilidad de la biotecnología tradicional es la utilización de enzimas que sintetizan los **microorganismos** para la producción industrial. Recordemos que cada organismo posee una alta y diversa cantidad de enzimas capaces de catalizar distintas reacciones. Si bien la cantidad producida en general es mínima, existen algunos **microorganismos** que las producen en grandes cantidades y las liberan del interior celular al medio externo. Su mayor utilidad es la de poder digerir compuestos como la celulosa, el almidón o ciertas proteínas y por lo tanto, se usan en procesos industriales actuando sobre algún grupo químico específico.

Se aplican, por ejemplo, en los jabones para el lavado de ropa, colocándolos como ingredientes para que se encarguen de digerir ciertas suciedades. Las más usadas se conocen como proteasas, amilasas y lipasas, por su capacidad para digerir proteínas, almidón y lípidos respectivamente. Las especies bacterianas de donde provienen muchas de ellas son del género *Bacillus*. Existe un grupo que se usa para la fabricación de un compuesto derivado de la glucosa que por su característica de ser dulce se lo incorpora como edulcorante.

**Actividad**

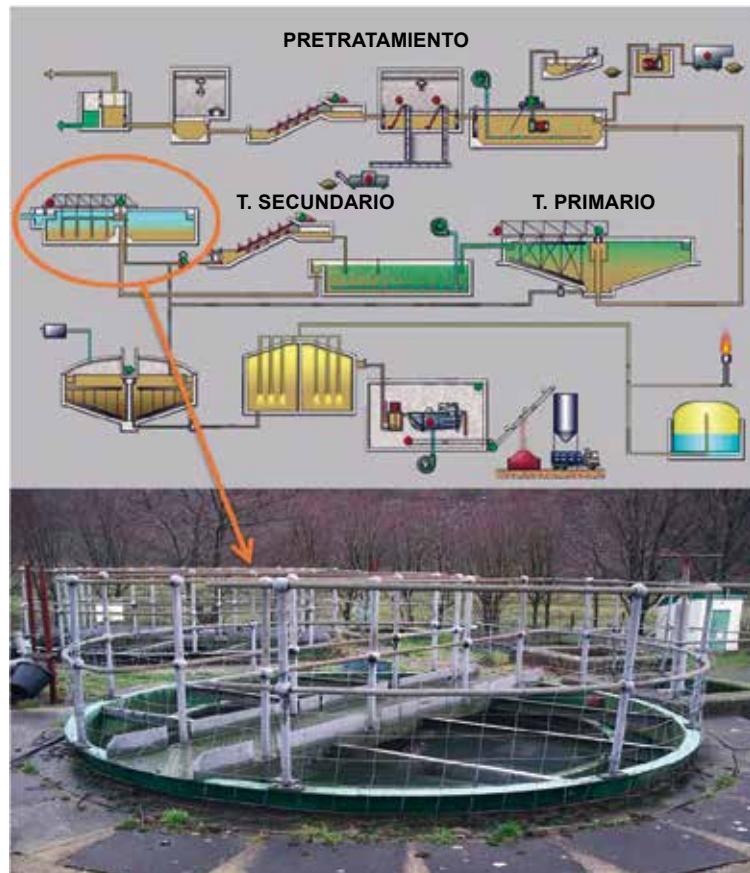
Realicen la siguiente experiencia y elaboren por escrito las observaciones realizadas:

- cocinar un huevo entre ocho y diez minutos y luego pelarlo;
- espolvorear sobre el jabón enzimático;
- esperar unas horas y apreciar la acción de las enzimas;
- observar detenidamente que le ocurrió a la superficie del huevo duro.

Finalmente, podemos ver una aplicación de la biotecnología tradicional totalmente distinta: la purificación y tratamiento de las **aguas residuales**. Es un proceso que en principio no tiene un gran valor comercial pero sí cumple un importante papel en la salud pública de la población. Representa un tipo de proceso de los denominados “bioconversión” (esto es, la transformación de ciertas sustancias en otras distintas por parte de los **microorganismos**) dado que las aguas residuales son introducidas en las plantas de tratamiento y luego del pasaje por equipos que poseen microorganismos, se obtiene agua con calidad para consumo.

**Vocabulario****• Aguas residuales**

Son las aguas que están contaminadas con desechos orgánicos humanos o animales y que no son aptas para consumo.



Sistema de tratamiento de aguas

La cuestión central es que en las ciudades la población utiliza el agua provista por red y luego la elimina mediante el sistema cloacal. Luego de su uso se carga de materia orgánica e inorgánica y microorganismos patógenos. El proceso microbiano incorporado en las plantas de tratamiento tiene la capacidad de eliminar todos los compuestos y elementos orgánicos presentes en las aguas, pero la eliminación de los compuestos inorgánicos se realiza por otros métodos de carácter físico o químico.

### ¿Y SI PONGO ESTO ACÁ? LA BIOINGENIERÍA MODERNA

Todos los procesos y usos biotecnológicos que vimos en el apartado anterior tienen algo en común: los microorganismos se utilizan tal cual son, digamos en forma “natural”. El descubrimiento de la estructura del ADN dio, entre otras cosas, la posibilidad del nacimiento de la ingeniería genética. Esta disciplina va a permitir hacer algo que hasta ese momento era ciencia ficción: modificar intencionalmente ciertos organismos en beneficio propio. La ingeniería genética ha desarrollado técnicas capaces de aislar, manipular y traspasar genes mediante la recombinación in vitro del ADN.

La utilización de la ingeniería genética en aplicaciones biotecnológicas parece no tener límites, ampliando de manera significativa el horizonte de posibles usos de la biotecnología que se tenía con las técnicas tradicionales. Esto ha llevado a la obtención de algunos de los más asombrosos logros científicos de las últimas décadas y que son responsables de algunos de los debates éticos y sociales más significativos. Las áreas de trabajo y aplicación más desarrolladas en la actualidad por la biotecnología moderna son la fermentación microbiana, la producción de vacunas contra los virus, la síntesis de proteínas de mamíferos, la obtención de animales y plantas transgénicos y la biotecnología ambiental.

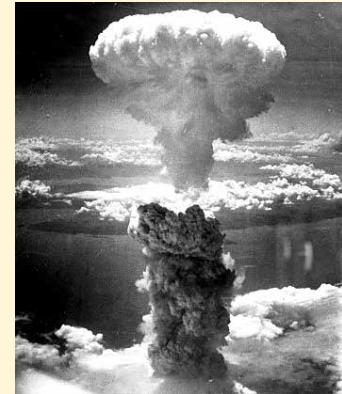
#### La ingeniería genética ha modificado la biotecnología en el siglo XX



Aplicaciones de la  
biotecnología moderna

*El túnel del tiempo*

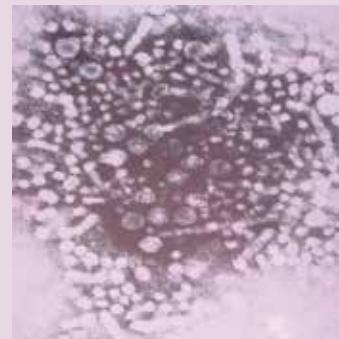
La ciencia logra su apogeo durante el Renacimiento y se transforma una de las entidades más respetadas de la sociedad. Se erige, además, como la dueña de un saber verdadero y objetivo que es indiscutible. Sin embargo durante el siglo XX la situación se modificó debido a que no solo no logró resolver todos los problemas de la sociedad sino que mostró aspectos cuestionables. Por ejemplo, el desarrollo y posterior utilización de la bomba atómica durante la Segunda Guerra Mundial puso en evidencia que los efectos de la actividad científica podían ser muy negativos. Se la acusa de estar asociada al poder y de que solo se encarga de resolver los problemas que a los que lo detentan les interesa. Es en este contexto donde ciertos alcances de la ingeniería genética son muy cuestionados o al menos, se los mira con desconfianza. Dos de los más importantes son la clonación y la fabricación de organismos transgénicos.



Explosión de la bomba atómica

*¿Sabías que?...*

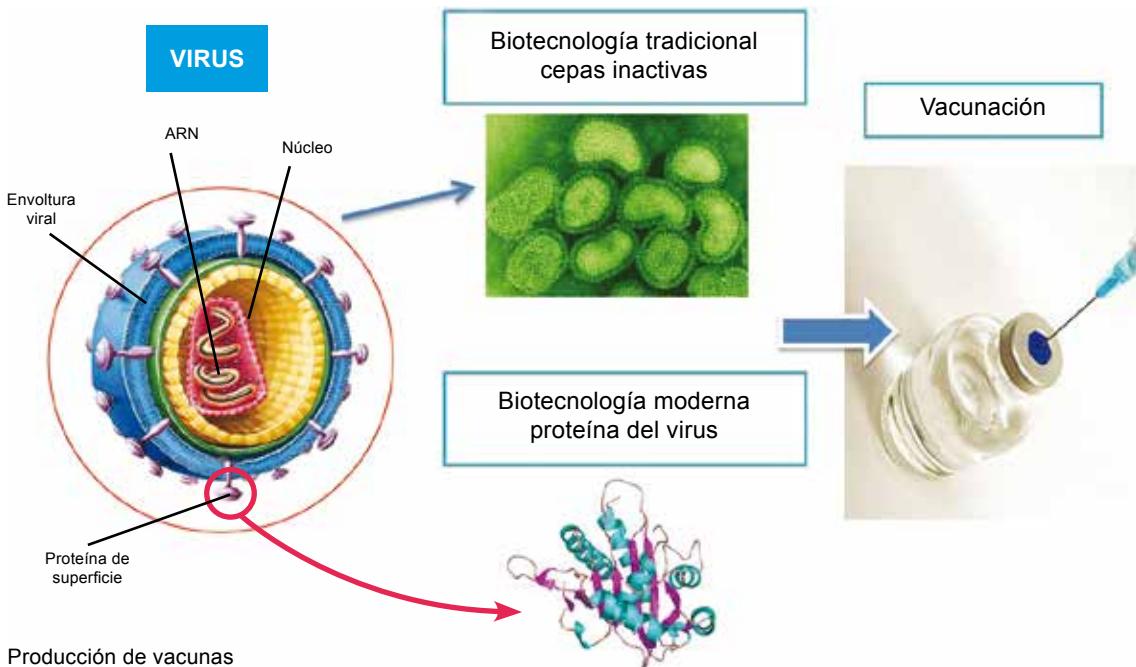
Una de las ventajas de la biotecnología moderna es poder hacer una vacuna con solo una fracción del organismo patógeno. Este tipo de vacunas se denominan “vacunas de subunidad”. La primera vacuna así elaborada y aprobada para usarse en seres humanos fue la que previene la Hepatitis B, una de las enfermedades más peligrosas que existen por su alto poder de contagio. Para elaborarla se tomó el gen de una de las proteínas que integran el virus y se lo insertó en células de levadura, el mismo tipo de hongo con el que se fabrica el pan, entre otras cosas. En la actualidad también se usan células de insectos y mamíferos para la producción de vacunas.



Virus de la Hepatitis B

Vimos en el apartado sobre la biotecnología tradicional que se utilizan microorganismos en numerosos procesos de producción industrial. Sin embargo, en todos ellos la capacidad de producción depende del rendimiento natural de las bacterias u hongos utilizados. ¿Se imaginan qué puede aportar la biotecnología moderna? Puede tomar a la especie de levadura u otro organismo que habitualmente se usa en un proceso y modificarla para obtener cepas con mayor rendimiento en la producción. Este hecho es significativo, especialmente en la producción de antibióticos, donde habíamos visto que la síntesis era en pequeñas cantidades y eso dificultaba mucho la producción. Otro uso de la biotecnología moderna está relacionado con uno de los procesos más importantes de la medicina como es la fabricación de vacunas para lograr la inmunidad ante ciertas enfermedades. En el caso de los virus, las vacunas se elaboran con

partículas víricas muertas y esto representa un riesgo potencial por la presencia de virus activados. Dado que lo que da inicio a la respuesta inmune son las proteínas de cubierta del virus (esto es las que forman una cápsula que recubre el material genético del virus), la ingeniería genética trabaja produciendo estas proteínas, clonando los genes que poseen la información para sintetizarlas y luego colocándolas en bacterias u otros virus no patógenos, logrando así que la vacunación sea más segura.



### Vocabulario

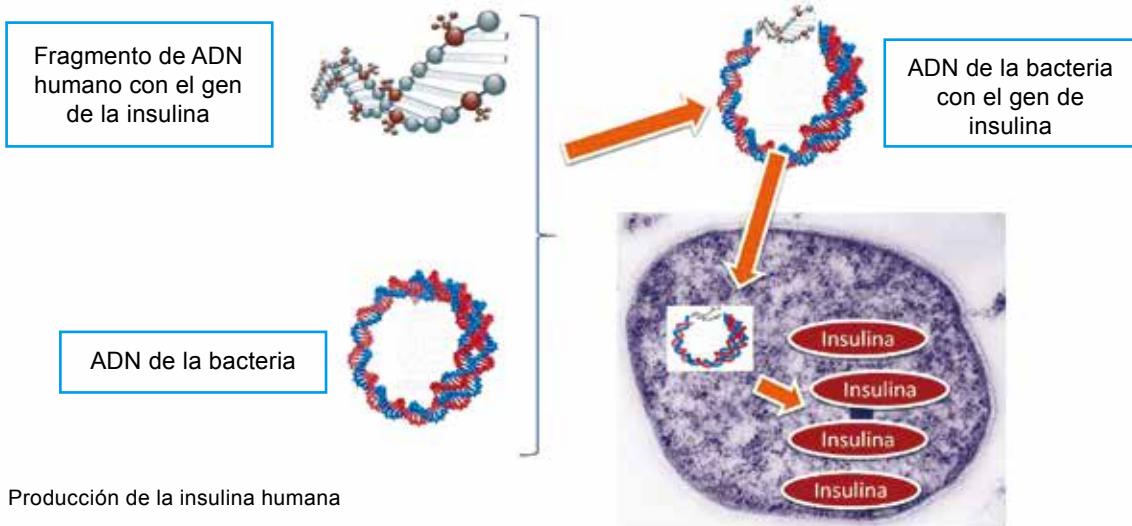


#### • Clonación

Proceso por el que se consiguen copias idénticas de un organismo, célula o molécula mediante ingeniería genética.

En este mismo camino está el trabajo en la **clonación** de genes y su inclusión en microorganismos para que produzcan a escala comercial alguna proteína de mamífero de interés médico y comercial. Dado que aislar una proteína de un tejido de mamífero es caro y complicado, la biotecnología moderna brinda un camino más fácil y económico. El uso de bacterias de sencillo crecimiento para que produzcan proteínas provenientes de otros organismos es uno de los primeros usos de la ingeniería genética.

La producción está orientada a proteínas con un alto valor medicinal, relacionadas con problemas de salud. Uno de los casos más importantes es la utilización de estas técnicas en la producción de la hormona involucrada en la diabetes. La insulina es una proteína producida por el páncreas y tiene la función de regular el azúcar que hay en la sangre. Las personas que tienen esta enfermedad necesitan de la administración de esta hormona diariamente, por eso la fabricación comercial se ha visto favorecida por el uso de la biotecnología moderna.



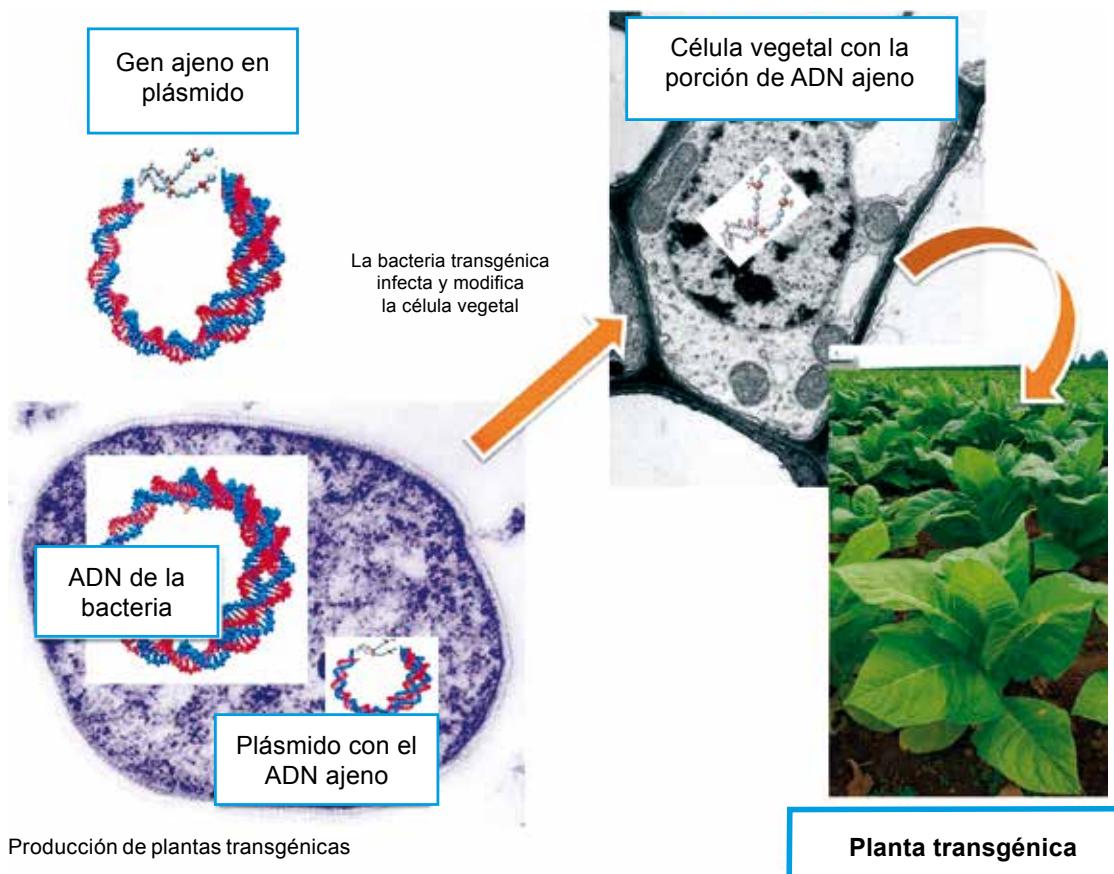
Quizás el uso más conocido y polémico de la ingeniería genética en relación con la producción de alimentos es el de las plantas y animales genéticamente modificados (OGM) o transgénicos. El caso de los microorganismos a los cuales se les agrega algún gen de otro organismo para que produzcan una sustancia de interés, implica también la generación de un OGM. La idea de esta línea de trabajo fue potenciar la producción agrícola y ganadera. La metodología que se utiliza es tomar algún gen de interés e introducirlo en huevos fecundados de animales o en células en cultivo de plantas y de esa manera obtener organismos modificados.

### ¿Sabías que?...

Uno de los productos comerciales más conflictivos en relación con los transgénicos es la soja producida por la empresa Monsanto. Ha logrado que la soja sea resistente a un plaguicida que contiene glifosato. Este plaguicida es un herbicida no selectivo de amplio espectro, que elimina todo tipo de hierbas y de arbustos, y se lo conoce como herbicida total. Su uso se ha hecho muy común. El problema es que cada vez se usan mayores cantidades, porque las plantas se van haciendo más resistentes y lo que es más importante, ha sido cuestionado por su potencial generador de cáncer en las poblaciones cercanas. En el documental francés *El mundo según Monsanto*, se puede ver una descripción de sus efectos adversos y toda la polémica que hay alrededor del uso de este compuesto.



Los productores agrícolas siempre están buscando mejorar sus cultivos, obteniendo variedades de las plantas utilizadas, pero este es un proceso lento y azaroso. La ingeniería genética permite mejorar las plantas introduciéndoles determinados genes propios o ajenos, siendo los tiempos de obtención más rápidos y dirigidos. Por ejemplo, realizar una modificación para que posean un gen que tenga la información de una sustancia que los hace resistentes a algún herbicida, a algún insecto o enfermedad microbiana. Esto le brinda a la planta y a los productores enormes beneficios y por supuesto, menos pérdidas y más rentabilidad. Entre los ejemplos más conocidos están la soja y algodón resistentes a herbicidas y calabazas resistentes a virus.



### Actividades

- 1) Averigüen qué es la “contaminación génica”.
- 2) Busquen y vean el video *El mundo según Monsanto* para su posterior debate. Tengan en cuenta que el documental desarrolla varios aspectos relacionados con los alimentos transgénicos. Por eso sugerimos que elijan uno de ellos (por ejemplo el legal, la información del ciudadano, lo económico, o lo político) y luego lo analicen en el grupo y propongan un debate al resto de la clase.

También se trabaja en la mejora de la calidad de los alimentos, muchas veces buscando que desarrollen un mayor tamaño o un retraso en su deterioro; en definitiva, se busca la mejora de alguna propiedad del vegetal. Existen en la actualidad, por ejemplo, tomates que duran más tiempo desde que son recolectados. La controversia detrás de los vegetales transgénicos es si realmente podrán alcanzar la finalidad de brindar mejor alimentación a toda la población mundial.

En el caso de los animales se trabaja en la introducción de genes en los huevos en desarrollo, se busca comprender mejor la regulación de los genes y la biología del desarrollo de los organismos. Al igual que en las plantas, se busca mejorar el rendimiento de la producción animal en la ganadería, como por ejemplo razas vacunas con mayor producción de leche. También se procura mejorar la resistencia a ciertas enfermedades, reduciendo así la mortandad de animales.

A pesar de las indudables ventajas, existen innumerables críticas y cuestionamientos por los límites éticos que suelen cruzar estas técnicas y por las consecuencias indeseadas que pueden provocar. Por ese motivo es necesario comprender y conocer los puntos a favor y en contra para evaluar críticamente los avances de esta disciplina.

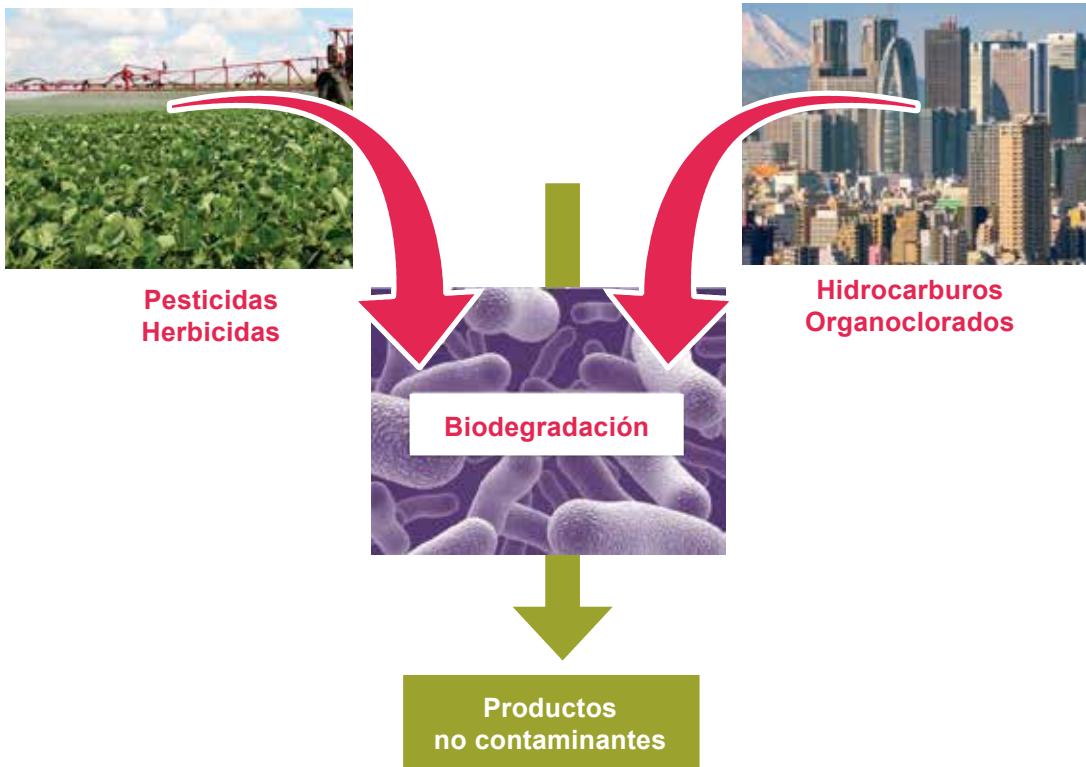


Clonación y transgénesis en especies actuales y la posibilidad de clonar especies extintas

### **VOLVER AL ESTADO NATURAL: LA BIODEGRADACIÓN**

Hemos mencionado que los microorganismos poseen una diversidad metabólica muy alta, presentando rutas metabólicas capaces de transformar todo tipo de compuestos y degradando sustancias para devolver a los ecosistemas los elementos inorgánicos básicos. Quiere decir que existen muchas bacterias y hongos que poseen genes de proteínas capaces de actuar sobre distintas sustancias para catalizarlas. Ahora bien, además de tener que descomponer las sustancias naturales de los ecosistemas, cerrando el ciclo de la materia en los mismos, también se ha descubierto que pueden hacer lo propio con sustancias tóxicas introducidas en el medio por la acción del hombre.

Los dos conceptos involucrados en este tema son la *biodegradación* y la *biorremediación*. El primero de ellos implica la degradación de sustancias tóxicas por parte de microorganismos cuyo resultado son compuestos no dañinos para el ambiente. Es decir que algo es biodegradable si puede descomponerse en los elementos químicos que lo conforman por la acción de las plantas, animales, microorganismos u hongos. Los productos de la biodegradación son utilizados como sustrato por los organismos para producir energía (respiración celular) o en reacciones anabólicas que sintetizan nuevas sustancias.



Biodegradación en contaminantes

**Vocabulario****● Contaminación**

Es la modificación del estado natural de un medio como consecuencia de la introducción de un agente totalmente ajeno a ese medio, la sustancia contaminante.

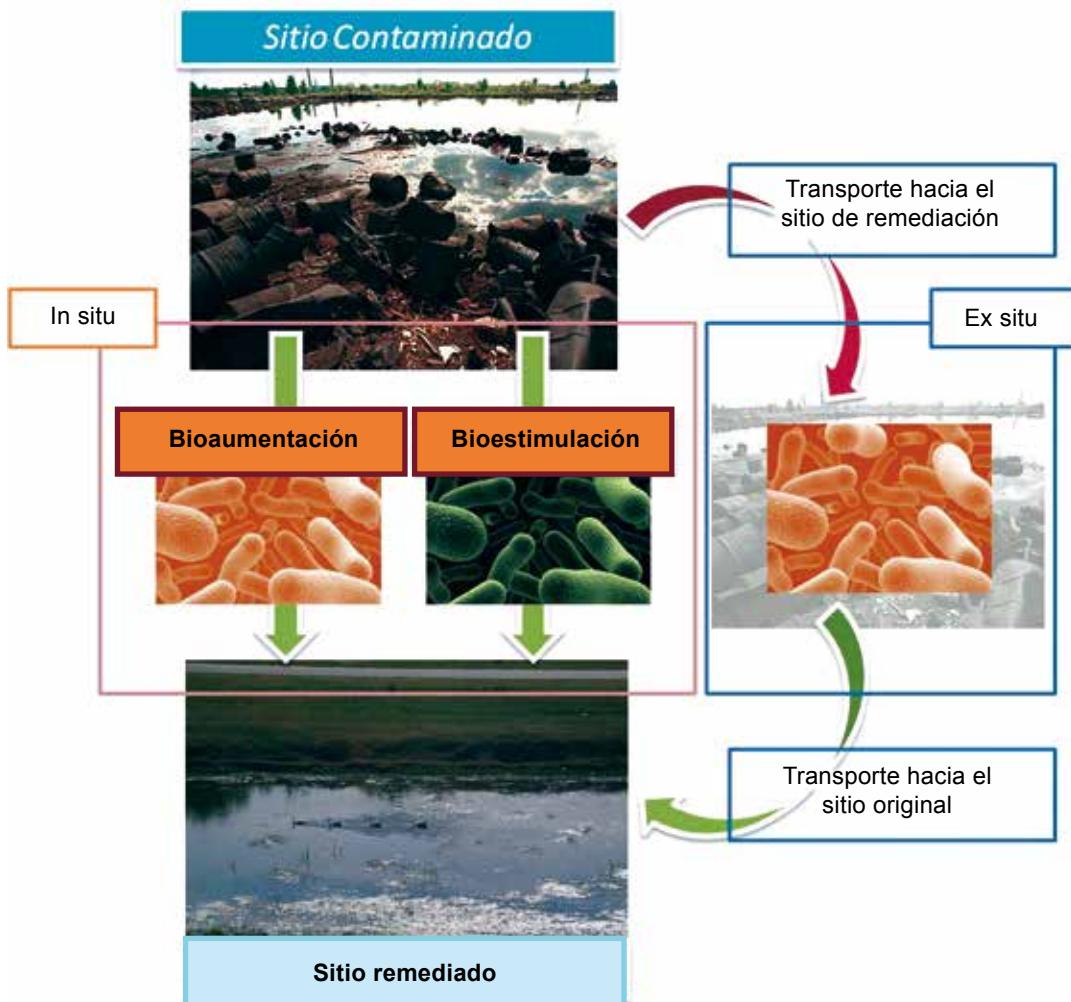
La biorremediación representa la restauración de un ambiente a su estado natural mediante la eliminación de los elementos contaminantes por parte de organismos vivos. En la actualidad se pueden recuperar ambientes muy degradados por la presencia de alguna actividad humana mediante el uso de microorganismos. ¿Qué elementos tóxicos suelen encontrarse en los ambientes?

Los principales son los desechos de los hidrocarburos, los compuestos químicos usados en agricultura, los desechos industriales y las aguas servidas. ¿En dónde

suelen estar presentes? Los elementos tóxicos suelen acumularse en el agua y en el suelo, repercutiendo posteriormente en la condición ambiental de todos los organismos que habitan el ecosistema, incluyendo al hombre, por supuesto. Ahora bien, se puede realizar la biorremediación de dos maneras distintas: tratando el material **contaminado** en el lugar en que se encuentra, denominada *in situ*, o trasladándolo a otros sitios (*ex situ*). Ejemplo de esta última es el tratamiento de **aguas residuales**.

¿Qué se puede hacer ante la presencia de un suelo o un cuerpo de agua contaminado? Una posibilidad es que existan en el mismo medio bacterias u hongos capaces de

degradar los compuestos contaminantes. La otra posibilidad es el uso de la ingeniería genética para crear organismos específicamente diseñados para consumir el compuesto de interés. Esto último es posible debido al amplio espectro metabólico de los organismos, lo que permite pensar que siempre es potencialmente ubicable una enzima capaz de degradar las sustancias de interés.



Proceso de remediación ambiental

### ¿Sabías que?...

Los microorganismos se han utilizado para eliminar la contaminación por derrames de petróleo ocurridos en el mar o en las playas como consecuencia de las llamadas "mareas negras". Uno de los casos más notorios ha sido el de la limpieza de 10.000 m<sup>2</sup> de playa del Parque Nacional de las Islas Atlánticas que sufrió los efectos de la marea negra del buque Prestige, en el año 2002 en las costas de Galicia, en España. También se utilizaron bacterias en la limpieza de 110 millas de playa en el vertido del buque Exxon Valdez, en Alaska, en marzo de 1989. Estas bacterias eliminan los hidrocarburos al digerirlos en reacciones de su metabolismo.

Uno de los usos más antiguos de la biodegradación es en la remediación de ambientes contaminados con productos de la industria petroquímica, durante su producción, el uso y principalmente, los derrames. Los métodos tradicionales de eliminación eran la excavación e incineración en suelos y el bombeo de agua. Pero son caros y lo que es más importante, poco efectivos. En las últimas décadas la opción pasó a ser el uso de microorganismos; así la microbiota degrada los hidrocarburos presentes en los ambientes naturales. Puede realizarse de dos maneras. Una, a partir de la introducción de microorganismos ajenos al ambiente y capaces de procesar los compuestos tóxicos; esta metodología se denomina *bioaumentación*. La otra opción es que existan en el ambiente organismos capaces de degradar los compuestos. Pero como lo hacen a un ritmo muy lento, se utiliza la *bioestimulación*, esto es, se enriquece el ambiente con nutrientes esenciales para aumentar la actividad microbiana.



Muestreo ambiental antártico

### Actividad

Busquen información sobre los usos y alcances de la biorremediación en Argentina. Te sugerimos en internet las páginas del INTA, el INTI, el Instituto Antártico Argentino y ArgenBio.

### Vocabulario

#### ● Sustancias radiactivas

Son compuestos que emiten radiaciones que tienen la propiedad de impresionar placas fotográficas, ionizar gases y causar daño a las células.

### ¿Sabías que?...

#### Adaptadas al frío y algo más...

La Antártida es un continente que en principio parece inhóspito y donde solo es posible la existencia de muy pocos organismos. En esos ambientes tan críticos viven adaptadas una bacterias extremófilas llamadas *psicrófilas*, cuya característica es la de poder crecer solamente a bajas temperaturas. Los microorganismos y los escasos vegetales de la Antártida lograron una compleja gama de adaptaciones, tanto en sus componentes celulares como en sus mecanismos de biosíntesis y en la obtención de alimentos, para poder sobrevivir en un medio extremadamente frío y de escasos nutrientes. Entre esas adaptaciones mencionamos la posibilidad de metabolizar hidrocarburos, un producto presente en las cercanías de las bases militares y científicas luego de muchas décadas de presencia humana. Debido a que las normativas ambientales de la Antártida no permiten el ingreso de especies ajenas, para poder remediar los ambientes que presentan algún grado de contaminación, investigadores del Instituto Antártico Argentino desarrollan técnicas de bioestimulación para que las propias bacterias del suelo trabajen en la remediación de los mismos.

Existen compuestos que además de ser contaminantes como los hidrocarburos, presentan un alto peligro para la salud por su capacidad de generar cáncer y malformaciones: los elementos radiactivos y los organoclorados. En 1994 se descubrió que la bacteria *Geobacter sulfurreducens* provoca la precipitación de numerosos metales, entre ellos algunos con radiactividad, como el uranio, el tecnecio y el cromo. Se la usa para depurar aguas contaminadas con **sustancias radiactivas**, ya que al provocar su precipitación permite disminuir los niveles de radiación.

El caso de los organoclorados también ha cobrado mucha importancia en las últimas décadas. Éstos son compuestos de carbono y cloro, cuya amplia variedad estructural y propiedades químicas hicieron que se usen en una amplia gama de aplicaciones (en pesticidas, refrigerantes de transformadores eléctricos, etc.). Lamentablemente mucho tiempo después se supo de su potencial capacidad de generar cáncer en las personas, lo cual hizo que se prohibiera su uso comercial. Al igual que con los hidrocarburos, es necesario aplicar metodologías para la eliminación de los organoclorados presentes en el agua y el suelo. Uno de los **microorganismos** usados son los hongos del género *Trichoderma*, que pueden degradar organoclorados, clorofenoles y otros insecticidas como el glifosato. Posee enzimas específicas que contribuyen a la simplificación de moléculas complejas como son las de los biopesticidas.

En la actualidad, mediante la ingeniería genética es posible seleccionar, mejorar y manipular los organismos implicados en la biodegradación. Sin embargo esto plantea numerosas inquietudes y reclamos debido al escaso conocimiento que se tiene de las interacciones que puedan existir con los organismos modificados genéticamente, tanto entre sí como entre ellos y el medio. Por ese motivo se reclaman controles estrictos sobre estos organismos cuando han sido manipulados mediante técnicas de ingeniería genética. El peligro es que pueden competir de forma ventajosa con los organismos del medio desplazándolos, ocasionando así alteraciones en las redes tróficas. En este sentido la utilización de organismos del propio ambiente en procesos de remediación *in situ* parece la opción más apropiada.

### DEBATE FINAL: LOS BIOCOMBUSTIBLES Y LA BIOTECNOLOGÍA

Ya mencionamos que la ciencia atravesó durante el siglo XX un proceso de cuestionamientos y cambios a partir de algunos logros en principio “no tan buenos” para la sociedad. En la actualidad uno de los temas relacionados con la biotecnología es el de los biocombustibles. ¿Ante la escasez de hidrocarburos y su poder contaminante es bueno hacer combustible a partir de vegetales? Los biocombustibles son recursos energéticos fabricados por el ser humano a partir de materias producidas recientemente por seres vivos. Pueden ser líquidos, sólidos o gaseosos, y su finalidad última es liberar la energía contenida en sus componentes químicos mediante una reacción de **combustión**. En los inicios se comenzó con la parte alimenticia de las plantas, la que tiene un alto contenido de almidón, azúcares y aceites. En la actualidad se producen a partir de bacterias genéticamente modificadas, las que emplean anhídrido carbónico o alguna otra fuente de carbono.

Pero no todo lo que brilla es oro; sobre lo que en principio se pensó como una alternativa al uso del petróleo y que presentaba numerosas ventajas, hoy empieza a ser cuestionado. Lo primero que hay que tener en cuenta es que la Organización de Alimentos y Agricultura (FAO, por sus siglas en inglés), en un importante documento de publicación

#### Vocabulario



##### • Combustión

Es una reacción química de oxidación, en la cual se genera una gran cantidad de calor debido a la presencia de combustible y un comburente, generalmente oxígeno.

## Vocabulario



### ● Seguridad alimentaria

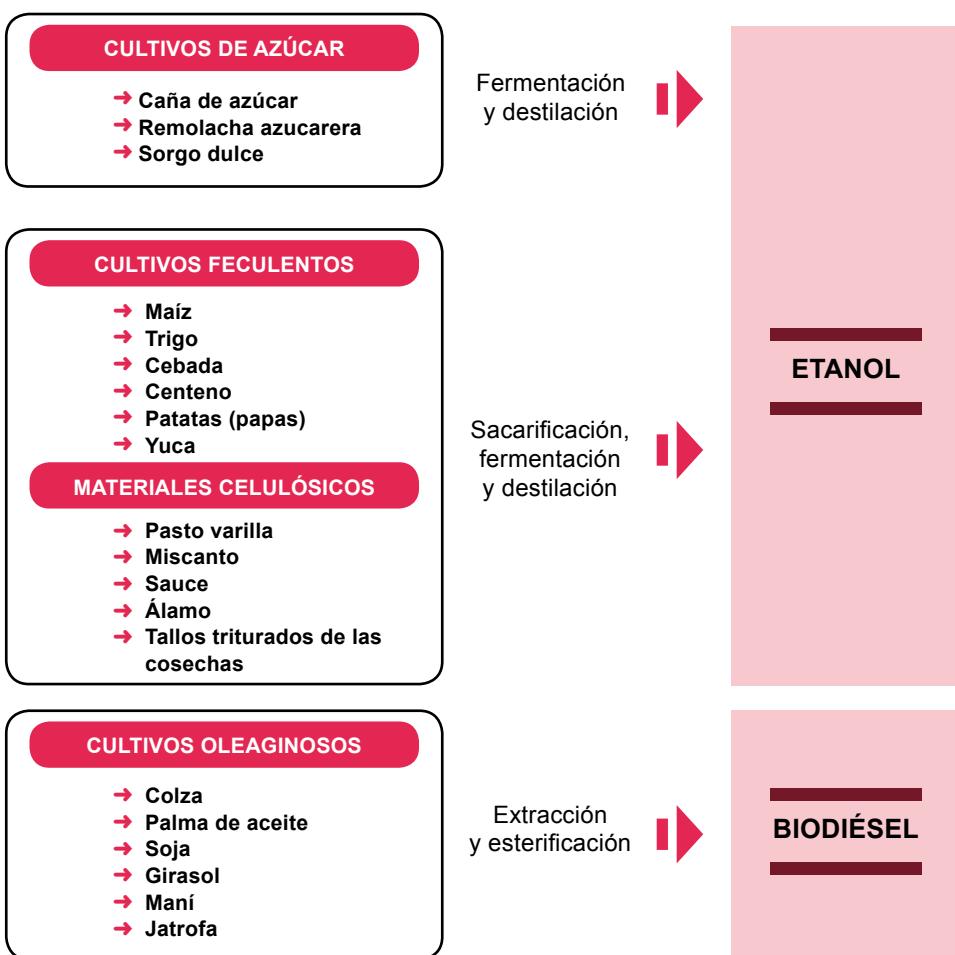
La disponibilidad y acceso a los alimentos por parte de la población, un hogar está en una situación de seguridad alimentaria si todos sus integrantes no viven con hambre o bajo el temor a la inanición.

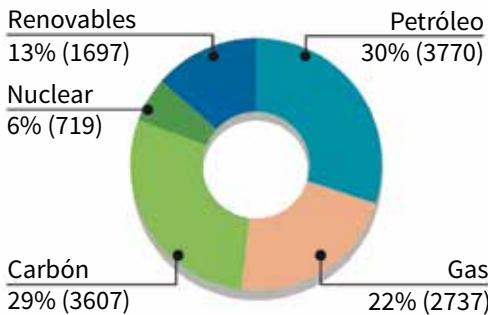
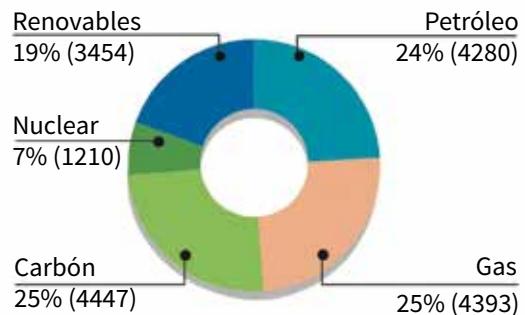
### ● Uso de la tierra

Se refiere a cualquier tipo de utilización humana de un terreno para su beneficio, puede ser urbanización, agricultura o ganadería entre otros.

anual producido en 2008 y titulado “El estado mundial de la agricultura y la alimentación” menciona: “No obstante la limitada importancia de los biocombustibles líquidos en cuanto a su proporción del suministro mundial de energía, así como en comparación con la de los biocombustibles sólidos, sus efectos directos y considerables para los mercados agrícolas mundiales, el medio ambiente y la **seguridad alimentaria** son ya objeto de debate y controversia. Esta nueva fuente de demanda de productos agrícolas básicos crea oportunidades pero también riesgos para el sector alimentario y agrícola”.

## CONVERSIÓN DE MATERIAS PRIMAS AGRÍCOLAS EN BIOCOMBUSTIBLES LÍQUIDOS



**Estructura energética mundial 2012****Estructura energética mundial 2040**

Mtoe: millones de toneladas equivalentes de petróleo

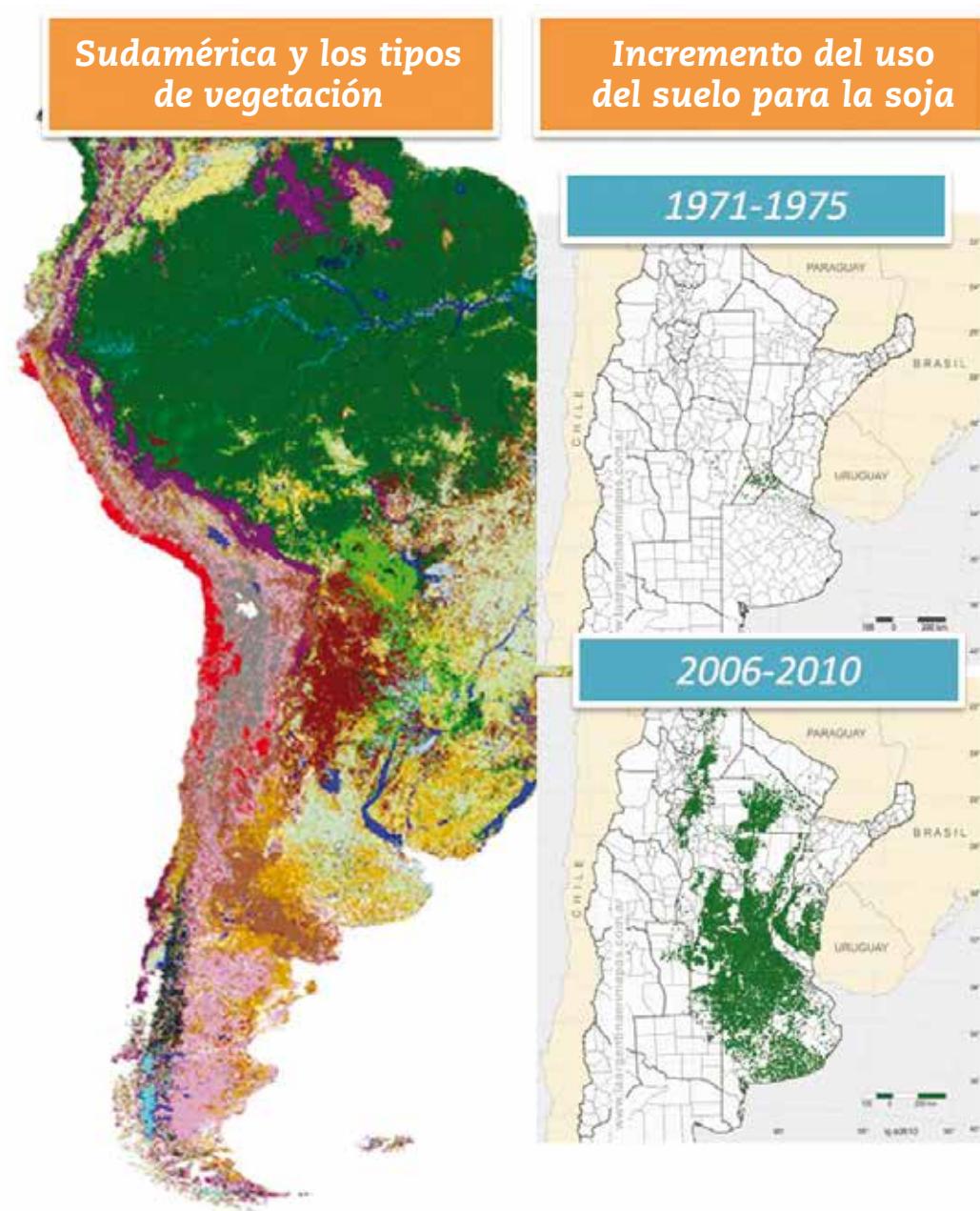
Nota: no se incluyen depósitos internacionales marítimos y aéreos

Evolución del consumo mundial de energía por fuente (2012-40) en Mtoe y %. Fuente: Elaboración propia a partir de datos ofrecidos por la AIE

Repasemos entonces algunos puntos de interés. Primero, la cuestión ambiental. Existen seguramente implicaciones potenciales sobre el medioambiente y también sociales debido al continuo crecimiento del uso de este tipo de combustibles. La reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero es uno de los objetivos explícitos de algunas medidas reglamentarias de apoyo a la producción de biocombustibles. Pero por otro lado, la producción agrícola provoca en general efectos negativos inesperados en el suelo, el agua y la biodiversidad que son preocupantes en relación con los biocombustibles.

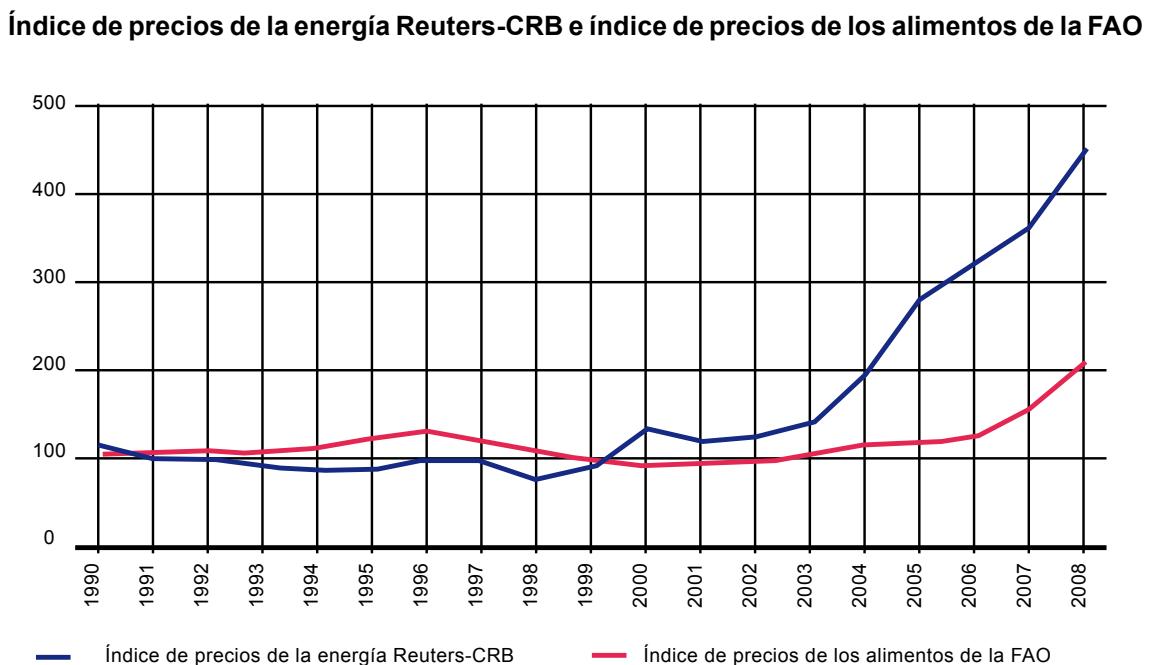
La magnitud de estos efectos depende de la manera en que se producen y se procesan las materias primas para biocombustibles, de la escala de la producción y, especialmente, del modo en que influyen en el cambio del **uso de la tierra** la intensificación y el comercio internacional. Por eso la FAO señala: “Un hecho sumamente importante es que los gases de efecto invernadero también pueden emitirse por cambios en el uso de la tierra, directos o indirectos, causados por el aumento de la producción de biocombustibles; por ejemplo, el carbono almacenado en los bosques o en los pastizales se libera del suelo durante la conversión de la tierra para la producción de cultivos”. Quiere decir que la pérdida de pastizales y bosques para usar la tierra para la generación de combustibles puede tener un efecto negativo mayor sobre el problema del calentamiento global que el efecto positivo de usar combustibles que emiten menos dióxido de carbono.

Segundo, la cuestión alimentaria. Según la FAO: “A pesar de que la producción de biocombustibles sigue siendo reducida en el contexto de la demanda total de energía, sí resulta significativa en lo que respecta a los niveles actuales de producción agrícola”. ¿Puede entonces la producción agrícola para biocombustibles pasar a ser la principal demanda para los alimentos? ¿Qué efectos tendrá? Pensemos que los alimentos en los hogares más pobres son una parte importante de sus gastos, por lo que los precios de los alimentos afectan directamente a la **seguridad alimentaria**.



Fuente: CONICET

La FAO menciona que debemos pensar en dos aspectos fundamentales que pueden ayudar a evaluar los efectos de la evolución de la producción de los biocombustibles en la **seguridad alimentaria**: los precios de los alimentos y los ingresos de los hogares. Dado que se prevé el aumento de los precios de los alimentos, empeorará la situación de los hogares con menos recursos tanto en zonas urbanas como rurales. Mientras que los hogares rurales de mejor posición económica, que son los productores y vendedores de alimentos, podrán beneficiarse por el aumento de los ingresos derivados de la suba de los precios.



Se espera que si la industria de los biocombustibles progresá, se ponga en serio riesgo alimentario a la población más carenciada por un aumento notorio de la pobreza. Para los hogares más pobres, los gastos en alimentos representan, en general, la mitad y, a veces incluso más, del total de sus gastos. Si los costos aumentan, la situación empeora, no hay ninguna duda de ello.

Un problema relacionado con este tema es el desarrollo de monocultivos, esto es, plantaciones de gran extensión con el cultivo de una sola especie. Ya son ampliamente conocidos los problemas que trae la no variación de cultivos. La biodiversidad se ve amenazada por la pérdida del hábitat cuando se expande un área destinada a la producción de cultivos; pero también la biodiversidad agrícola es vulnerable frente al monocultivo en gran escala, y puede implicar también la disminución del uso de variedades tradicionales. Para algunos, la situación es preocupante: “Las nuevas y amplias plantaciones de monocultivo que se destinan a la producción de los agrocombustibles están incrementando la emisión de gases de efecto invernadero debido a la deforestación, el drenaje de zonas húmedas y la desaparición de las tierras comunales. Simplemente, en el planeta no hay suelo suficiente como para generar todo el combustible del que precisa una sociedad industrial para satisfacer las necesidades, cada vez más numerosas, del transporte de personas y bienes”.

Finalmente debemos mencionar que hay mucho debate sobre este tema, ya que supone hablar de los beneficios o no de ciertas aplicaciones tecnológicas en pos de una mejora de la calidad de vida de la sociedad toda. Recordemos que la biotecnología busca usar los organismos vivos en beneficio de las personas; lo importante es que estos puedan llegar a la mayor cantidad de personas y no solo a un sector minoritario.

## BIBLIOGRAFÍA

Alberts, Bruce, et al. *Biología molecular de la célula*, Barcelona: Omega, 1996.

Álvarez Maciel, C. "Biocombustibles: desarrollo histórico, mercados actuales y comercio internacional" en *Revista Economía Informa*, Nº 359, 2009.

Amorena, C.; Goldman, A. *Entre el calamar y el camello. O del control del medio interno*, Buenos Aires: Eudeba, 2006.

Anzolín, A. *Lazos verdes*, Buenos Aires: Maipue, 2006.

Baker, J. "The Cell-theory: a Restatement, History, and Critique" en *Quarterly Journal of Microscopical Science*, vol. 96, 1955.

Boff, L. *Ecología: grito de la tierra grito de los pobres*, Buenos Aires: Lumen, 1996.

Brailovsky, A. *Ésta, nuestra única Tierra*, Buenos Aires, Maipue, 2004.

— *Memoria verde argentina*, Buenos Aires: Norma, 1993.

— *Verde contra verde*, Buenos Aires: Norma, 1993.

Conway Morris, S. "The Crucible of Creation", 16/3/2000. Disponible: <<http://www.starcourse.org/crucible.html>>.

Curtis, H.; Barnes N. *Biología*; Buenos Aires: Médica Panamericana, 1993.

Earth Works Group. *50 cosas que usted puede hacer para salvar la tierra*, Buenos Aires: Emecé, 1995.

Gould, S. *La vida maravillosa. Burgess Shale y la naturaleza de la historia*, Barcelona: Crítica, 1991.

Madigan, M.; Martinko, J.; Parker, J. *Biología de los microorganismos*, Ciudad de México: Prentice Hall, 1999.

Margulis, L. *El origen de la célula*, Buenos Aires: Reverté, 2001.

Mayr, E. *Así es la Biología*, Buenos Aires: Ediciones Debate, 1995.

— *Por qué es única la Biología*, Buenos Aires: Katz, 2004.

Morrow, R. *Guía de permacultura*, BRC Bariloche, 2010.

Nesse, R.; Williams, G. *¿Por qué enfermamos?*, Barcelona: Grijalbo, 2000.

Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación (FAO). "El estado mundial de la agricultura y la alimentación. Biocombustibles: perspectivas, riesgos y oportunidades", 2008.

## **Bibliografía**

---

- Purves, W.; Sadava, D.; Orians, G.; Heller, H. *Vida, la ciencia de la Biología*, Buenos Aires: Médica Panamericana, 2003.
- Southwood, R. *La historia de la vida*, Buenos Aires: El Ateneo, 2004.
- Tortora, G.; Grabowski, S. *Principios de Anatomía y Fisiología*, Ciudad de México: Oxford, 2002.
- Vallely, B. *1001 formas de salvar el planeta*, Buenos Aires: Obelisco, 1997.
- Villee, C. *Biología*, Ciudad de México: McGraw-Hill, 1996.

## **Páginas web**

- Cell Image Library. <<http://cellimagelibrary.org/home>>
- Cells alive. <<https://www.cellsalive.com/>>
- Centro de Investigación de Los Andes. <<https://bit.ly/2RfQh9B>>
- Dennis Kunkel. <<http://www.denniskunkel.com/>>
- Ecología verde. <<https://www.ecologiaverde.com/>>
- El placer de viajar. Blog de Arturo Bullard. <<http://arturobullard.blogspot.com/>>
- Science Photo. <<https://www.sciencephoto.com/>>