



 estrada

Seguimos haciendo historia.

[www.editorialestrada.com.ar](http://www.editorialestrada.com.ar)  
[argentina.info@estrada@macmillaneducation.com](mailto:argentina.info@estrada@macmillaneducation.com)  
[/EditorialEstrada](https://www.facebook.com/EditorialEstrada)

Cód. 27512

ISBN 978-950-01-2481-2



9 789500 124812 >



**NUEVO  
HUELLAS**



# BIOLOGÍA 4<sup>ES</sup>

Intercambios de materia y energía,  
de la célula al ecosistema

David Aljanati | Laura Lacreu | Laura Socolovsky  
Coordinadora: Laura Fumagalli

 estrada  
Seguimos haciendo historia



**BIOLOGÍA 4 NUEVO HUELLAS** es un proyecto ideado y realizado por el Departamento Editorial de Editorial Estrada S.A.

**Corrección:** Pilar Flaster

**Diagramación:** Marcela Jiménez

**Ilustraciones:** Marcela Colace

**Fotografías:** 123RF, ShutterStock, Archivo de Imágenes Grupo Macmillan, Wikimedia Commons, Flickr y Casandra Godio

**Wikimedia commons:** P. 12: finds.org.uk CC BY-SA 2.0; P. 23: Khayman CC BY-SA 3.0; P. 24: MRC Laboratory of Molecular Biology CC BY-SA 4.0; P. 25: Timjaret CC BY-SA 3.0; P. 30: jisla CC BY 2.0; P. 39: Whidou CC BY-SA 4.0; P. 61: C. Abramczukas CC BY 2.5; P. 116: Roncup CC BY-SA 4.0; P. 119: Lesosol1 CC BY-SA 4.0; P. 123: Mnolf CC BY-SA 3.0; P. 125: Wellcome Images CC BY 4.0; P. 138: MargaritaGreen CC BY-SA 2.0; P. 157: Dr. Horst Növe, Max Rubner-Institut CC BY-SA 3.0 DE; P. 165: Alejandro Porto CC BY-SA 3.0; P. 177: International Rice Research Institute (IRRI) CC-BY-2.0; P. 202: RoskoGirA CC BY-SA 4.0; P. 203: Professor William Hickory CC BY-SA 2.0; Julian Assange CC BY-SA 2.0; P. 209: Amatona1121 CC BY-SA 3.0; P. 232: NIUAD CC BY 2.0; P. 233: Dgob.Marin CC BY 3.0; P. 234: Michael Dvorak CC BY 2.5; Lip Kee CC BY-SA 2.0; P. 247: Equi CC BY 2.5; P. 266: Terraprima CC BY 3.0; P. 273: Hd schipul CC BY 2.0;

**Shutterstock:** P. 18: Matej Kastelic; P. 44: ArchivoUKE; P. 48: Andrea Donati; P. 49: Studio Caramel; P. 34, P.61: Aldona Gintkeviciene; P. 55: Jose Luis Calvo; P. 79: Juimedical; P. 88: NoPanNoGuan; P. 115: CdoPhane; P. 122: Designus; P. 136: Struna; P. 148, P. 156: olegrafica; P. 149: KPWangkanont; P. 135, P. 163, P. 172: Ernse Irm; P. 163: O. Kucharski K.; P.176: Ted Blackbrow/Associated Newspapers; Kucharski; P. 234: Agami Photo Agency; P. 235: British Antarctic Survey; P. 255: Frontpage

**Flickr:** P. 18: Tom Dua; P. 26: Adam Neman; P. 87: University of Liverpool Faculty of Health & Life Sciences; P. 160: Carlos Ingala; P. 168: Swedish History Museum; P. 199: USFCRIF; P. 214: Ministerio de Cultura de la Nación Argentina; P. 243: James St. John

Socolovsky, Laiza  
Biología 4 ES : intercambio de materia y energía, de la célula al ecosistema / Laiza Socolovsky ; Laiza Irene Lacreu ; David Aljaniati ; coordinación general de Inés Laiza Fumagalli. - 1a ed. - Boulogne: Estrada, 2019.  
380 p. ; 28 x 22 cm. - (Nuevo huella)

ISBN 978-950-01-2481-2

1. Educación. 2. Biología. 3. Educación Secundaria. I.Lacreu; Laiza Irene. II.Aljaniati, David. III. Fumagalli, Inés Laiza, coord. IV.Thala  
CDD: 570.712

© Editorial Estrada S.A., 2019

Editorial Estrada S.A. forma parte del Grupo Macmillan.

Av. Blanco Encalada 104 – San Isidro, provincia de Buenos Aires, Argentina.

Internet: [www.editorialestrada.com.ar](http://www.editorialestrada.com.ar)

Obra registrada en la Dirección Nacional del Derecho de Autor.

Hecho el depósito que marca la Ley 11.723.

Impreso en Argentina.

Printed in Argentina.

ISBN 978-950-01-2481-2

La presente obra se ha elaborado teniendo en cuenta los aportes surgidos de los encuentros organizados por el Instituto Nacional contra la Discriminación, la Xenofobia y el Racismo (INADI) con los editores de texto.

Las personas que hicimos este libro estamos comprometidas con los valores de la diversidad, la igualdad y la no discriminación. Por eso, buscamos que el lenguaje utilizado en nuestros textos sea inclusivo y esté libre de estereotipos. Solo usamos el masculino genérico para facilitar la lectura en aquellos casos en los que no hemos encontrado una mejor alternativa.

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 cualquier medio, sea electrónico o mecánico, mediante fotocopias, digitalización y otros métodos, sin el permiso previo y escrito del editor. Su infracción está penada por las leyes 11.723 y 25.446.

**COLOFÓN**



# BIOLOGÍA 4

Intercambios de materia y energía,  
de la célula al ecosistema

NUEVO  
HUELLAS

**Gerenta Editorial:** Judith Rasnosky

**Coordinadora de Arte:** Natalia Otranto

**Editora del Área de Ciencias Naturales:** Luz Salatino

## AUTORES

David Aljaniati

Licenciado en Ciencias Biológicas (uba). Ejerció como docente en los niveles primario, medio, superior y universitario. Capacitador docente en los niveles primario y medio. Autor de libros de texto y de divulgación científica. Autor de material didáctico para diferentes jurisdicciones y para el Ministerio de Educación de la Nación.

Laura Socolovsky

Es Licenciada en Ciencias Biológicas (uba). Especialista en Didáctica de Ciencias Naturales. Integro equipos técnicos de los ministerios de Educación de la Nación, de la Ciudad de Buenos Aires y de la provincia de Buenos Aires. Es autora de libros de texto y de materiales de desarrollo curricular. Se desempeñó como profesora en Institutos de Formación Docente. Integra el equipo del Espacio Pedagógico de la Facultad de Ciencias Exactas (uba).

Laura Lacreu

Es Licenciada en Ciencias Biológicas (uba). Especialista en la enseñanza de las Ciencias Naturales y en la producción curricular del área. Docente y capacitadora docente en los distintos niveles educativos. Autora de textos, artículos de su especialidad y materiales didácticos para el nivel primario, secundario y terciario.

Coordinación: Laura Fumagalli

Es Doctora en Ciencias Sociales y Magíster en Educación y Sociedad (por Iuoso Argentina). Es licenciada en Ciencias de la Educación (uba), profesora de nivel inicial (Instituto Superior de Profesorado de Educación Inicial "Sara C. de Eccleston") y profesora de enseñanza primaria (Instituto de Enseñanza Superior Mariano Acosta). Su desarrollo profesional se ha dado en las áreas de didáctica de las ciencias naturales, políticas curriculares y políticas de formación docente continua. Es autora de numerosos libros de texto y diversas publicaciones académicas.



# ÍNDICE

Para aprovechar este libro	8	La nutrición en los sistemas vivos	38	Los leucocitos o glóbulos blancos	70	<b>Estudio de caso.</b> Alimentación, seguridad y soberanía alimentaria	104
<b>La construcción de conocimiento biológico</b>	<b>10</b>	La nutrición en los animales. Unidad y diversidad	39	Los eritrocitos o glóbulos rojos	71	Resumen de bloque	106
El conocimiento del mundo natural:		Propuesta de actividades	40	Los trombocitos o plaquetas	71	Actividades de integración de bloque	107
del pensamiento mágico al conocimiento científico		<b>Capítulo 2. La nutrición en el organismo humano. Digestión y respiración</b>	<b>42</b>	Alteraciones cardiovasculares	72		
Saberes prácticos y pensamiento mágico religioso en las primeras sociedades humanas	12	Los sistemas de nutrición, una mirada integrada al organismo humano	42	Controles sobre el sistema cardiovascular	72		
El conocimiento del mundo natural en la reflexión de los filósofos griegos	12	La incorporación de materia y energía	43	Prevención de enfermedades cardiovasculares	73	<b>Bloque 2. Las células como sistemas abiertos</b>	<b>108</b>
El conocimiento del mundo natural en las sociedades medievales	12	Nutrición y digestión	44	El sistema linfático	74		
El conocimiento del mundo natural en el Renacimiento	14	El sistema digestivo	45	Recolección de líquido intracelular y función de defensa	75	<b>Capítulo 5. La estructura celular</b>	<b>110</b>
El conocimiento científico del mundo natural en la modernidad	14	El proceso de la digestión	46	Diversidad de sistemas circulatorios	76	Diferentes teorías sobre la constitución de los seres vivos	110
Rasgos que definen al conocimiento científico del mundo natural	16	El proceso digestivo se inicia en la boca y continúa en el estómago	47	La circulación en peces, anfibios y reptiles	76	El microscopio y la historia de la teoría celular	111
El conocimiento, su aplicación y su contexto histórico	17	La digestión finaliza en el primer tramo del intestino delgado	48	Sistemas circulatorios abiertos	77	El surgimiento del término célula	111
El conocimiento científico, una actividad pública y colectiva	17	La absorción de las sustancias	48	La excreción	78	De la célula como unidad, a la teoría celular	112
La democratización del acceso al conocimiento científico y el control de la sociedad	18	Absorción de nutrientes en el yeyuno y en el ileon	48	El agua y el equilibrio hídrico	78	Diferentes teorías sobre la constitución de los seres vivos	113
La biología, una ciencia	20	La absorción se completa en el intestino grueso	49	El medio interno y el balance hídrico	79	Las ventajas de estar formados por células microscópicas	114
La pregunta sobre el origen de las especies	21	El transporte de los nutrientes	49	El sistema urinario	80	La formación de la orina	114
La teoría de Darwin y Wallace	22	La regulación de la digestión	50	La eliminación de la orina	80	La observación de las células en la actualidad	115
La pregunta sobre el origen de la vida	23	La regulación de la glucemia. Insulina y glucagón	50	Las características de la orina	81	Características estructurales de todas las células	115
La biología en la actualidad	24	Diversidad de sistemas digestivos	51	Deficiencias de la función renal y sus consecuencias	81	Tipos de células	116
El siglo de la biología	25	Captura y trituración del alimento	51	La hemodiálisis	82	Estructura de las células procariotas	116
Biología y progreso	25	Intestinos según la dieta	51	La regulación del equilibrio hídrico	82	Estructura de las células eucariotas	117
<b>Estudio de caso.</b> Genética y Derechos Humanos	26	La respiración	52	Diversidad de sistemas excretores	83	Componentes de las células animales	118
<b>Bloque 1. Los organismos como sistemas abiertos y complejos</b>		El sistema respiratorio	52	El equilibrio hídrico en el ambiente acuático	84	La membrana celular	118
<b>Capítulo 1. Un enfoque sistemático para el estudio de los seres vivos</b>	<b>30</b>	Los órganos del sistema respiratorio y sus funciones	53	<b>Propuesta de actividades</b>	85	El citoplasma	119
Distintas formas de entender a los seres vivos	30	El recorrido del aire	54	Sistemas de membranas internas	85	Sistemas de membranas internas	120
Los sistemas	32	El aire llega a los pulmones	55	Los ribosomas	86	Los mitocondrias	121
Características de los sistemas	32	El intercambio gaseoso en los alvéolos	56	El núcleo celular	86	El núcleo celular	122
Distintas formas de caracterizar un sistema	33	El mecanismo de la respiración	57	Las células vegetales	89	Las células vegetales	123
Las características de los seres vivos	34	Frecuencia respiratoria	58	Diferencias entre células animales y vegetales	90	Diferencias entre células animales y vegetales	124
Los seres vivos poseen una estructura	34	La regulación de la respiración	59	Las células de los hongos	91	Las células de los hongos	124
Los seres vivos crecen y se desarrollan	35	Un ejemplo de regulación: la respiración de altura	60	<b>Propuesta de actividades</b>	92	Propuesta de actividades	125
Los seres vivos tienen la capacidad de reproducirse	35	Diversidad de los sistemas respiratorios	61	<b>Capítulo 4. La alimentación humana</b>			
Los seres vivos comparten una historia evolutiva	35	Respiración aérea	61	Alimentación y salud	88		
Los seres vivos intercambian materia y energía con el entorno	36	Respiración acuática	61	Estado nutricional	88		
Los seres vivos perciben los cambios y reaccionan ante ellos	36	Propuesta de actividades	62	Dieta saludable	89		
Los seres vivos mantienen su medio interno estable	37	<b>Capítulo 3. La nutrición en el organismo humano. Circulación y excreción</b>	<b>64</b>	La energía de los alimentos	90		
		La circulación	64	Aporte nutricional de los alimentos	91		
		El sistema cardiovascular	65	Los lípidos y la salud	93		
		La estructura y el funcionamiento del corazón	66	Vitaminas y minerales	93	<b>Capítulo 6. La composición química de las células</b>	<b>128</b>
		La regulación del ritmo cardíaco	67	El agua en la dieta	94	La composición química de los seres vivos	128
		El recorrido de la sangre	68	Rotulado de los alimentos envasados	95	Las moléculas de importancia biológica: las biomoléculas	
		La sangre y su composición	69	Variaciones en los requerimientos nutricionales	96	Modelos moleculares	
		La sangre es una mezcla que se puede separar en fases	69	La nutrición en la adolescencia	96	Las macromoléculas	
		La formación de las células sanguíneas	70	La nutrición en el embarazo	97	Las proteínas	
				La nutrición en la tercera edad	98	La estructura de las proteínas	
				Enfermedades transmitidas por el agua y por los alimentos	98	Las funciones biológicas de las proteínas	
				Alimentación, sociedad y cultura	99	Las enzimas	
				La distribución de los alimentos en el mundo	99	Los carbohidratos	
				La alimentación como rasgo sociocultural	100	Composición y estructura de los carbohidratos	
				Cultura alimentaria, permanencias y cambios	100	Las funciones biológicas de los carbohidratos	
				Imagen corporal y alimentación en la adolescencia	101	Los lípidos	
				Leyes de tales	101	Estructura y funciones biológicas de los lípidos	
				Propuesta de actividades	102	Los ácidos nucleicos	



Composición y estructura de los ácidos nucleicos	137	Relaciones de la fotosíntesis con otros dos procesos metabólicos	164	Un lago y el primer modelo de ecosistema	195	Adaptaciones a la temperatura	235
Las funciones biológicas de los ácidos nucleicos	138	<b>Propuesta de actividades</b>	165	Los ecosistemas como modelos teóricos	196	Adaptaciones a la luminosidad	236
Otras sustancias de importancia biológica	139			Propiedades de un ecosistema	197	Coevolución	237
Los minerales	139			Ecosistemas y evolución biológica	198	<b>Propuesta de actividades</b>	238
Las vitaminas	139			Propuesta de actividades	199		
<b>El agua en las células</b>	140					<b>Capítulo 12. El cambio en los ecosistemas</b>	
Composición y estructura del agua	140					Los ecosistemas en el tiempo	242
Las propiedades del agua	140					Las grandes extinciones de los seres vivos	243
<b>Propuesta de actividades</b>	141					Sucesión ecológica	244
						Etapas seriales y etapa climax	245
						Cambios de biomasa y producción primaria en las sucesiones ecológicas	246
<b>Capítulo 7. Metabolismo celular</b>	144					Modelos alternativos para explicar la sucesión ecológica	246
Las células, sistemas abiertos	144	<b>Técnicas y procesos actuales de la biotecnología</b>	170			Teorías de monoclimax y polyclimax	247
El pasaje de sustancias a través de la membrana celular	145	Biotecnología tradicional	170			Modelos de facilitación, inhibición y tolerancia	248
El transporte pasivo	146	La producción de biogás mediante bacterias	170			Climax edáficos y climáticos	248
La difusión	146	Los procesos industriales que utilizan enzimas	171			Cambios cíclicos en la etapa climax	249
Transporte por difusión simple y por ósmosis	147	Biotecnología moderna e ingeniería genética	172			Regresión ecológica	250
Difusión facilitada	147	La clonación de genes en células: ADN recombinante	172			<b>Propuesta de actividades</b>	251
<b>El transporte activo</b>	148	Amplificación de ADN: reacción de PCR	173				
El transporte mediado por bombas	148	Secuenciación de ADN: otra técnica clave	173			<b>Capítulo 13. Ecosistemas humanos. La producción agrícola</b>	
El transporte en masa: endocitosis y exocitosis	148	Aplicaciones de la biotecnología moderna	174			La actividad humana a través del tiempo	254
<b>Los procesos metabólicos</b>	149	Aplicaciones médicas	174			Sociedades basadas en la caza	
En las células, se producen transformaciones de energía	149	Vacunas tradicionales y "de última generación"	175			y la recolección	255
El adenosín trifosfato (ATP): moneda energética de las células	150	El tratamiento de enfermos: producción de fármacos	175			Sociedades agrícolas	256
Reacciones de oxidación y reducción	150	Los anticuerpos monoclonales	176			Sociedades industriales	257
<b>Las enzimas son catalizadores biológicos</b>	151	Terapia génica	176			Sociedades industriales avanzadas	257
¿Cómo actúa una enzima?	152	La biotecnología en la producción de alimentos	177			Ecosistemas humanos	258
<b>Procesos catabólicos aeróbicos y anaeróbicos</b>	153	Biotecnología y agricultura	178			Los agroecosistemas	259
Respiración celular aeróbica y combustión: dos procesos de oxidación	153	Cultivos transgénicos resistentes a herbicidas	179			Flujo de energía en los agroecosistemas	260
Glucólisis y respiración celular	154	Biotecnología industrial	180			Reciclado de materiales en los agroecosistemas	261
La glucólisis	154	La biotecnología en la industria textil	180			Mecanismos de regulación de poblaciones	261
La respiración celular	155	Producción de bioplásticos	180			El hábitat	223
Conexiones de la respiración celular con otras vías catabólicas	155	Biocombustibles	181			El nicho ecológico	224
La fermentación: un proceso catabólico anaeróbico	156	Detergentes	181			Estructura y dinámica de las poblaciones	225
<b>Los procesos anábólicos</b>	156	Bioinsecticidas	181			Tamaño poblacional	225
La síntesis de proteínas	158	La biotecnología y la preservación del ambiente	182			Natalidad y mortalidad	226
La traducción	158	El compostaje	182			Estrategias reproductivas <i>r</i> y <i>K</i>	226
La transcripción y los genes	158	Biorremediación	183			Crecimiento poblacional teórico y real	227
<b>La fotosíntesis</b>	160	De la secuenciación del ADN a la genómica	184			Dispersión y densidad poblacional	228
La naturaleza de la luz	160	Genómica e identificación de personas	184			Competencia intraespecífica	229
Los pigmentos fotosintéticos	160	<b>Propuesta de actividades</b>	185			Estructura y dinámica de las comunidades	230
¿Cómo actúan los pigmentos en la fotosíntesis?	161	<b>Estudio de caso. Biotecnología y bioética</b>	188			Depredación	230
Etapas de la fotosíntesis	161	<b>Resumen de bloque</b>	190			Parasitismo	231
Etapas fotoquímica	162	<b>Actividades de integración de bloque</b>	191			Comensalismo	232
Etapas bioquímica	162	<b>Bloque 3. Los ecosistemas, estructura y dinámica</b>	192			Simbiosis	232
El balance de la fotosíntesis	163	<b>Capítulo 9. Un enfoque ecológico de los sistemas naturales</b>	194			Competencia interespecífica	233
	164	El concepto de ecosistema	195			Ecología y evolución	234
						Adaptaciones a los componentes abióticos del ecosistema	235
						Proyecto integración. El agua, un recurso necesario para la vida en la Tierra	276

# PARA APROVECHAR ESTE LIBRO

## LA CONSTRUCCIÓN DEL PENSAMIENTO BIOLÓGICO

En esta sección se presenta a la Biología como una disciplina científica que se ha ido construyendo a lo largo de la historia en diversos contextos sociales, culturales y económicos.



## LOS BLOQUES

El libro está organizado en tres bloques, cada uno contiene capítulos que tratan acerca del intercambio y las transformaciones de materia y energía en tres niveles de organización distintos: el organismo (Bloque 1), la célula (Bloque 2) y el ecosistema (Bloque 3).



Al finalizar cada bloque se presenta un Estudio de caso que aporta información para promover el debate sobre diversos temas biológicos que pueden dar lugar a controversias y problemas éticos.



Como cierre, ofrece una síntesis que recupera e integra la información dada y actividades de integración de los capítulos que componen el bloque.

## LOS CAPÍTULOS

Presentan los temas del libro apoyados con ilustraciones, fotografías e infografías.

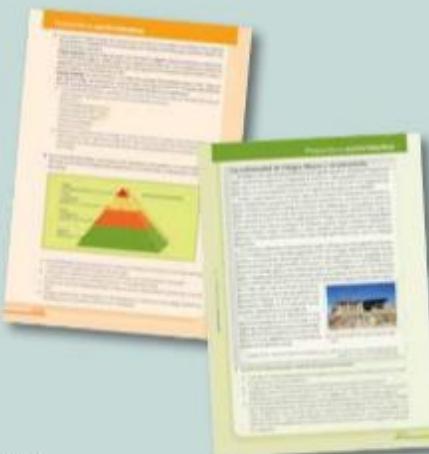
En ellos, además, encontrarán plaquetas con temas relacionados con los contenidos desarrollados y actividades a lo largo de la exposición de los temas.



## PROUESTA DE ACTIVIDADES

Al final de cada capítulo, se proponen actividades que permiten revisar, integrar y aplicar la información brindada.

Están diferenciadas por color: las actividades de color anaranjado son breves y permiten reorganizar los conceptos desarrollados; las de fondo verde son más extensas y proponen actividades de exploración, de experimentación, de lectura y análisis de artículos de divulgación, de planificación, desarrollo y evaluación de una investigación.



## PROYECTO INTEGRADOR

Los contenidos de este libro se integran de forma gradual: primero, en las actividades de los capítulos y de los bloques, y luego en el proyecto de integración. En este proyecto se propone recuperar diferentes temas y conceptos para analizar un problema: el del agua como recurso para los seres vivos.



En esta propuesta de proyecto integrador:

- Se introduce el tema en relación con los contenidos del libro
- Se plantea el problema: el acceso al agua potable
- Se orienta la investigación
- Se orienta la producción de herramientas que tienen por objetivo difundir la problemática e intentar contribuir con su resolución.

Toda la bibliografía propuesta para realizar este proyecto se encuentra disponible en una página web a la que podrán acceder también a partir de un código QR.



# La construcción del conocimiento biológico

## ÍNDICE

El conocimiento del mundo natural: del pensamiento mágico al conocimiento científico	12
El conocimiento del mundo natural en las primeras sociedades humanas	
El conocimiento del mundo natural en la reflexión de los filósofos griegos	
El conocimiento del mundo natural en las sociedades medievales	
El conocimiento del mundo natural en el Renacimiento	
El conocimiento científico del mundo natural en la modernidad	
Rasgos que definen el conocimiento científico del mundo natural	17
El conocimiento, su aplicación y su contexto histórico	
El conocimiento científico una actividad pública y colectiva	
La biología, una ciencia	20
La pregunta sobre el origen de las especies	21
La pregunta sobre el origen de la vida	
La biología en la actualidad	24
El siglo de la biología	
Biología y progreso	
Estudio de caso	
Genética y Derechos Humanos	26

El conocimiento del mundo natural se remonta a los orígenes de la humanidad. Pero en sentido estricto, se puede hablar de conocimiento científico a partir de la modernidad. Actualmente, el conocimiento científico del mundo natural se entiende como una construcción de una comunidad especializada que, mediante determinadas pautas de investigación, se propone explicar los fenómenos de la naturaleza y se somete al control de la ciudadanía.

La biología es una de las ciencias que estudian el mundo natural y, al igual que las ciencias sociales, el arte, la filosofía y las religiones, forma parte de la cultura humana. Esta disciplina tuvo una gran expansión en la segunda mitad del siglo xx.

## El conocimiento del mundo natural: del pensamiento mágico al conocimiento científico

El conocimiento del mundo natural se remonta a los orígenes de la humanidad. Desde entonces, los seres humanos han elaborado saberes que les permitieron interpretar el mundo natural; y con ellos, han desarrollado diversos productos tecnológicos que les posibilitaron satisfacer las necesidades vitales y las de la vida en sociedad.

### Saberes prácticos y pensamiento mágico religioso en las primeras sociedades humanas

La antropología, la arqueología, la historia, entre otras disciplinas, aportan evidencias que permiten inferir la riqueza cultural y la visión del mundo de sociedades muy antiguas (incluso hasta de 40.000 años de antigüedad). El cuerpo de evidencias es vasto, diverso e inacabado.

Algunas de esas evidencias son hallazgos materiales vinculados con la vida cotidiana. Por ejemplo, rastros de carbón, que dan cuenta del dominio del fuego (para calentarse, cocinar alimentos, ahuyentar predadores, etc.); arcos y flechas, probablemente, empleados para cazar, para el ataque y para la defensa. No se sabe cómo explicaban las personas el funcionamiento de esos objetos tecnológicos, pero no cabe duda de que ellos eran el producto de saberes prácticos que se producían y transmitían de generación en generación.



► En esta pintura, se representan diferentes animales. Fue realizada hace alrededor de 18.000 años en la cueva de Lascaux, descubierta en Francia en 1940.

Es probable que otros objetos como, por ejemplo, los encontrados en tumbas, hayan sido utilizados en diversos rituales. Esto permite pensar que, desde sus orígenes, la humanidad pudo haber apelado a explicaciones mágicas o religiosas para interpretar diversos fenómenos del mundo natural.



► Estas puntas de flechas pertenecen al periodo conocido como Neolítico, que tuvo lugar entre los 8.000 y los 6.000 años de antigüedad, aproximadamente.

### El conocimiento del mundo natural en la reflexión de los filósofos griegos

En la antigua Grecia, algunas personas, que pertenecían al grupo social de los hombres libres, pudieron dedicarse a lo que Aristóteles (384 a. C.-322 a. C.) denominó la vida contemplativa. Fueron los filósofos.

#### LA SOCIEDAD DE LA ANTIGUA GRECIA

En la sociedad de la antigua Grecia era posible distinguir dos grupos sociales: el de los esclavos y el de los hombres libres. El primer grupo carecía de todo tipo de derechos. Las personas esclavizadas eran consideradas propiedad de sus amos. En el grupo de los libres, solo los hombres podían elegir autoridades políticas y ser elegidos. Se dedicaban a actividades productivas, fundamentalmente, a la agricultura y al comercio y podían participar de las actividades desarrolladas en la plaza pública, denominada ágora, el centro de la vida política, social y comercial de las ciudades. En cambio, las mujeres libres se ocupaban solo de las tareas del hogar y, en general, no participaban en otros ámbitos de la vida social y pública.

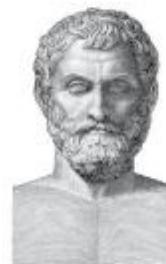
A partir del siglo VI a. C., diversos filósofos griegos reflexionaron sistemáticamente acerca del mundo natural sobre la base de argumentaciones lógicas. Las preguntas por el origen del Universo, el origen de los seres humanos y los fenómenos de la naturaleza dieron lugar a la filosofía griega: *philos*: amor y *sophia*: sabiduría. Con el tiempo, las preocupaciones de los filósofos se fueron ampliando y buscaron comprender el sentido de la vida de los seres humanos, la verdad, el conocimiento, la belleza, la moral, el lenguaje y otras áreas del saber.



► La escuela de Atenas, del italiano Rafael Sanzio (1483-1520), representa la filosofía de la antigua Grecia a través de numerosas figuras de filósofos relevantes.

Uno de estos filósofos fue Tales, de la ciudad de Mileto (624 a. C.-546 a. C.). Fue un habitante de esta ciudad portuaria que comerciaba con civilizaciones de oriente y occidente. Así, tomó contacto con ellas y con sus conocimientos y, basándose en ellos, elaboró sus propias ideas sobre la naturaleza. Fue uno de los primeros que se propuso explicar el origen y la composición del mundo. Sus argumentaciones estaban basadas en el razonamiento sobre ciertas características observables de los fenómenos naturales, como el magnetismo y la electrostática. Esta forma de explicar la naturaleza fue una alternativa a las explicaciones miticas o religiosas.

► Las ciudades de Mileto y de Éfeso fueron cuna del pensamiento occidental. Los filósofos que vivieron allí sentaron las bases para la construcción del campo de conocimiento que hoy llamamos ciencias naturales.



► Tales de Mileto (624 a. C.-546 a. C.) fue el primer filósofo griego que intentó dar una explicación física al mundo que lo rodeaba. Para él el Universo, pese a su aparente desorden, era un espacio racional.



► Anaximandro (610 a. C.-545 a. C.) fue una de las primeras personas en considerar que los seres vivos se transforman a lo largo del tiempo. Él postulaba que los seres humanos provenían de los peces.

El pensamiento y la reflexión filosófica producidos en la Grecia antigua constituyeron la base del conocimiento del mundo natural en Occidente. Los filósofos como Tales, Anaximandro (610 a. C.-545 a. C.) o Heráclito (535 a. C.-470 a. C.) son reconocidos porque plantearon no solo algunas de las preguntas fundamentales que abrieron el camino a la investigación científica muchos siglos después, sino también, porque intentaron responder esas preguntas mediante razonamientos lógicos.

Si bien en todas las épocas, quienes estudian la naturaleza se han caracterizado por plantearse preguntas y por desarrollar estrategias para intentar responderlas, no fue sino hasta muchos siglos después que ciencias como la biología o la física adquirieron identidad propia y se independizaron de las explicaciones filosóficas.



Ruinas del anfiteatro de Mileto.



## El conocimiento del mundo natural en las sociedades medievales

La Edad Media o Medioevo es un periodo de la historia del mundo occidental posterior a la Edad Antigua que se extiende entre los siglos v y xv después de Cristo.

En las sociedades medievales, el orden social era considerado reflejo de la voluntad divina y, por lo tanto, inmutable e incuestionable.

Según la visión medieval, el conocimiento sobre la sociedad y la naturaleza se encontraba expresado en los textos bíblicos y en los tratados filosóficos derivados de ellos, que permanecían guardados en las bibliotecas de los templos. Estos conocimientos eran considerados verdades indiscutibles. Las opiniones que los cuestionaban eran consideradas herejías y eran reprimidas. Esta posición con respecto al pensamiento crítico perduró en momentos históricos posteriores.



► En el Medioevo, los textos se copiaban a mano en los monasterios. Las personas a cargo de esta tarea eran los escribas o escribanos.

### LAS SOCIEDADES MEDIEVALES

En las sociedades medievales, era posible distinguir dos grupos sociales: los nobles o señores feudales y los vasallos. Los primeros eran dueños de extensiones variables de tierra y dependían del rey, que representaba el poder supremo. Dentro de la nobleza, se encontraba el clero, la institución representante de las órdenes religiosas, que tenía mucho poder y otorgaba al rey el carácter de enviado de Dios.

Los vasallos o siervos se ocupaban de cultivar la tierra, propiedad del señor feudal. No eran esclavos, pero debían entregar el fruto de su trabajo a los señores feudales. A cambio, recibían protección y una vivienda con un pequeño terreno donde producían los bienes para su propio consumo.

Sin embargo, al amparo del propio clero y mantenidos por él, surgieron pensadores que elaboraron ideas alternativas a las interpretaciones bíblicas para explicar el origen y el funcionamiento de los seres y de las cosas. Fue el caso de Guillermo de Ockham (1280-1349) y de Jean Buridan (1300-1358), entre otros. De este modo, comenzaba a abrirse el camino para el desarrollo del conocimiento científico de los siglos posteriores.

Guillermo de Ockham (1280-1349), representado en este vitral de un templo en Surrey, Inglaterra, fue un fraile franciscano de origen inglés. Está considerado como uno de los primeros filósofos que propuso métodos de pensamiento que tuvieron gran influencia en la ciencia posterior al Medioevo.

A él se le atribuye el principio de economía o parsimonia, que se llamó "la navaja de Ockham", según el cual: "En igualdad de condiciones, la explicación más sencilla suele ser también la más probable".

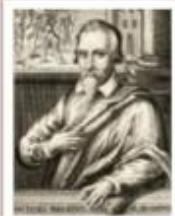
A pesar de haber sido condenado por herejía, fue protegido por el Emperador Luis v de Baviera. Murió en la ciudad de Múnich, a causa de la enfermedad conocida como "peste negra".



© Editorial Ercilla S.A. - Prohibida su impresión. Ley 11.723

### SERVETO Y LA CIRCULACIÓN DE LA SANGRE

Si bien existen límites temporales que definen distintos momentos de la historia de la humanidad, las ideas o, incluso, las prácticas de cierto periodo pueden persistir o influir en el tiempo. Un ejemplo es lo ocurrido en el campo de lo que hoy llamamos anatomía y fisiología humanas. El español Miguel de Serveto (1509-1553) publicó por primera vez en Europa la descripción de la circulación de la sangre en el circuito pulmonar. Propuso que la sangre flúi y llevaba el alma, que consideraba una emanación de la divinidad, a todo el cuerpo. Esta descripción representaba una gran novedad para la época. Este médico era una persona religiosa que defendía el derecho de cada ser humano a tener ideas no descriptas en los textos sagrados, lo que fue considerado una transgresión. Fue acusado de herejía y condenado a muerte en la hoguera el 27 de octubre de 1553 en Ginebra, Suiza.



► En su libro la Restitución del Cristianismo, Serveto publicó sus ideas sobre la circulación de la sangre. El libro fue quemado junto con su autor.

## El conocimiento del mundo natural en el Renacimiento

Entre los siglos xv y xvi, tuvo lugar en Europa una profunda transformación política, social y económica caracterizada por un gran desarrollo del comercio y de la producción. En este contexto, surgió un movimiento cultural denominado Renacimiento. Esta denominación alude a un resurgimiento de las artes y del conocimiento, luego de las limitaciones que la visión teocéntrica de la Edad Media había impuesto a esas actividades.

En el Renacimiento, se recuperaron muchos de los principios del pensamiento de la Antigüedad y se empezó a considerar al ser humano (y no a Dios) como centro del mundo.

Esta visión antropocéntrica ubicó a las personas en el centro del interés filosófico, de la producción de las artes y del conocimiento del mundo natural. Prosperaron los estudios de anatomía y fisiología y surgió un profundo interés por el estudio de la figura humana y de sus proporciones. Esto se refleja, por ejemplo, en los trabajos de Leonardo Da Vinci (1452-1519). Otros estudiosos del cuerpo humano, como Andrés Vesalio (1514-1564), Paracelso (1493-1541), Hyeronimus Fabricius (1533-1619) y William Harvey (1578-1657), sentaron las bases para los estudios fisiológicos, pues investigaron, entre muchos otros temas, la circulación de la sangre y el funcionamiento del corazón.

En este contexto, tuvo lugar la invención de la imprenta de caracteres móviles, creada por el alemán Johannes Gutenberg (1400-1468) alrededor



► Ilustración de parte de la anatomía humana realizada por Leonardo da Vinci.

de 1440. Este invento facilitó el copiado de libros. Con ellos, los conocimientos antes reservados a una élite comenzaron a difundirse entre la población en general.

Cabe señalar que respecto del conocimiento de los seres vivos, en el Renacimiento, los estudios seguían influidos por las ideas de Aristóteles, que habían perdurado durante la Edad Media. Este filósofo concebía un mundo vivo estático y organizado jerárquicamente. Los grupos de seres vivos que ocupaban distintos niveles en la escala jerárquica no tenían relación entre sí. El nivel superior era ocupado por el ser humano.

En el Renacimiento, persistía la idea de que el planeta y los organismos que viven en él habían sido creados por un ser superior y que permanecían inmutables desde entonces. A este modo de entender la naturaleza se lo denominó fijismo. Desde esta concepción, durante varios siglos, la actividad de los naturalistas consistió principalmente en la catalogación y clasificación de lo existente. Esos estudios no se proponían explicar cómo se había originado la gran diversidad de seres vivos que observaban o cómo se relacionaban entre sí. El fijismo fue la corriente de pensamiento más influyente hasta mediados del siglo xix.

### Una forma descriptiva y clasificatoria de estudiar la naturaleza



Clasificación de plantas, publicada por Linneo en 1753 en su libro Species Plantarum. Aun en períodos posteriores al Renacimiento, los naturalistas seguían considerando a los seres vivos como piezas ensambladas de un rompecabezas que no se modificaba. El botánico sueco Carl von Linne (1707-1778) sostuvo que la variedad de organismos que existen no se ha modificado desde que estos fueron creados por acción divina. Basándose en que el orden en la naturaleza era una muestra de la sabiduría del Creador, se dedicó a ordenar y clasificar una gran cantidad de especies animales y, en especial, vegetales que colecciónó en sus viajes por el mundo. La obra de Linne (o Linneo) tuvo una gran repercusión. En el aspecto económico, sus estudios de la naturaleza le dieron a la corona sueca la oportunidad de desarrollar productos agrícolas propios, sin necesidad de importarlos. Por otra parte, ofreció por primera vez a la comunidad científica un panorama, desconocido hasta el momento, de la inmensa diversidad de organismos que poblan el planeta y sus características.



## El conocimiento científico del mundo natural en la modernidad

En el Renacimiento, se cimentaron las bases de una nueva corriente de ideas conocida como Modernidad. En este marco, se ubican los antecedentes de lo que, en la actualidad, se considera conocimiento científico del mundo natural. Fue en ese tiempo que las explicaciones sobre los fenómenos naturales comenzaron a sustentarse en razonamientos lógicos y en datos empíricos. Por ello, se dice que en la Modernidad predominó la razón por sobre la fe religiosa.

A partir de entonces y durante algunos siglos, las ideas y el saber práctico se fueron potencian- do mutuamente y se integraron cada vez más tanto en sus modos de ver y explicar el mundo como en su efecto de transformarlo.

Uno de los hechos más importantes, que marca la consolidación de la ciencia moderna es la creación de la Real Sociedad de Londres (Royal Society of London). Ya desde 1640, sus fundado- res se reunían con el propósito de discutir ideas filosóficas acerca del mundo natural en la bús- queda de leyes y teorías universales que explicaran su funcionamiento. Una de las condiciones que regían estas discusiones era que debían desarollarse sobre la base de argumentaciones ló- gicas y datos empíricos. Se establecía que fueran independientes de cualquier autoridad política, social o religiosa.

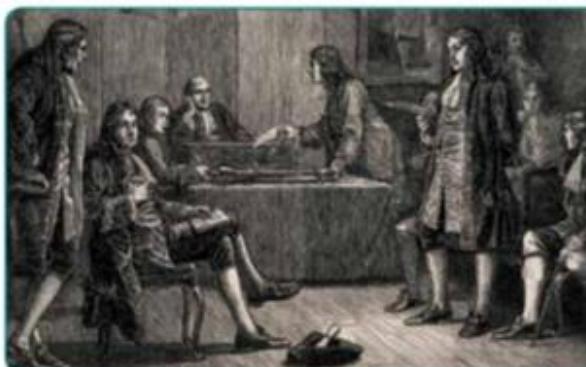
De este modo, la ciencia comenzó a consti- tuirse en una institución que prometía ofrecer conocimientos que contribuirían a mejorar la

producción de bienes materiales para el desa- rrollo de la humanidad. La potencialidad de esos conocimientos se basaba en el método que uti- lizaba la mayoría de los científicos, el método experimental. Según el pensamiento de la época, este método, junto con la utilización de las ma- temáticas, aseguraba que los descubrimientos y hallazgos fueran reproducibles, objetivos y, por lo tanto, fiables.

Entre quienes participaron de esta comuni- dad se destaca Isaac Newton (1672-1727), considerado hoy el "padre de la ciencia moderna" a raíz de la publicación, en 1687, de su obra *Prin- cipios matemáticos de la filosofía natural*. En este libro enunció, entre otros numerosos principios, la Ley de la Gravitación Universal, en la que des-cribe el movimiento de los astros y la influencia mutua entre ellos, y establece que las leyes de la mecánica tienen la misma validez en la Tierra que en el espacio.



► Burlington House, edificio que alojó a la Real Sociedad de Londres entre 1873 y 1967.



La Real Sociedad de Londres para el avance de la ciencia natural fue fundada en 1660 por representantes prestigiosos de la ciencia y la cultura europea. Desde entonces y hasta nuestros días, de esta comunidad, han surgido leyes y teorías como la ley de la gravedad, la teoría de la evolución por selección natural, la estructura del sol, la estructura atómica, y muchos otros descubrimientos que contribuyeron a la conformación de la ciencia y de la sociedad actual.

## Rasgos que definen al conocimiento científico del mundo natural

La construcción del conocimiento del mundo natural puede concebirse como un proceso influido por los diversos contextos históricos, sociales y cul- turales en que se desarrolla.

Desde la Modernidad y hasta la actualidad, el conocimiento científico del mundo natural se ha desarollado enormemente, en particular, en la segunda mitad del siglo xx. Diversas disciplinas, como la epistemología, y la filosofía y la historia de la ciencia, han aportado conocimientos que permi- ten describir los rasgos que definen el conocimiento científico del mundo natural. Algunos de estos rasgos son su inclusión en un contexto histórico, su ca- rácter de actividad pública y colectiva, la necesidad del control social de su actividad y producciones, y su provisoriedad.

### El conocimiento, su aplicación y su contexto histórico

Los griegos de la Antigüedad aplicaron al- gunos de sus conocimientos a la construcción de artefactos que satisfacían ciertas necesidades prácticas, como barcos, acueductos o armas. Pero otros fueron tomados como simples curiosida- des. Un ejemplo es la eolipila, una máquina que funcionaba con vapor de agua.



► Esquema de la eolipila. Fue creada por Herón de Alejandría en el siglo I d. C. Se llenaba de agua que se calentaba con una mecha. El vapor, al salir por los conductos, hacía girar la bola de metal.

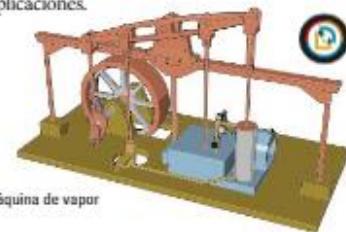
Sin embargo, fue recién en el siglo xviii cuan- do se construyeron máquinas a vapor con fines prácticos, destinados a la producción industrial y al transporte. A partir del uso de esta máquina, fue posible la automatización y, por lo tanto, la produc- ción de bienes a gran escala; y se facilitó el traslado

de mercancías y personas mediante locomotoras y barcos a vapor. Este periodo se conoce como el de la Primera Revolución Industrial y su origen se ubica en Inglaterra a mediados del 1700. La Revolución Industrial es inseparable del surgimiento de la utilización del vapor como fuerza motriz.

Si los antiguos griegos (del periodo llamado helenístico) conocían los principios del funcio- namiento de una máquina a vapor, ¿por qué no la aprovecharon para mejorar la producción de bienes? El historiador de la ciencia J. D. Bernal dice en su libro *La ciencia en la historia*:

"Los conocimientos mecánicos y los logros del periodo helenístico hubieran sido enteramente suficientes para producir los principales mecanismos que dieron origen a la Revolución Industrial, pero se de- tuvieron poco antes de llegar a este punto. [...] Pues en Grecia, no existía mercado para los artículos fab- ricados a gran escala. Los ricos podían permitirse la compra de artículos hechos a mano, mientras que los pobres y los esclavos no podían comprar nada fuera de lo que ellos mismos hacían".

Según esta interpretación, la sociedad de la Grecia antigua no tenía incentivos para aumentar la producción de bienes porque existían limitaciones para la comercialización de los excedentes, es decir, aquello que no consumían ellos mismos o que intercambiaban con otros pueblos. Así, la relación entre los avances científicos y tecnológicos y el desarro- llo de las sociedades se presenta, a veces, a modo de paradoja. Por un lado, los desarrollos científicos pueden impactar en las sociedades modificando pautas culturales y de consumo. Pero por otro, estas mismas pautas condicionan la producción científica, pues son los contextos políticos, económicos y sociales los que dan valor a esos conocimientos y a sus aplicaciones.



► Una máquina de vapor realiza fuerza mecánica a partir de la presión que ejerce el vapor al expandirse.



## El conocimiento científico una actividad pública y colectiva

Una de las características más importantes que adquiere la ciencia en la modernidad y que mantiene hasta hoy es su carácter público. Este carácter contrasta notablemente con el saber tal como era concebido en el Medioevo: como algo oculto y privado, que no debe ser divulgado.

El conocimiento científico puede y debe someterse al control público de la ciudadanía.

Otro rasgo que el conocimiento científico adquiere en la Modernidad y que conserva en la actualidad, es su carácter colectivo. Hace algunos siglos, la investigación científica era realizada en gran parte por investigadores solitarios que, guiados por su propia voluntad de saber, disponían de medios materiales o de "mecenas" que sustentaban sus trabajos. Por ejemplo, Linné recibió sucesivamente el apoyo de instituciones, gobernadores o personas relevantes de la sociedad para financiar sus viajes e investigaciones.

Al presente, el conocimiento científico es el producto de una actividad colectiva en la que participan miles y miles de personas que trabajan en instituciones de todo el planeta.

Lo que se investiga no depende del interés individual de cada investigador o investigadora. Las prioridades de investigación son establecidas de modo colectivo a través de diversas instituciones de financiamiento. Por un lado, los Estados establecen las políticas científicas y tecnológicas en función de las prioridades políticas establecidas para el conjunto de la sociedad. Por otro lado, también, existen organizaciones internacionales y empresas privadas que otorgan financiamiento de acuerdo con sus propios intereses. Además, puede haber una combinación entre subsidios estatales y privados. Las instituciones que otorgan subsidios a los equipos de investigación exigen de estos una serie de requisitos, como la presentación de un proyecto donde se justifiquen sus objetivos

## ACTIVIDADES

- Miren el video "Johannes Gutenberg y la imprenta": <https://rebrand.ly/shw240>. Luego respondan: si Gutenberg hubiera vivido en la Europa del siglo x u x, ¿hubiera podido desarrollar su invento y ponerlo en práctica tal como lo hizo en el siglo xv? Fundamenten su respuesta.

o la realización de informes periódicos sobre el avance de la investigación.

### LA DIFUSIÓN DEL CONOCIMIENTO CIENTÍFICO

La imprenta inventada por Gutenberg facilitó la impresión y la copia de libros, lo que contribuyó notablemente a su difusión. Desde entonces y hasta la actualidad, investigadores e investigadoras publican sus trabajos en revistas especializadas y los exponen en congresos y otras reuniones de la comunidad científica. Esto les permite a otros especialistas enterarse y opinar sobre esos trabajos. Así, tanto los resultados de las investigaciones como los métodos y estrategias desarrollados para encontrarlos pueden ser cuestionados o tomados como referencia para nuevos trabajos.



► Los científicos y las científicas exponen sus trabajos a la comunidad mediante publicaciones y en congresos.

### LA PROVISORIEDAD DEL CONOCIMIENTO CIENTÍFICO

El conocimiento no es definitivo. La historia de la ciencia ha mostrado que varios enunciados científicos han sido refutados y modificados. Uno de estos casos es el del llamado "dogma de la biología molecular", que afirmaba que cada gen tenía instrucciones para sintetizar una proteína. Luego, la evidencia llevó a los biólogos y a las biólogas moleculares a revisar este concepto. Hoy se sabe que un mismo gen puede dar origen a más de una proteína, pues esto depende de factores como el tipo de tejido del que forma parte la célula que lo contiene.

Esta provisoria es una consecuencia de que las leyes y las teorías científicas son representaciones de la realidad natural que construyen los científicos, y no un reflejo fiel de ella.

© Editorial Brinford S.A. - Trabajo de la Sociedad - Ley 11.723

## La democratización del acceso al conocimiento científico y el control de la sociedad

El conocimiento científico es considerado patrimonio de toda la humanidad, por eso, es importante divulgarlo y democratizar así el acceso a este saber en el conjunto de ciudadanía.

La democratización de la producción científica consiste no solo en darla a conocer, sino fundamentalmente ponerla a disposición de la población para que pueda formarse juicios propios y opinar acerca de los nuevos hallazgos, dado que muchos tienen efectos prácticos sobre las vidas de las personas.



► En la Argentina, se publican numerosos libros y revistas que divulgan el conocimiento científico para un público no especializado. Los museos también son ámbitos de divulgación de la ciencia.

## ACTIVIDADES

En 2019, tras una investigación periodística, se reveló que una empresa farmacéutica había decidido ocultar que uno de sus medicamentos, destinado a otro fin, podía tener resultados contra la enfermedad de Alzheimer (una enfermedad neurodegenerativa que provoca demencia). La compañía justificó su decisión aduciendo que la publicación de la información podría haber llevado científicos externos por un camino inválido y que, según ellos, la droga no era efectiva en el cerebro ni existían datos estadísticos para hacer más pruebas.

► Reúnanse en grupos y respondan las preguntas.

¿Consideran que la empresa farmacéutica debería haber compartido los datos de todos modos? ¿Por qué?

La educación brindada por el sistema educativo juega un rol importante en este proceso de democratización, pues posibilita no solo el aprendizaje de leyes y teorías científicas elaboradas a lo largo de la historia, sino también, permite conocer la manera en que la ciencia funciona, sus fines y motivaciones, y los criterios que se utilizan para determinar la validez de sus resultados.

Gran parte de las investigaciones científicas y de sus producciones tiene impacto en ámbitos de la sociedad que transcenden la ciencia, ya que, generalmente, involucran cuestiones sociales, ambientales, económicas, políticas y éticas. Es por eso que la actividad científica no solo atañe a los estados, las empresas o las instituciones que las financian, sino al conjunto de la ciudadanía y sus diferentes formas de organización.



La tecnología asociada a los celulares es el resultado de la aplicación de diversas ciencias. Es el producto de inversiones monetarias dedicadas a la creación de un mercado de consumo mediante la aplicación de sofisticadas técnicas de marketing para alcanzar los altos niveles de competencia entre las empresas que los fabrican.



## La biología, una ciencia

La ciencia que estudia a los seres vivos se desarrolló más tarde que otras disciplinas científicas.

Como se ha dicho, tanto en la Edad Media como en el Renacimiento, el interés por los organismos vivos estuvo fundamentalmente centrado en la anatomía y en la fisiología del organismo humano, de otros animales y de las plantas. La investigación en este campo se caracterizaba por ser en su esencia descriptiva, colecciónista y clasificatoria.

Como se verá más adelante en este libro, a partir de la invención del microscopio por el holandés Anton van Leeuwenhoek (1632-1723), muchos investigadores se volcaron a la observación y descripción de ese mundo nuevo que se abría ante sus ojos: el mundo microscópico. Sin embargo, en la biología, no se habían planteado aún las preguntas que llevarían a la búsqueda de leyes o teorías de tipo general y universal, lo que caracterizó al pensamiento en otras disciplinas de este período, como la física o la astronomía.

El círculo de observaciones, descripciones y preguntas, más ligadas a la filosofía, acerca de qué es lo que distingue el mundo vivo del no vivo o sobre cómo se originan los organismos, prepararon el terreno para la gran expansión que tuvo la biología a partir de la segunda mitad del siglo xix.

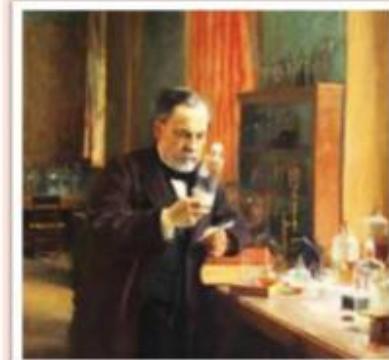
Una de las primeras teorías totalizadoras del conocimiento biológico elaboradas en ese siglo fue la teoría celular.



► A mediados del siglo xix, el inglés Robert Hooke, un científico inglés, observó a través del microscopio que el corcho estaba formado por unas pequeñas células o "células", lo que dio origen al término.

### EL SIGLO XIX Y EL DESARROLLO DE LA BIOLOGÍA

En este siglo, el mundo occidental atravesó un período llamado la Segunda Revolución Industrial, caracterizado por el aumento de la producción y la expansión de los mercados. Los avances en los sistemas de transportes y la búsqueda de nuevos mercados estimularon los viajes de exploración y la conquista de nuevos territorios. Estos viajes, también, tuvieron gran influencia en la comprensión de la naturaleza en diversas regiones del globo. En cuanto al conocimiento científico y tecnológico, se produjeron avances que permitieron mejorar el transporte, las comunicaciones, la salud y la vida cotidiana. Valgan como ejemplos, el teléfono, el automóvil, el avión, las lámparas incandescentes. En el campo de la biología, el químico francés Louis Pasteur (1822-1895) puso en evidencia el papel de los microorganismos en la fermentación y luego estableció que los microbios son responsables de numerosas enfermedades. De este modo, dio lugar al desarrollo de la microbiología y a la teoría microbiana de las enfermedades.



► Louis Pasteur retratado en su laboratorio.

© Editorial El Alamo S.A. - Prohibida su impresión. Ley 11.723



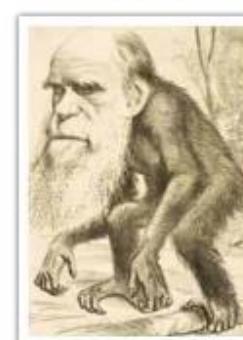
## La pregunta sobre el origen de la diversidad de especies

Algunos naturalistas contemporáneos de von Linné, como los franceses George Louis de Buffon (1707-1788) y un poco más tarde Jean Baptiste Lamarck (1744-1829), consideraban que la diversidad de especies se explicaba debido a que los seres vivos habrían experimentado cambios a lo largo del tiempo. Lamarck proponía que cada organismo poseía una fuerza vital que le daba la capacidad de modificarse y, así, de adaptarse al ambiente cambiante. Estos cambios, según él, eran transmitidos de padres a hijos quienes, debido a esa fuerza vital, podían seguir cambiando dando lugar a nuevas especies.

Ambos adherían a una corriente de pensamiento denominado transformismo, que se oponía a la de los partidarios de la inmutabilidad de las especies (los fijistas).

Pero las ideas transformistas tuvieron su máxima expresión en la teoría del naturalista inglés Charles Darwin (1809-1882), quien propuso un mecanismo distinto que explicaba los cambios en las especies.

Entre 1832 y 1836, Darwin realizó un viaje alrededor del mundo en el buque de investigación naval HMS Beagle. Durante su travesía, realizó observaciones que fueron fundamentales para la elaboración de su teoría. El 22 de noviembre de 1859, publicó el libro *El origen de las Especies* por medio de la selección natural. En él, expuso que las especies cambian y pueden dar origen a nuevas especies por un mecanismo que llamó



► Darwin fue ridiculizado luego de que, en 1859, publicara su libro *El origen del hombre*, en el que plantea un origen común para el hombre y sus antecesores más cercanos, los primates.

"selección natural". La publicación tuvo un enorme impacto en la sociedad de su época, ya que presentó argumentos sólidos contrarios al pensamiento fijista.

Como siempre que aparecen ideas que cambian la visión y la comprensión de la naturaleza vigentes en una época determinada, hubo defensores y detractores. Pero hacia finales del siglo xix, la teoría de Darwin se terminó imponiendo como la idea dominante en el mundo del naturalismo y determinó el nacimiento de una nueva biología. Desde entonces, la Teoría de la Evolución por selección natural se constituyó como referencia obligada del conocimiento biológico.

La teoría de Darwin cerró en el ámbito científico la discusión con las ideas fijistas y abrió paso al consenso evolucionista. A su vez, abrió nuevos interrogantes que Darwin no pudo explicar. Uno de ellos refiere al modo en que las adaptaciones de los organismos se transmiten de padres a hijos.

Casi al mismo tiempo que el naturalista inglés desarrollaba su Teoría de la Evolución, en lo que actualmente es la República Checa, el monje y matemático Gregor Mendel estudiaba cómo se heredaban las características en una especie plantas y, en 1865, postuló sus leyes de la herencia, conocidas como las leyes de Mendel. Su trabajo, sin embargo, no fue difundido dentro de la comunidad científica británica y no fue conocido por Darwin. A inicios del siglo xx, cuando se avanzaba en el estudio de los cromosomas y su transmisión a través de la reproducción, las leyes de Mendel fueron redescubiertas y difundidas especialmente por William Bateson (1861-1926). Esta confluencia permitió explicar los mecanismos biológicos de la herencia.

La teoría de Darwin y las teorías de la herencia biológica dieron lugar a la Teoría sintética de la evolución o neodarwinismo, vigente hasta nuestros días.



► Estampilla rusa publicada en 1965 en homenaje a Gregor Mendel. La estructura del ADN, desconocida por Mendel, fue agregada en la ilustración.

## La teoría de Darwin y Wallace

De forma paralela e independiente al razonamiento de Charles Darwin, otro naturalista había llegado a conclusiones similares, el galés Alfred Russell Wallace, quien había viajado por la cuenca amazónica y por Malasia. Al enterarse del trabajo de Wallace, Darwin decidió publicar su teoría de forma conjunta, por lo que también se la conoce como teoría de Darwin-Wallace. Según ella, la selección natural opera sobre la diversidad que hay entre los organismos. Entre los individuos de una misma especie, existen diferencias, como por ejemplo, el color de pelo o la forma del pico, entre otras. Frente a los cambios en el ambiente, las cualidades de algunos individuos los ubican en mejores condiciones que a otros de su misma especie para sobrevivir en la competencia por los recursos. Los individuos que tienen mayor probabilidad de supervivencia tienen asimismo mayor probabilidad de reproducirse y de transmitir las características ventajosas a sus descendientes. De este modo, la proporción de individuos que posee dicha característica aumenta y, al cabo de varias generaciones, todos los organismos de la

población nacen con esa característica, que pasa a ser una adaptación de la especie. La suma de cambios de este tipo puede dar lugar a la aparición de nuevas especies.

Tanto Darwin como Wallace fueron influenciados por un ensayo del clérigo Thomas Malthus que proponía que los recursos (alimentos, territorio, etc.) con los que contaba la humanidad no serían suficientes para todas las personas si se mantenía el ritmo de crecimiento de la población. Las empresas y los individuos competían entre sí por dichos recursos. Los que interpretaban y se adaptaban al ambiente económico y político de su época eran los más aptos para tener éxito. Fue este concepto de competencia por los recursos el que terminó de cerrar, tanto en la mente de Darwin como en la de Wallace, la idea de selección natural en los seres vivos. Este mecanismo de selección por la lucha por los recursos es lo que se llamó posteriormente la supervivencia del más apto.

## ¿QUÉ IMPULSA LA PRODUCCIÓN DE CONOCIMIENTO CIENTÍFICO?

Hay quienes suponen que la actividad científica no está influenciada por intereses económicos, filosóficos o ideológicos; y por eso, la consideran neutral. Sin embargo, las intencionalidades de quienes investigan o de quienes financian las investigaciones influyen de manera variable en la orientación que se le da y en el uso de los resultados obtenidos. Si el financiamiento es privado, el objetivo de la investigación puede estar puesto en el mayor rédito económico posible y se puede perder de vista muchos aspectos de la producción del conocimiento. Cuando el financiamiento es de entidades gubernamentales, las investigaciones pueden estar ligadas a la plataforma política del partido de gobierno.

## EL DARWINISMO SOCIAL

La teoría de evolución por selección natural asociada a las teorías económicas y sociales de Malthus fueron luego utilizadas en algunos trabajos de las ciencias sociales para justificar con argumentos científicos la desigualdad entre las personas: los individuos debían luchar por los recursos y solo los más fuertes podían sobrevivir; si algunos no tenían acceso a ellos, esto se atribuía a "un orden natural". A esta corriente de pensamiento se la denominó darwinismo social.

Actualmente, la comunidad científica en su conjunto, considera ilegítima la utilización de las teorías sobre la naturaleza para explicar las sociedades humanas. Las teorías aplicables a otros seres vivos no son suficientes para explicar las relaciones sociales entre personas e instituciones.



En su libro *Oliver Twist*, el escritor inglés Charles Dickens muestra de manera descarnada la desigualdad reinante en la Gran Bretaña del siglo xix.

## ACTIVIDADES

- Vean la película *Y la banda siguió tocando*, que trata acerca de los conflictos de distintos grupos de investigación en torno a la enfermedad del sida durante la década de 1980. Busquen en la película ejemplos que ayuden poner en evidencia que la actividad científica no es neutral. Para ello, tengan en cuenta cómo inciden en la investigación los siguientes factores: el financiamiento; las creencias, los valores y prejuicios de quienes investigan y de la sociedad; y las realidades y aspiraciones personales de los involucrados.

## La pregunta sobre el origen de la vida

Con su teoría, Darwin dejó planteada la pregunta acerca del origen de los primeros seres vivos. El principal problema fue comprender cómo pudieron formarse e integrarse las moléculas que darian lugar a las primeras células, ya que, en las condiciones actuales, cualquier molécula biológica fuera de una célula o de un organismo es susceptible de descomponerse en elementos más sencillos o de ser consumida por otros seres vivos.

En una carta enviada en 1871 al botánico y explorador inglés Joseph D. Hooker, Darwin ya imaginaba la posibilidad de que la vida podría haberse originado en una charca con un ambiente cálido, a partir de la organización de componentes inorgánicos y con el aporte de energía adecuados. Esto sugiere que dicho ambiente debió haber sido muy diferente del actual, en el que las condiciones naturales no permiten dicha organización.

Actualmente, existen varios modelos científicos que explican este fenómeno.

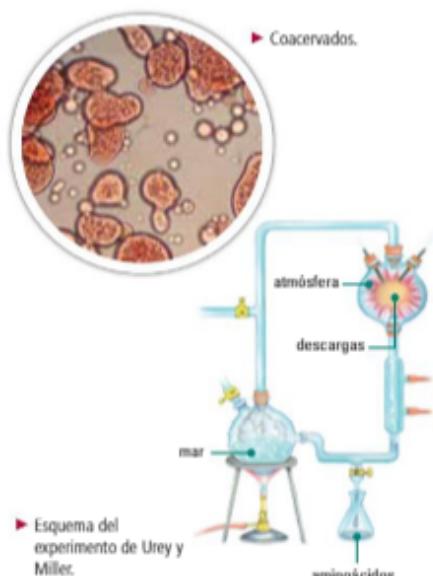
## LA BIOLOGÍA Y LOS MODELOS CIENTÍFICOS

Como ya se dijo, las teorías elaboradas en el campo científico no son definitivas. A través de diversas metodologías, los científicos elaboran modelos con los que intentan explicar algún aspecto o fenómeno de la naturaleza. Los modelos científicos son elaboraciones teóricas y experimentales que representan una parte de la realidad, pero no son la realidad en sí misma. La elaboración de estos modelos parte de alguna pregunta o problema que se plantea sobre uno o un conjunto de fenómenos. Para intentar resolverlos, la comunidad científica se basa en conocimientos ya producidos, en conjecturas acerca de las posibles explicaciones, en aportes que surgen de los intercambios producidos en los congresos o en las publicaciones científicas, en observaciones y resultados de experimentos realizados en los laboratorios o en el campo. Habitualmente, pasa mucho tiempo hasta que un nuevo modelo es aceptado, ya que debe ser consensuado por toda la comunidad académica para ser considerado como válido.

Unos de los primeros en proponer un modelo para explicar el origen y la estabilidad de las moléculas biológicas fueron el bioquímico ruso Alexander Oparin (1898-1980) y el investigador inglés J. B. S. Haldane (18792-1964), quienes afirmaron

que las condiciones de la Tierra primitiva debieron ser muy diferentes de las actuales. En particular, señalaron dos diferencias fundamentales: la ausencia del oxígeno, que es un factor actual que provoca la degradación de otras moléculas, y la ausencia de seres vivos que pudieran alimentarse de ellas.

Oparin "construyó" en su laboratorio pequeños sistemas moleculares, a los que llamó coacervados, que podían mantener cierto grado de organización durante un tiempo. Según él, en la Tierra primitiva, estos coacervados habrían adquirido la capacidad de incorporar materia del exterior, crecer y crear copias de sí mismos. Es decir, habrían sido capaces de nutrirse y reproducirse, dos características distintivas de los seres vivos.



## El modelo experimental de Urey y Miller

En 1951, los científicos norteamericanos Stanley Miller (1930-2007) y Harold Urey (1893-1981) diseñaron un dispositivo dentro del que recrearon las condiciones de la tierra primitiva de Oparin y Haldane. El báculo inferior representaba el mar y la parte superior, la atmósfera. Hacían circular sustancias, como hidrógeno, agua, amoníaco y metano, y provocaban descargas eléctricas que simulaban tormentas eléctricas y radiación solar. Al analizar los productos obtenidos, se encontró que se habían formado aminoácidos, que son las unidades que conforman las proteínas.



## La biología en la actualidad

La biología actual se nutre de las ideas del pasado. Particularmente de los importantes avances que se produjeron durante el siglo xix, como la teoría celular, la microbiología, la teoría de la evolución y la genética mendeliana.

En el siglo xx, la genética cobró gran impulso al establecer que los genes, que se encuentran en los cromosomas, son portadores de la información hereditaria. Dicha información dirige la síntesis de proteínas que determinan, en gran medida, las características estructurales y funcionales de los organismos. Igualmente, el descubrimiento de que los genes pueden experimentar variaciones o mutaciones contribuyó a dar mayor sentido a los postulados de Darwin en relación con la existencia de diferencias entre los individuos de una misma especie y de la transmisión de estas variaciones de una generación a otra.

El conocimiento de los microorganismos contribuyó al desarrollo de la genética, ya que virus y bacterias son utilizados como modelos para los estudios genéticos. Así, en 1944, tres científicos ingleses, experimentando con bacterias, lograron transferir ADN de una a otra transfiriendo también las propiedades hereditarias. De este modo, quedó establecido que el ADN es el material genético.

Sobre la base de estos conocimientos, comenzó a configurarse la biología molecular, cuyo punto culminante se ubica en los inicios de la segunda mitad de este siglo. En 1953, el físico Francis Crick (1916-2004) y el biólogo James Watson (1928) propusieron un modelo para la estructura molecular del ADN, a partir de la interpretación de una fotografía de rayos X tomada por la investigadora Rosalind Franklin.

La estructura propuesta resultó adecuada para explicar su función como material hereditario: la capacidad de copiarse a sí misma para ser transmitida a la descendencia.

La biología molecular fue considerada una revolución en el pensamiento biológico, ya que estableció la estructura fisicoquímica común a todas las manifestaciones de la vida. En su libro *Qué loco propósito*, de 1988, Francis Crick, lo expresa de esta manera:

El hombre moderno tal vez tenga 50.000 años de antigüedad, la civilización ha existido 10.000 años escasos y los Estados Unidos poco más de 200 años, pero el ADN y el ARN han existido, por lo menos, durante varios miles de millones de años. A lo largo de todo ese tiempo, la doble hélice ha estado presente y activa, sin embargo, somos las primeras criaturas de la Tierra conscientes de su existencia.

Esta revolución se extendió al campo de la tecnología con el surgimiento de la biotecnología y sus importantes consecuencias: sus aplicaciones en la medicina, la agricultura, los alimentos y tantos otros ámbitos. Hoy, la manipulación genética o alteración de los caracteres biológicos mediante la modificación del ADN forma parte del quehacer cotidiano de los laboratorios. A través de estos métodos, no solo se producen grandes avances en la comprensión del fenómeno de la vida, sino que también se obtienen nuevos medicamentos y vacunas, se producen mejoras en los cultivos y en la cría de animales.



► James Watson contemplando el modelo de la doble hélice de ADN, por el que él y Crick recibieron un Premio Nobel.

© Editorial El Ateneo S.A. - Prohibida su explotación. Ley 17.322



► La química y cristalógrafa Rosalind Franklin logró captar la primera imagen de la molécula de ADN con una técnica especial. Esta información fue crucial para el modelo de Watson y Crick, aunque no la mencionaron en su publicación.

## El siglo de la biología

Algunos científicos, como el biólogo español-norteamericano Francisco Ayala (1934), sostienen que, así como el siglo xx ha sido el siglo de la física, el xxi será el de la biología. Esta apreciación es bastante adecuada si se tiene en cuenta los grandes avances en las investigaciones relativas a la estructura y funcionalidad del cerebro humano. Dichas investigaciones buscan explicaciones sobre la manera en que los fenómenos fisico-químicos que ocurren en este órgano se expresan como sentimientos, conciencia y aprendizaje.

Otro campo que ha cobrado gran interés científico es el de la embriología, es decir, el estudio de los cambios que ocurren durante el desarrollo desde una única célula hasta un organismo complejo compuesto por millones de células especializadas que componen los órganos y tejidos del adulto. Estos conocimientos permiten entender enfermedades de origen genético y elaborar

## LA BIOLOGÍA MOLECULAR Y LOS DESAFÍOS QUE PLANTEA

Los avances en la biología molecular plantean nuevos desafíos sociales, éticos y jurídicos derivados de la utilización de la manipulación genética. Hoy en día, se ha extendido el uso de organismos genéticamente modificados para mejorar la producción de alimentos. La modificación genética de ciertos cultivos los hace resistentes a las sustancias que se utilizan para eliminar plagas o malezas. Sin embargo, muchas instituciones de salud y ambientalistas sostienen que aún no están suficientemente estudiadas sus posibles consecuencias, directas o indirectas, en la salud de la población y la estabilidad de los ecosistemas. En la Argentina, por ejemplo, se desarrolló trigo transgénico resistente a la sequía, pero muchos países compradores exigen certificados que garanticen que el cereal no ha sido modificado genéticamente, esto se debe a que sus efectos en el ambiente no han sido todavía analizados de manera exhaustiva.



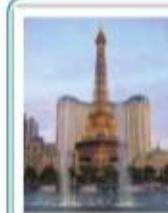
estrategias de prevención o curación. También, ayudan a la comprensión del proceso de envejecimiento.

Aunque las temáticas mencionadas han tomado especial relevancia en los últimos años, esto no significa que no existan grupos dedicados a otros temas de investigación biológica de lo más variados, como la zoología, la botánica o la ecología. Sin embargo, a la importancia social de los campos de investigación que están más vigentes es necesario agregar los intereses económicos de los laboratorios productores de medicamentos que, en la mayoría de los casos, financian estas investigaciones, que redundan en la producción cada vez mayor de nuevas drogas para el tratamiento de enfermedades relacionadas con ellas.

## Biología y progreso

En la actualidad, los conocimientos biológicos son valorados porque permiten comprender problemáticas sociales, como las enfermedades infecciosas, el impacto del cambio climático o el agotamiento de recursos naturales, y buscar estrategias para enfrentarlos. Sin embargo, esto puede llevar a una idea equivocada de progreso. El avance del conocimiento científico y tecnológico no es necesariamente garantía de progreso social.

Dependiendo de los contextos político, económico y social, sus producciones podrán convertirse en aliadas o en enemigas de la sociedad.



► Las Vegas, Estados Unidos, 2003



► Bagdad, 2003

Los avances materiales no garantizan necesariamente el logro de mejores niveles morales ni sociales. La inmensa superioridad del armamento estadounidense sobre el disponible en la Edad Media no hace menos temor los bombardeos de Bagdad en 2003 que el asalto de la ciudad por los mongoles en pleno siglo xii. Y, en otros aspectos, la avanzada técnica con la que funciona la economía globalizada no hace menos discutibles éticamente sus injustos efectos sobre la distribución de los bienes de la Tierra entre los pueblos.

José Luis Sampedro (1917), escritor español.



## Genética y **derechos humanos**

Sin lugar a dudas, la relevancia atribuida a la biología en este siglo se debe en gran medida al explosivo desarrollo de la llamada "nueva genética", a partir del establecimiento de la estructura de la molécula de ADN y de los avances en el campo de la biología molecular. Esta rama de la biología no solo aporta elementos teóricos fundamentales para la comprensión de los procesos relacionados con la neurobiología o la embriología, sino que ha dado lugar a nuevos desarrollos tecnológicos que van de la ingeniería genética a la secuenciación del genoma humano, es decir, el mapeo e identificación del conjunto de genes de la especie humana y sus funciones.

Este último hallazgo promete avanzar en la predicción de enfermedades y determinar nuevos tratamientos terapéuticos. Además, se vislumbra su utilidad para el avance en la investigación de otros temas biológicos, como el parentesco filogenético entre organismos a lo largo de la evolución.



- En todos los libros de esta biblioteca, está impreso el genoma humano. Los tomos están titulados de acuerdo con los cromosomas que representan.

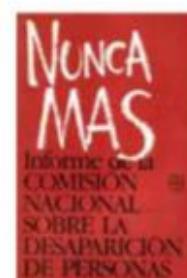
En el siglo xx, se llevaron a cabo experiencias de eugenios destinadas a un supuesto mejoramiento de la raza humana. Bajo el régimen nazi, tuvieron lugar esterilizaciones masivas e, incluso, el exterminio de comunidades humanas consideradas por este régimen como genéticamente inferiores. Tal fue el caso de las personas de origen judío, el pueblo gitano, las personas homosexuales y los individuos con síndrome de down, entre otros. Estas acciones fueron condenadas por la humanidad.

El conocimiento profundo de las bases moleculares de la vida y la tecnología asociada ha provocado encendidos debates por las posibles derivaciones que pueden afectar los derechos fundamentales de los individuos y de las sociedades. Algunos ejemplos en este sentido son las implicancias sobre la salud que podría acarrear la modificación genética aplicada al mejoramiento del rendimiento de los cultivos; las consecuencias que podría conllevar la manipulación genética de células de un individuo para tratar enfermedades; el uso del conocimiento de la información genética de un individuo de un modo discriminatorio, por ejemplo, al momento de ser aceptado en un empleo o por parte de las compañías de seguros de vida para establecer los valores de las pólizas.

## Genética e identidad

Luego de la dictadura militar de 1976 a 1983 en la Argentina, y una vez reinstalada la democracia, se elaboró un informe en el que se denunció no solo la desaparición de gran cantidad de hombres y mujeres, sino también de sus hijos e hijas, algunos nacidos durante el cautiverio de sus padres.

El informe Nunca Más, de la Comisión Nacional sobre la Desaparición de Personas (Conadep), publicado en 1984, expresa *Despojados de su identidad y arrebatados a sus familiares, los niños desaparecidos constituyen y constituirán por largo tiempo una profunda herida abierta en nuestra sociedad*.



- **Lapa del informe de la Comisión Nacional sobre la Desaparición de Personas (Conade).**

En algunos casos, las familias pudieron recuperar a los menores, pero según la organización Abuelas de Plaza de Mayo, alrededor de 500 niñas y niños desaparecidos durante la última dictadura no lograron volver a vivir con su familia de origen ni recuperaron su identidad. Sus familias biológicas los siguen buscando.

Una de las principales dificultades al comenzar la búsqueda fue la de poder determinar fehacientemente la relación de parentesco entre las abuelas y abuelos, y sus nietos y nietas. Hubiera sido posible establecer el parentesco entre los niños y niñas y sus progenitores, pero

eso era inviable porque, en muchísimos casos, padres y madres estaban desaparecidos.

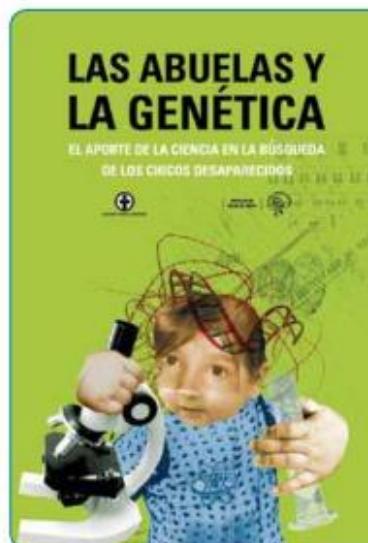
Fue necesario encontrar un método que permitiera establecer lazos de parentesco entre los niños y niñas con otros miembros de la familia. Fue así como, luego de recorrer innumerables instituciones de 12 países europeos sin éxito, las abuelas que buscaban a sus nietos y nietas dieron con el investigador Víctor Penchaszadeh. Este médico argentino trabajaba en el Hospital Mount Sinai, de Nueva York, y conocía el caso de los desaparecidos, ya que integraba una comisión de argentinos por los derechos humanos.

Penicaszadeh les comunicó a las abuelas que, si bien el problema debía tener solución, no había experiencia internacional en ese tema, y que sería necesario desarrollar nuevos estudios y métodos estadísticos para abordarlo. Para ello, formó un equipo con otros científicos, como el hematólogo Fred Allen, director del Blood Center de Nueva York, y Pablo Rubinstein, su subdirector. También, participó de las investigaciones Eric Stover de la Asociación Americana para el Avance de la

Ciencia (AMS), y la genetista Mary Claire King

Así, comenzó un largo camino que culminó en el desarrollo de un método de identificación de personas basado en el análisis genético sobre el ADN y una fórmula estadística que establece con una altísima probabilidad el parentesco. Como la identificación se produce comparando el ADN de los abuelos y las abuelas con el de los presuntos nietos y nietas, este método se conoce como "índice de abuelidad".

Si bien en un comienzo, todas estas gestiones e investigaciones se realizaron en el exterior, con la llegada de la democracia, se pudo establecer el centro de investigación en la Argentina, en la unidad de inmunología del hospital Durand, de Buenos Aires, a cargo entonces de la doctora Ana María Di Lonardo. El hospital Durand fue inicialmente sede del Banco Nacional de Datos Genéticos, donde se guardan muestras de ADN de familiares de personas desaparecidas durante la dictadura militar. Estas muestras, luego, pueden compararse con las de las presuntas nietas o nietos para establecer su filiación.



## ACTIVIDADES

1. ¿Piensan que un médico debería informar a los padres de un niño que este tiene un gen asociado a altas probabilidades de padecer una enfermedad grave, aun cuando no se conocieran los medios para enfrentarla? Discutan esta situación, evalúen las ventajas y desventajas que podría acarrear el conocimiento de dicha información.
  2. Investiguen sobre otros casos en el mundo en los cuales eventos que representaron tragedias para la humanidad hayan promovido desarrollos científicos. Pueden investigar acerca de la penicilina.
  3. ¿Cómo contribuyó la organización Abuelas de Plaza de Mayo en el avance de la genética?



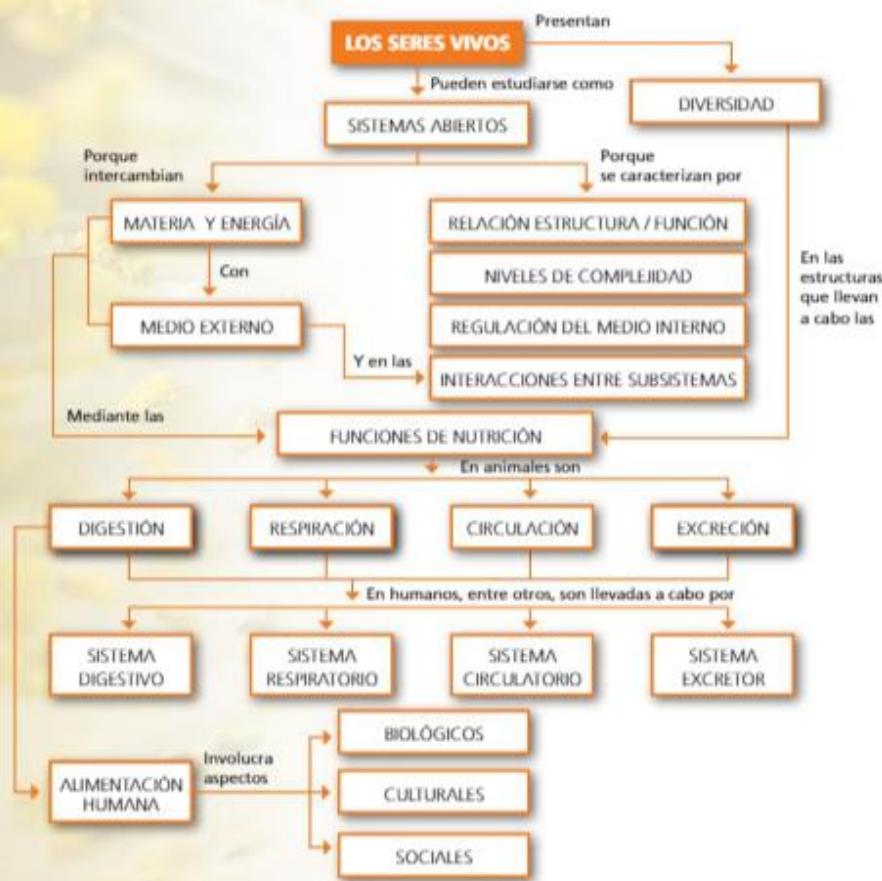
## Los organismos como sistemas abiertos y complejos

1. Un enfoque sistemático para el estudio de los seres vivos	30
2. La nutrición en el organismo humano. Digestión y respiración	42
3. La nutrición en el organismo humano. Circulación y excreción	64
4. La alimentación en la especie humana	88



© Ediciones SM, S.A. - Propiedad de los autores. Los 11 capítulos

Los seres vivos pueden ser estudiados desde diversos enfoques teóricos. Si se trata de responder a una pregunta relacionada con el surgimiento de nuevas especies, se privilegiará un enfoque evolutivo. En cambio, un enfoque sistemático (que considera a un ser vivo como un sistema) es más apropiado para estudiar los intercambios y las transformaciones de materia y energía en los organismos. Cualquiera sea la perspectiva que se utilice, una idea central en biología es que los seres vivos se caracterizan por su unidad: un conjunto de funciones comunes que los hace singulares. A la vez, existe una diversidad de estructuras y comportamientos relacionados con estas funciones. En este bloque se abordará el estudio de los organismos pluricelulares como sistemas abiertos y, en particular, del organismo humano.



Concepciones vitalistas, mecanicistas y organicistas sobre los seres vivos. El enfoque sistemico. Definición y características de los sistemas. Sistemas abiertos y complejos. Características de los seres vivos. Los seres vivos como sistemas abiertos y complejos. La nutrición en los seres vivos.

## Un enfoque sistemico para el estudio de los seres vivos



El enfoque sistemico para estudiar a los seres vivos toma la teoría de sistemas como referencia. Los sistemas se caracterizan por su estructura y su función. Los organismos son sistemas abiertos, ya que intercambian materia y energía a través de la función de nutrición. Los distintos tipos de seres vivos presentan diferentes estructuras y comportamientos relacionados con esta función.

### Distintas formas de entender a los seres vivos

A lo largo de más de veinte siglos se ha debatido alrededor de qué es lo que hace "vivo" a un ser vivo. Dado que los seres vivos están constituidos por los mismos componentes básicos (los átomos) que forman parte de toda la materia en el Universo, resulta intrigante que posean cualidades que los hacen tan diferentes de la materia no viva. En particular, la propiedad de mantener una organización interna que no se degrada, salvo luego de su muerte.

En el camino de indagación sobre "lo vivo", se desarrollaron distintas corrientes de pensamiento.

Por un lado, el pensamiento mecanicista que sostenia que los fenómenos biológicos son una expresión más de las leyes de la física y de la química, y pueden ser explicados por completo a través de ellas. Así, por ejemplo, René Descartes (1596-1650), filósofo y físico francés sostenia: *Quiero que consideréis las funciones (del organismo) como aquellas que se producen en la máquina a causa de la disposición especial de sus partes: no son ni más ni menos que los movimientos del reloj o de cualquier otro automata compuesto de ruedas y pesas*. Según este enfoque, el estudio de los seres vivos consistía básicamente en desmontar esas máquinas para analizar en detalle cada uno de sus componentes.



Las ideas mecanicistas no solo abarcaron el campo científico. La ópera *Los cuentos de Hoffmann*, compuesta a fines de 1800, cuenta entre sus personajes con Olympia, una muñeca o automata, creada por otro de sus personajes, un científico llamado Spallanzani.

© Editorial Elzevier S.A. - Propiedad de la Universidad de Ley 11.203

© Editorial Elzevier S.A. - Propiedad de la Universidad de Ley 11.203

Frente a estas dos posturas antagónicas, el biólogo y médico francés Claude Bernard (1813-1878) aportó una mirada de los organismos vivos que puede considerarse superadora de las otras dos. Propuso analizarlos como un todo organizado y no solo como la suma de los elementos constitutivos. Según su punto de vista, las propiedades que presentan los organismos vivos son el resultado de la interacción entre las partes que los componen. Estas interacciones les confieren características que son distintas a las de sus componentes analizados de manera aislada.

Claude Bernard es reconocido como el fundador de la medicina experimental. En su libro *Introducción al estudio de la Medicina Experimental* escribió: [...] Por fin, el experimento o el estudio de los fenómenos naturales enseñó al hombre que las verdades del mundo exterior no pueden hallarse ni mediante el sentimiento ni mediante la razón, por indispensables que sean estos como guías. Para alcanzar las verdades exteriores, es necesario descender a la realidad objetiva donde están ocultas en su forma fenominal. [...] El giro de la inventiva, tan precioso en las ciencias, puede quedar disminuido o abrigado por un método inadecuado, mientras que un buen método puede desarrollarlo. En resumen, un buen método fomenta el desarrollo científico y previene a los investigadores contra las innumerables fuentes con que tropiezan en su búsqueda por la verdad: este es el único objeto posible del método experimental!



► Claude Bernard en su laboratorio de la universidad La Sorbona de París.

Esta manera de ver a los seres vivos, denominada visión organicista, se alejaba tanto del vitalismo como del mecanicismo, y constituyó un antecedente importante para la postulación del modelo del organismo como sistema abierto.

Este modelo fue propuesto por el biólogo austriaco Ludwig von Bertalanffy (1901-1972) en su libro *Teoría General de los Sistemas*, donde expresa:

[...] la biología, a la luz mecanicista, veía su meta en la fragmentación de los fenómenos vitales en entidades atómicas y procesos parciales. El organismo vivo era descompuesto en células, sus actividades en procesos fisiológicos y por último fisicoquímicos [...] En cambio, la concepción organicista es básica para la biología moderna. Es

necesario estudiar no solo partes y procesos aislados, sino también, resolver los problemas decisivos hallados en la organización y el orden que los unifican, resultantes de la interacción dinámica de las partes y que hacen al diferente comportamiento de estas cuando se estudian aisladas o dentro del todo.

La concepción organicista de Bertalanffy, así como la organicista de Bernard, intentaron dar respuesta a una de las preguntas centrales de la biología referida a la organización y orden que caracteriza a los seres vivos. Introdujeron la idea de interacción para explicar dicha particularidad y plantearon que orden y organización derivan de las interacciones que se producen entre las partes que conforman a los sistemas vivos.

Con su teoría general de los sistemas, Bertalanffy se propuso formular principios que tuvieran validez para analizar fenómenos naturales, tecnológicos y sociales que se presenten como sistemas, independientemente de la naturaleza de sus componentes y de las relaciones entre ellos. En este capítulo, se presentarán los rasgos de la teoría que resulten útiles para una mejor comprensión del estudio de la nutrición en los seres vivos.



► Un sistema operativo y la red de subterráneos de una ciudad, como la de Moscú, son ejemplos de sistemas según Bertalanffy.



## Los sistemas

La palabra “sistema” es un término frecuentemente utilizado. En todos los casos, al hablar de sistema se hace referencia a un conjunto de elementos relacionados entre sí, organizados de una manera particular que determina un modo de funcionamiento, también, particular. Si se modifica la disposición de los elementos de manera que el conjunto no funcione, este deja de ser considerado un sistema.

### Características de los sistemas

Para analizar las características de un sistema, se puede tomar como ejemplo el de distribución de agua y eliminación de desechos de una casa.

El sistema de cañerías de un baño es un sistema sencillo, formado por unos pocos elementos conectados de manera más o menos lineal.

Si se quiere analizar un problema de falta de agua en una de las canillas, se puede comenzar por estudiarlo dentro de los límites de este sistema: todo lo que se encuentra entre los puntos de entrada y los de salida de la cañería hacia y desde el baño. Sin embargo, podría suceder que el problema no se encuentre dentro de estos límites, sino en alguna otra parte de la casa. Será necesario entonces definir nuevos límites para el sistema a estudiar: el sistema “cañerías de la vivienda”.

El sistema “cañerías del baño” está en relación con un sistema mayor, las cañerías de la vivienda a las que el baño pertenece. Es decir, se puede considerar al primero como un subsistema dentro del segundo. Ambos, sistema y subsistema, están en interacción.

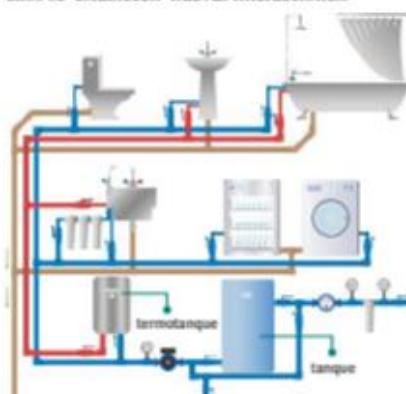


► Sistema de cañerías de un baño. Formado por caños, conectores, tuercas, arandelas y válvulas. La disposición de estos elementos permite la entrada, distribución y salida de agua de los artefactos del baño.

Los límites de un sistema, los componentes que quedan dentro de él y las interacciones que serán examinadas, son definidos por el investigador de acuerdo con la finalidad del estudio.

En el nuevo sistema que se ha delimitado (cañerías de la vivienda), la disposición particular de los elementos permite que el agua penetre a través de las vías de entrada, circule por diversas cañerías, que se bifurcan y conectan con otras, y salga nuevamente al exterior. A lo largo de su recorrido, el agua experimenta diversas transformaciones: el agua que sale es diferente de la que entró. También, hay transformaciones de energía: la energía potencial del agua en el tanque se transforma en cinética al circular por las cañerías. El termostanque y las cañerías de agua caliente liberan energía en forma de calor que difunde al exterior.

Así, los sistemas se caracterizan por sus límites que, como se dijo, se establecen en función del propósito estudio. El límite de un sistema define el medio interno donde ocurren las transformaciones estudiadas y el entorno o medio externo, que queda por fuera del sistema en estudio. En ciertos casos, si la investigación lo requiere, lo que se establece como entorno de un sistema, puede constituirse en un sistema mayor que contiene al primero. En ese caso, el primero pasa a definirse como subsistema del segundo y entre ellos se establecen nuevas interacciones.



► Las cañerías de una casa constituyen un sistema cuyos límites están definidos por los puntos de entrada y salida de agua de la vivienda.

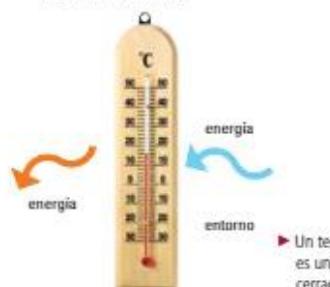
## Distintas formas de caracterizar un sistema

Los sistemas se pueden clasificar según diversos criterios. Uno de ellos toma en cuenta los intercambios de materia y energía con el medio. Otro, la complejidad de la estructura del sistema.

Si se tiene en cuenta los intercambios de materia y energía es posible distinguir entre sistemas abiertos y sistemas cerrados. Los sistemas que, como los del ejemplo de las cañerías de una casa, intercambian materia y energía con el medio externo se denominan sistemas abiertos; dicho intercambio se realiza a través de los límites del sistema. En cambio, los sistemas que intercambian energía con su entorno, pero no materia, se denominan sistemas cerrados.



► Este esquema representa las principales características de un sistema abierto.



► Un terómetro es un sistema cerrado.

La complejidad del sistema se define por el número de componentes y por las interacciones que se establecen entre ellos.

De acuerdo con este criterio, es posible identificar sistemas de diverso grado de complejidad. Por ejemplo, al comparar el sistema de cañerías del baño con el de la casa, se puede decir que este último es más complejo, no solo porque tiene más elementos, sino también, porque existe un mayor número de interacciones entre ellos. Por ejemplo, una parte del agua que ingresa por las tuberías es derivada hacia el termostanque donde es calentada. Una vez caliente, el agua sale a través de cañerías de agua caliente, mientras que la fría circula por otras.

Otro factor que define la complejidad de un sistema es la existencia de varios puntos de regulación. En el caso analizado, el tanque de agua posee una válvula que impide la entrada del agua una vez que ha alcanzado un determinado nivel, así se evita que rebalse. Un punto similar de control se encuentra en el depósito de agua del inodoro. Los puntos de regulación contribuyen a la estabilidad del sistema.

La diversidad de sistemas proviene de cómo se combinan ambos criterios.

► Una cámara fotográfica es un sistema más complejo que una lente.



## ACTIVIDADES

1. Buscá un video en el que se explique cómo funciona un termostanque, puede ser este: <http://cor.to/G1bb>. Después de verlo, respondé las preguntas.
  - a. El termostanque se considera un sistema abierto. Representalo en un esquema como el de esta página detallando qué es lo que entra, qué es lo que sale y qué transformaciones se producen.
  - b. El video que se da como ejemplo muestra dos puntos de regulación. ¿Cuáles son?, ¿en qué consiste cada uno?
  - c. ¿De qué manera contribuyen los puntos de regulación a la estabilidad del sistema estudiado?

## Las características de los seres vivos

Además del enfoque sistémico, actualmente, la biología considera una serie de características que, tomadas en conjunto, dan cuenta de las peculiaridades del fenómeno de la vida. Algunas pueden ser analizadas desde un enfoque sistémico y otras, no. Todas estas características se describen a continuación.

Los seres vivos poseen una estructura

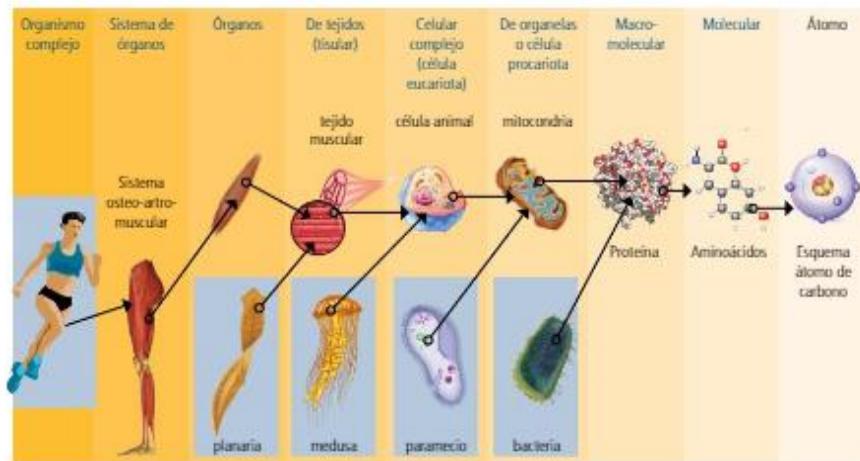
Todos los seres vivos están formados por células. En los organismos unicelulares, una sola célula constituye un único organismo, mientras que los pluricelulares están constituidos por muchas células. Todas las células están formadas por el mismo tipo de moléculas, formadas a su vez por los mismos elementos, que son fundamentalmente carbono, hidrógeno y oxígeno.

Sin embargo, al estudiar los seres vivos es posible identificar diferentes niveles de complejidad en su estructura, son los denominados niveles de organización.

Como se ve en el esquema, la estructura del organismo humano, al igual que la de todos los vertebrados, pertenece al nivel de organización más

complejo, el denominado nivel de organismo. El organismo humano, a su vez, está integrado por otras estructuras que, a modo de subsistemas, interactúan entre sí y forman un todo organizado. Cada subsistema corresponde a un nivel de organización; en orden de complejidad decreciente son: el nivel de sistema de órganos, el nivel de órganos, el tisular (tejidos) y el celular. Las propiedades de un determinado subsistema, por ejemplo el tejido muscular, no se explican solo por las características de sus componentes. Del conjunto de características de sus células, de su posición relativa en el espacio y de las relaciones que establecen resultan las propiedades del nivel superior.

En la diversidad de seres vivos, se puede encontrar grupos de organismos de menor nivel de complejidad. Las planarias (gusanos planos) corresponden al nivel de órganos y las medusas al nivel tisular. Los seres vivos unicelulares alcanzan solo el nivel celular, pero las células eucariotas son más complejas que las procariotas (bacterias), ya que las primeras tienen organelas que realizan funciones específicas. Dichas organelas corresponden a un nivel de organización inferior al de las células eucariotas, pero algunas de ellas como las mitocondrias son tan complejas como una bacteria.



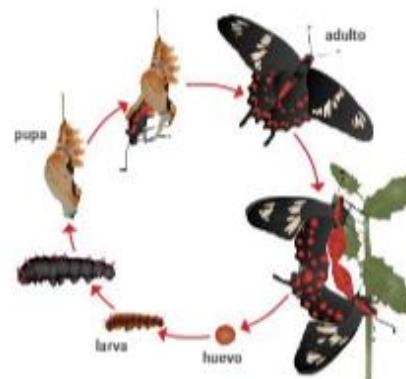
- En este esquema, se muestran ejemplos de los niveles de organización de forma decreciente en cuanto a su complejidad: desde el nivel de organismos con sistemas de órganos hasta el nivel de átomo. Los seres vivos presentan niveles desde el de organismo hasta el de bacteria.

Los seres vivos crecen y se desarrollan

Todos los organismos crecen debido a la incorporación de materia y energía. De este modo, fabrican las estructuras que los forman. La mayoría de los organismos pluricelulares se originan en una única célula que, al multiplicarse, genera otras nuevas. De esta manera se produce el crecimiento. Durante la multiplicación que dará lugar al organismo adulto, las células se van diferenciando y formando tejidos y órganos diferentes. En esto consiste el desarrollo que acompaña al crecimiento del organismo.

Los seres vivos tienen la capacidad de reproducirse

Otra función común a todos los organismos es la capacidad de reproducirse. Mediante la reproducción, los seres vivos originan otros nuevos con características similares a las de sus antecesores. En este proceso, los progenitores transmiten a sus descendientes una copia de su material genético. Dicho material contiene la información característica de la especie a la que pertenecen, y que determinará, en gran medida, las características de la organización y el funcionamiento del nuevo organismo. Si bien la reproducción es una función de los seres vivos, no se considera vital para el individuo en sí mismo, debido a que este puede sobrevivir sin reproducirse. Sin embargo, es esencial para la especie, ya que asegura su continuidad y evolución.



## ► Reproducción, crecimiento y desarrollo de la mariposa llamada comúnmente "rosa carmesí" (*Pachliopta hector*)

Los seres vivos comparten una historia evolutiva

Al igual que sucede con la reproducción, la capacidad de evolucionar no es propia de los individuos, sino de las especies. A lo largo de la historia evolutiva, las especies, en su continua interacción con un ambiente cambiante, se han ido modificando y adaptando a las nuevas condiciones a través del mecanismo denominado selección natural. En este proceso, muchas especies dieron origen a unas nuevas y otras se extinguieron. La teoría de la evolución, al postular la existencia de un origen común, permite explicar tanto la unidad de los seres vivos como su diversidad; y lo hace mediante la formulación del mecanismo de selección natural.



► Los fósiles son evidencia de la evolución de los seres vivos.

## UN ORIGEN COMÚN, UNA HISTORIA COMPARTIDA

La asombrosa uniformidad que presentan los seres vivos, tanto en su composición y organización como en los procesos que llevan a cabo, es una fuerte evidencia de que todos tienen un origen común. La teoría del antro común sostiene que todas las especies existentes en la actualidad, así como las que ya se extinguieron, surgieron a partir de un único tipo de organismo que habría vivido hace 3.500 millones de años.

Charles Darwin realizó este boseto a modo de árbol, en el cual el tronco base representa el ancestro común y las ramas, los distintos tipos de organismos que fueron surgiendo a lo largo del tiempo.



## Los seres vivos intercambian materia y energía con el entorno

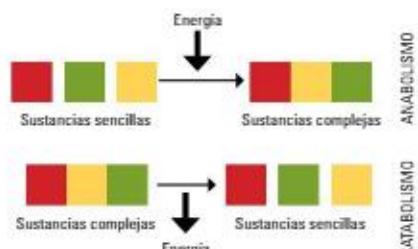
La subsistencia de los seres vivos depende del intercambio de materia y energía con el entorno. Este intercambio consiste en el ingreso de materia y energía al organismo, su transformación y aprovechamiento, y la eliminación de los productos resultantes al exterior.



► Representación esquemática de un organismo como sistema abierto.

Estas transformaciones ocurren en cada una de las células de los organismos pluricelulares y consisten en reacciones químicas de diverso tipo. Se denomina metabolismo al conjunto de reacciones que sostienen la organización estructural y funcional de las células y de los organismos que estas conforman.

Existen dos tipos básicos de transformaciones metabólicas. Aquellas en las que se sintetizan sustancias complejas a partir de otras más sencillas se denominan reacciones anabólicas. Este proceso, llamado anabolismo, requiere del aporte de energía. Por su parte, el catabolismo se caracteriza por la degradación de sustancias complejas



► La energía liberada durante el catabolismo puede ser utilizada en el organismo en otras reacciones anabólicas o en la realización de un trabajo como la locomoción. También, puede almacenarse o liberarse en forma de calor.

en otras más simples. Las reacciones catabólicas liberan energía. Anabolismo y catabolismo son procesos que ocurren permanente y simultáneamente en todo ser vivo.

## Los seres vivos perciben los cambios y reaccionan ante ellos

Todos los seres vivos son sensibles a los cambios que se producen en el medio tanto interno como externo. Se denomina estímulo a los cambios que se producen en el ambiente y que son percibidos por los organismos. La capacidad de percibir estímulos, procesarlos y reaccionar en consecuencia se denomina irritabilidad.



► Ante un estímulo que indique peligro, los peces globo aumentan su volumen e intimidan a sus predadores.

## ACTIVIDADES

Las mimosas (*Mimosa pudica*) son plantas cuyas hojas se cierran cuando reciben la presión del dedo de una persona o de algún insecto que se posa en ellas. Este es un ejemplo de irritabilidad.



► Escribi tres ejemplos de irritabilidad en animales y en humanos en particular. Incluyan alguno relacionado con cambios en el medio interno.

## Los seres vivos mantienen su medio interno estable

La subsistencia de los seres vivos depende de que su medio interno se mantenga relativamente estable. Por ejemplo, los valores de la presión sanguínea, la temperatura corporal o la concentración de ciertos solutos se mantienen siempre dentro de rangos que son considerados normales. Cuando alguno de estos valores se encuentra por fuera de los límites del rango normal, se produce un desequilibrio que puede afectar

al organismo en su conjunto. Sabiendo que los seres vivos intercambian materia y energía con el ambiente externo y que, además, este es cambiante, cabe preguntarse cómo es posible que se mantenga la estabilidad de su medio interno.

La propiedad de irritabilidad, ya mencionada, es posible por la existencia de sistemas de regulación que permiten compensar los cambios percibidos. Al conjunto de fenómenos que mantienen constante el medio interno se lo denomina homeostasis.

	Resultados	Unidades	valores de referencia
<b>MAGNESIO EN SANGRE</b>			
<b>Resultado</b>	2.09	mg/dl	1.60 – 2.60
* <b>FOSFATEMA FÓSFORO INORGÁNICO</b>			
<b>Resultado</b>			
* <b>CALCIO EN SANGRE *</b>	4.02	mg/dl	
<b>Resultado</b>			
* <b>VITAMINA D (25 HIDROXI)-D3</b>	8.60	ng/ml	8.50 – 10.50
<b>Resultado</b>			
Val. Recomendados:			
menor a 20 ng/ml : deficiencia			
21-29 " : insuficiencia			
mayor a 30": suficiencia (niv. óptimos)			
mayor a 100 " : toxicidad			
<b>Resultado</b>			
* <b>FOSFATASA ALCALINA ÓSEA</b>	35.10	ng/ml	
<b>Resultado</b>			
menor a 20 u/l : deficiencia			
21-29 " : insuficiencia			
mayor a 30": suficiencia (niv. óptimos)			
mayor a 100 " : toxicidad			
<b>Resultado</b>			
<b>METABOLIZACIÓN DE LA GLUCOSA</b>	5.00	u/l	4.90 – 26.60

► En los análisis clínicos, los valores de referencia que aparecen al lado de los resultados muestran los rangos aceptables para cada componente. La estabilidad del organismo depende de que estos componentes se mantengan dentro de dicho rango.

## LA REGULACIÓN DE LA TEMPERATURA, UN EJEMPLO DE HOMEOSTASIS

Parte de la energía liberada durante las reacciones catabólicas se transforma en calor, que tiene a propagarse por radiación. Salvo excepciones, para que los procesos metabólicos puedan ocurrir es necesario que la temperatura se mantenga dentro de un rango que oscila alrededor de los 37 °C. Por lo tanto, se requiere de mecanismos que mantengan esos valores más o menos constantes.

Entre los seres vivos, y en particular en los animales, existe una gran variedad de mecanismos de regulación de la temperatura, desde procesos metabólicos hasta características estructurales y de comportamiento.

Algunos organismos, como las aves y los mamíferos, regulan su temperatura interna aprovechando el calor

proveniente del catabolismo. Se los denomina organismos endotermos. Por otra parte, los organismos ectotermos mantienen su temperatura constante porque aprovechan una fuente externa de calor. Del mismo modo, en algunos grupos, puede existir una combinación de ambas formas de regulación.

► Esta lagartija se expone al sol y así recibe calor externo. Mientras recibe calor, aumenta la frecuencia cardíaca, lo que incrementa el flujo sanguíneo. Así, el calor ganado en la zona superficial llega más rápidamente a las zonas más bajas en el centro del cuerpo.



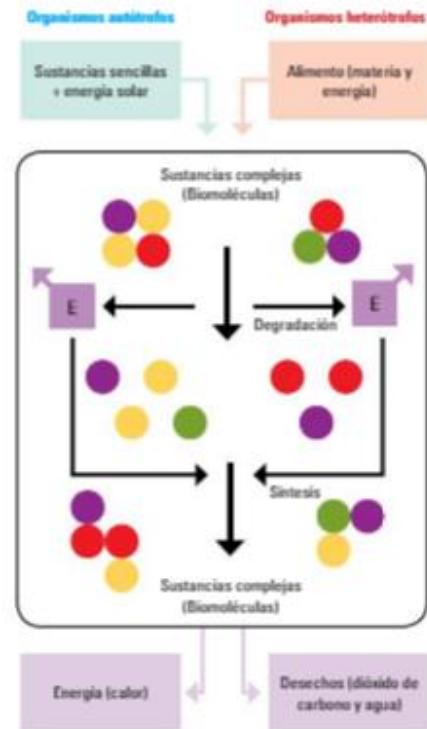
## ACTIVIDADES

¿A qué grupo de organismos pertenece la lagartija de la imagen según su mecanismo de termorregulación?

## La nutrición en los sistemas vivos

A lo largo de su historia evolutiva, los organismos pluricelulares han desarrollado una diversidad de estructuras y funciones que posibilitan la incorporación de materia del medio, su distribución a todas las células, la recolección de desechos producidos en las reacciones metabólicas y su eliminación al exterior. A este conjunto de procesos se lo denomina nutrición.

La materia incorporada consiste en distintos tipos de sustancias que pueden estar en estado gaseoso, como el oxígeno o el dióxido de carbono; en estado líquido, como el agua; o en estado sólido, como las proteínas. De todas ellas, las que resultan fundamentales para el metabolismo celular son las denominadas biomoléculas, como



► En este esquema, se sintetizan los principales procesos que relacionan el metabolismo con la nutrición autótrofa y heterótrofa. La "E" indica energía.

los lípidos, las proteínas o los hidratos de carbono, que forman parte de la materia orgánica. En la nutrición, participan también otros nutrientes, como las vitaminas y los minerales.

En el mundo viviente, existen dos formas básicas de obtener biomoléculas: la nutrición autótrofa y la nutrición heterótrofa.

Los organismos autótrofos, como las plantas, las algas y algunas bacterias, incorporan del medio sustancias sencillas con las que sintetizan la materia orgánica necesaria para el metabolismo. El proceso más común entre los seres vivos autótrofos es la fotosíntesis, durante la cual, con el aporte de energía solar, se sintetiza glucosa a partir de dióxido de carbono, agua y minerales. Como consecuencia de este proceso, se libera oxígeno. La glucosa así obtenida puede ser transformada luego en otras biomoléculas.

Los organismos heterótrofos incorporan materia orgánica mediante la ingestión de otros seres vivos, que constituyen su alimento. Las biomoléculas que forman el alimento son la materia prima a partir de la cual los heterótrofos sintetizan sus propias biomoléculas. Entre los organismos heterótrofos, se encuentran los animales, los hongos y los protozoos.

La mayoría de los organismos, tanto autótrofos como heterótrofos, obtienen energía por medio de la respiración celular, que consiste en la combinación química de la glucosa con el oxígeno. En esta reacción, la glucosa se degrada y da lugar a sustancias sencillas, como dióxido de carbono y agua.



► Entre los seres vivos, existen dos formas de obtener alimento: elaborarlo a partir de sustancias inorgánicas o incorporarlo de otros seres vivos.

## La nutrición en los animales. Unidad y diversidad

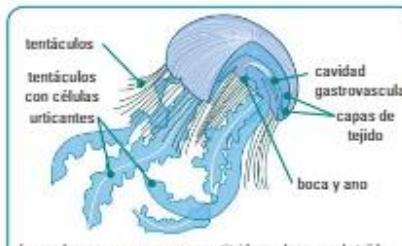
Los animales son organismos heterótrofos y pluricelulares. Incorporan alimentos del ambiente y los nutrientes contenidos en ellos deben ser distribuidos en todas las células.

El alimento ingerido es degradado hasta obtener por separado las biomoléculas que lo componen. Esto posibilita su ingreso a cada una de las células. En el interior celular, se producen diversos procesos metabólicos; entre ellos, la respiración celular en la que interviene el oxígeno. Tanto las biomoléculas como el oxígeno son transportados a todas las células del organismo. Además, los productos del metabolismo celular son transportados desde cada célula hacia el exterior.

Estos procesos forman parte de la nutrición y son funciones comunes a todos los animales.

Proceso	Nombre de la función
Captación del alimento	Ingestión
Degrado del alimento	Digestión
Captación del oxígeno	Respiración
Transporte de biomoléculas y oxígeno	Circulación
Eliminación de desechos	Excreción

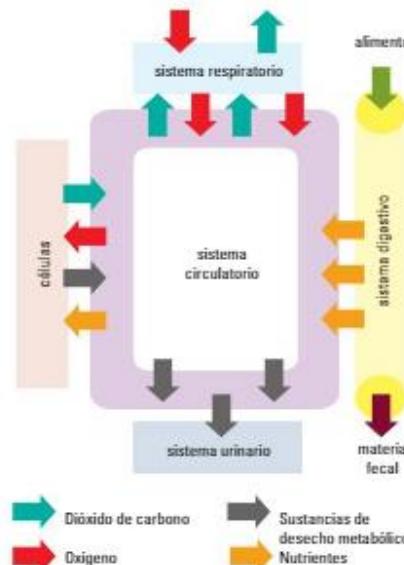
En las diferentes especies de animales, las funciones involucradas en la nutrición son llevadas a cabo por una diversidad de estructuras que pueden presentar distinto grado de complejidad.



Las medusas poseen un cuerpo constituido por dos capas de tejido separadas por una cavidad gastróvascular, que cumple funciones digestivas y de transporte. Poseen una única abertura que oficia de boca y ano. Alrededor de la abertura, hay unos tentáculos con células urticantes con las que capturan sus presas. En la cavidad gastróvascular, el alimento es digerido parcialmente. La circulación de agua en dicho espacio favorece el ingreso de las partículas alimenticias a las células circundantes, donde se completa la digestión. Los intercambios de oxígeno y dióxido de carbono y la eliminación de los desechos, también se producen mediante la circulación de agua en la cavidad gastróvascular y el pasaje de célula a célula.



Los organismos más complejos poseen sistemas de órganos especializados. El siguiente esquema representa la relación entre estos sistemas en un organismo vertebrado.



## Propuesta de actividades

- Al comienzo de este capítulo, se mencionó que la teoría organicista y de sistemas es superadora del vitalismo y del mecanicismo para explicar la singularidad de los seres vivos.
  - Mencioná, al menos, dos conceptos referidos a los sistemas que justifiquen esa afirmación.
  - ¿En qué sentido cada concepto explica a los seres vivos mejor que los otros?
- Analizá los sistemas que se esquematizan más abajo. Las líneas verdes representan los límites de cada uno.



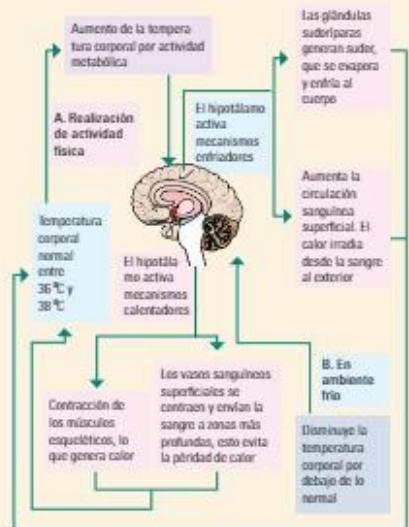
- Compara los tres sistemas teniendo en cuenta:
  - El tipo de elementos que los componen
  - Las variaciones en la cantidad y calidad de los elementos a lo largo del tiempo
  - Las relaciones del sistema con su entorno
- ¿Cuál de ellos representa mejor un sistema vivo? Explicá tu respuesta.

- Leé el siguiente texto, observá el esquema y respondé las preguntas.

“En un corte transversal de una hoja, se observan la epidermis superior y la inferior formadas por células más o menos alargadas cuyas paredes están en estrecho contacto. Su función es la de protección. En la epidermis, existen unos pequeños poros, llamados estomas, a través de los cuales se produce el intercambio de oxígeno y dióxido de carbono con el exterior. Por debajo de la epidermis superior, normalmente, se encuentra una capa de células que poseen gran cantidad de cloroplastos, denominada parénquima en empalizada, y es donde se lleva a cabo la fotosíntesis. Debajo del parénquima en empalizada, se encuentra el parénquima esponjoso formado por células redondeadas que se encuentran separadas entre sí, lo que deja espacio para que circule el oxígeno y el dióxido de carbono en el interior de la hoja. Estos espacios son más grandes entre las células cercanas a los estomas de la epidermis inferior y esto facilita el intercambio gaseoso”.



- ¿Qué niveles de organización están representados en el texto y en el esquema? Mencionalos y da un ejemplo de cada uno.
- Escribí dos ejemplos que den cuenta de la relación entre la estructura y la función en cualquiera de los niveles mencionados.
- En el esquema, se representa el mecanismo de regulación de la temperatura en humanos.



- ¿Cuáles son los cambios que desencadenan los mecanismos de regulación?
- ¿Cuál de esos cambios constituye un estímulo externo y cuál uno interno?
- ¿De qué manera contribuye a la homeostasis este mecanismo?

## Propuesta de actividades

### El experimento de Joseph Priestly

La siguiente experiencia fue realizada por el químico inglés Joseph Priestley en 1772 para analizar cómo interactúan los seres vivos entre sí y con su entorno.



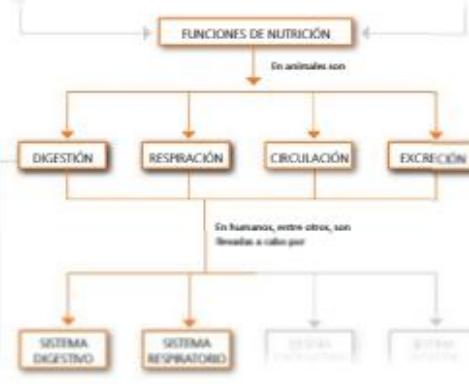
- Colocó un ratón en una campana transparente cerrada, en presencia de agua y alimento. A los pocos días, el ratón murió.
- Colocó una planta en tierra dentro de otra campana cerrada, en presencia de agua y luz. La planta se mantuvo viva.
- Colocó dentro de la campana transparente cerrada un ratón y una planta con tierra en presencia de luz, agua y alimento. Ambos se mantuvieron con vida a lo largo del tiempo.

• Reúnanse en grupos y resuelvan las siguientes consignas.

- ¿Por qué consideran que el ratón de la campana 1 no sobrevivió, a pesar de contar con agua y alimento suficientes?
- ¿Dirían que el cambio ocurrido en la campana 1 está vinculado con alguna de las funciones vitales que lleva a cabo un organismo? ¿Con cuál?
- ¿Por qué la muerte del ratón no fue inmediata?
- ¿Por qué en la campana 2, donde se encuentra la planta, no se colocó alimento?
- ¿La presencia de luz es una condición indispensable en todas las campanas? Justifiquen su respuesta.
- La planta y el ratón son seres vivos y desarrollan funciones vitales similares. ¿Por qué la planta no muere después de un tiempo de permanecer sola dentro de la campana cerrada y el ratón, sí?
- ¿Dirían que la presencia de la planta tiene alguna influencia en la supervivencia del animal? ¿Cómo lo explicarían?
- A partir de esta experiencia, Priestley concluyó que la vegetación constituye uno de los medios restauradores del aire de la naturaleza. ¿Qué significado tiene esta expresión?
- Basándose en la lectura de esta experiencia, elaboren un texto en el que expliquen el concepto de ser vivo como sistema abierto.
- Discutan la siguiente afirmación: “No es conveniente dormir en la misma habitación con una planta, ya que esta también respira y nos quita el oxígeno”.



## La nutrición en el organismo humano: digestión y respiración



El organismo humano puede considerarse como un sistema abierto y complejo. Materia y energía ingresan a él a través de los alimentos y son transformadas en el sistema digestivo. El oxígeno necesario para liberar la energía de los alimentos es incorporado a través del sistema respiratorio. Estos dos sistemas, junto con el circulatorio y el excretor, participan de la nutrición. Su regulación depende de sistemas de control, como el nervioso y el endocrino. En los animales, las estructuras que llevan a cabo estas funciones pueden ser similares a las humanas o muy diferentes.

### Los sistemas de nutrición, una mirada integrada

La función de nutrición involucra cuatro procesos: la digestión, la respiración, la circulación y la excreción. En el esquema, se representan los sistemas que llevan a cabo estas funciones.



### ACTIVIDADES

- ¿Qué niveles de organización se mencionan en el esquema que representa el cuerpo humano? Ordenalos según su complejidad.

### La incorporación de materia y energía al organismo humano

Los humanos, por ser organismos heterótrofos, obtienen su alimento de otros seres vivos.

Los alimentos aportan diversas sustancias que constituyen la materia prima para producir nuevas células o que posibilitan la síntesis de materiales necesarios para el metabolismo celular y la regulación del organismo.

Algunas de las sustancias que aportan los alimentos son moléculas complejas, también llamadas macromoléculas, como las proteínas, algunos hidratos de carbono y los lípidos.

Otras sustancias que forman parte de los alimentos son las vitaminas y los minerales, que cumplen un papel importante en la regulación de las reacciones químicas que ocurren en el organismo. El agua es el componente mayoritario del cuerpo y es fundamental para la homeostasis. Debido a que la proporción de agua contenida en los alimentos no es suficiente para cubrir las necesidades, se debe ingerir una cantidad extra.

Los alimentos, además, aportan energía. Como provienen de otros seres vivos, las moléculas complejas que los conforman fueron sintetizadas mediante reacciones anabólicas con la incorporación de energía. Esta energía queda contenida en los enlaces químicos que mantienen unidas a las moléculas, y es liberada durante los procesos catabólicos.

Dado que todos los organismos están formados por los mismos componentes básicos, cualquier ser vivo es potencialmente un alimento de otro ser vivo. Que llegue a serlo o no dependerá de la capacidad que tengan las especies o los individuos para asimilarlos. Por ejemplo, los humanos no podrían alimentarse solo a base de hierbas, ya que su sistema digestivo no puede descomponer la celulosa, que es el principal nutriente que aportan las hojas de los vegetales. En cambio, otros mamíferos, como las vacas o las ovejas, lo hacen debido a la presencia de bacterias en su sistema digestivo que degradan la celulosa y permiten así su incorporación al sistema circulatorio y a las células.

Algunos componentes de los alimentos, como el agua, las vitaminas y los minerales, luego de ser ingeridos, pueden ser aprovechados directamente por el organismo. En cambio, las macromoléculas deben ser transformadas en moléculas más sencillas antes de ser transportadas a las células. Por ejemplo, las moléculas complejas de hidratos de carbono, como los polisacáridos, son transformadas en monosacáridos, que son hidratos de carbono más simples. Luego, cada célula utiliza esas moléculas sencillas para fabricar sus propias macromoléculas.



► Hay personas que no pueden consumir leche ni sus derivados porque no consiguen digerir uno de sus componentes: la lactosa.

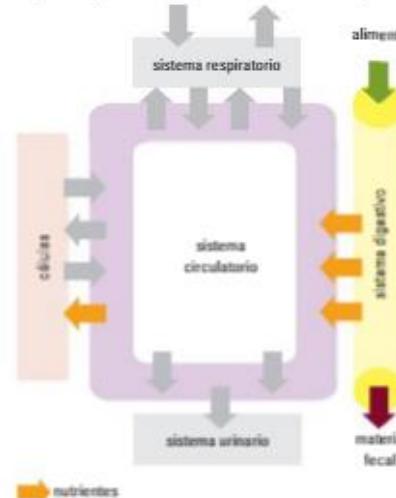
Componentes de los alimentos	Funciones en el organismo
Proteínas	Forman parte de estructuras del organismo (proteínas del tejido muscular). Participan en la regulación y en control de las funciones del organismo (hormonas). Participan en la inmunidad (anticuerpos). Regulan las reacciones químicas que ocurren en el organismo (enzimas).
Hidratos de carbono	Fuente principal de energía inmediata (glucosa). Forma sustancias de reserva (glúteno).
Lípidos	Fuente de energía mediata. Aislante térmico (grasa corporal). Disuelven sustancias y facilita así su transporte. Regula procesos celulares.
Agua	Da turgencia a las células, lo que contribuye a mantener su forma y estructura. Estabiliza la temperatura corporal.
Vitaminas	Regulan y facilitan numerosas reacciones químicas del organismo. Ayudan al funcionamiento de las enzimas. Componente de hormonas (iodo).
Minerales	Componente de estructuras como el hueso (calcio y fósforo).

► En esta tabla, se resumen las principales funciones de los componentes de los alimentos en el organismo humano.

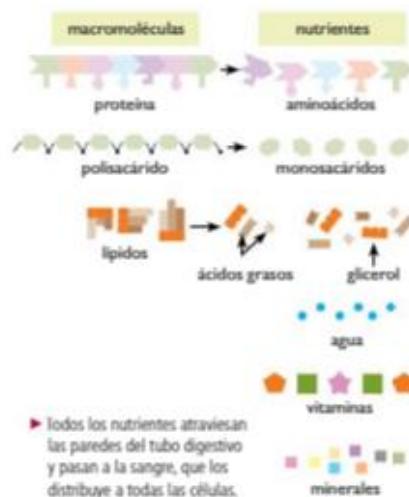


## Nutrición y digestión

Se denomina nutriente a las sustancias que pueden ser aprovechadas como fuente de materia y energía por las células del organismo. El proceso por el cual las macromoléculas de los alimentos son transformadas en nutrientes es la digestión, y se lleva a cabo en el sistema digestivo.



► Esquema que representa cómo participa el sistema digestivo en la nutrición.



► Todos los nutrientes atraviesan las paredes del tubo digestivo y pasan a la sangre, que los distribuye a todas las células.

Durante el proceso digestivo, se pueden identificar dos tipos de transformaciones: la digestión mecánica y la digestión química. La primera es una transformación física de fragmentación de los alimentos en trozos más pequeños, mientras que la segunda modifica la composición química de las sustancias ingeridas. En la digestión química, intervienen las enzimas digestivas, que son producidas en glándulas específicas o en las células que forman los tejidos de los órganos en los que actúan. Además, participan otras sustancias, como el ácido clorhídrico, el bicarbonato de sodio y la bilis, que facilitan la acción de las enzimas y cumplen una función bactericida.

La digestión mecánica y la química actúan en simultáneo. Por ejemplo, cuando ingresa el alimento en la boca, es triturado mecánicamente por los dientes; a la vez, la lengua lo mueve dentro de la cavidad bucal y contribuye así a que se mezcle con la saliva, cuyas enzimas digestivas lo transforman químicamente. Asimismo, los movimientos ritmicos de las paredes de la faringe, el esófago y el estómago provocan el desplazamiento de los alimentos y favorecen el contacto entre ellos y los jugos digestivos.

### ¿CÓMO SE TRANSFORMAN LOS ALIMENTOS?

Durante los siglos XIX y XIX, existía un debate acerca de la naturaleza del proceso digestivo. Algunos naturalistas daban mayor importancia a los procesos mecánicos, mientras que para otros, como Jean Baptiste van Helmont, predominaban las transformaciones químicas. El sostendía que la descomposición química se debía a la "energía formativa" de ciertos "fermentos" que transformaban el alimento solo en el interior de los seres vivos. Pero otros planteaban que esos procesos seguían las mismas leyes que rigen los fenómenos químicos en toda la naturaleza. Entre estos últimos, Lázaro Spallanzani (1729-1799) logró demostrar experimentalmente que las acciones mecánicas de los órganos digestivos eran solo preparatorias del proceso de transformación química. Además, dejó establecido que la digestión química podía ocurrir fuera de un organismo vivo.

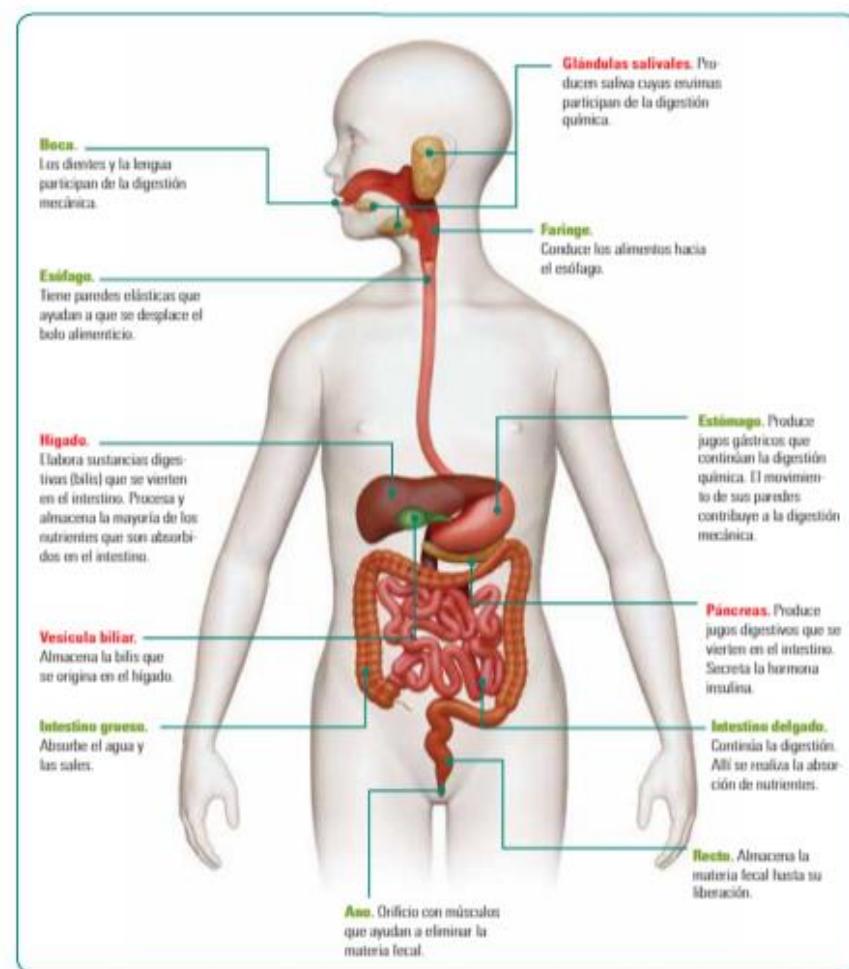


► Spallanzani estudió jugos gástricos del estómago de aves y los colgó en tubos de ensayo. Uno contenía granos de trigo y el otro, un trozo de carne. En ambos casos, observó transformaciones de los alimentos.

## El sistema digestivo

El sistema digestivo puede representarse como un canal conectado con el medio externo por sus extremos: comienza en la boca y termina en el ano. Este canal o tubo digestivo está integrado por tramos que adoptan formas diferentes. Cada tramo representa un órgano con funciones específicas. En distintos lugares del tubo digestivo, este se conecta con las llamadas glándulas

anexas. El alimento ingerido por la boca recorre el tubo digestivo y, mientras lo hace, experimenta sucesivas transformaciones mecánicas y químicas. En el proceso descripto, se identifican cuatro etapas: la ingestión o incorporación del alimento, la digestión propiamente dicha, la absorción, que es el pasaje de los nutrientes a través de las paredes del tubo digestivo hacia el interior de los vasos sanguíneos, y la eliminación de los restos del alimento que no completó su transformación.

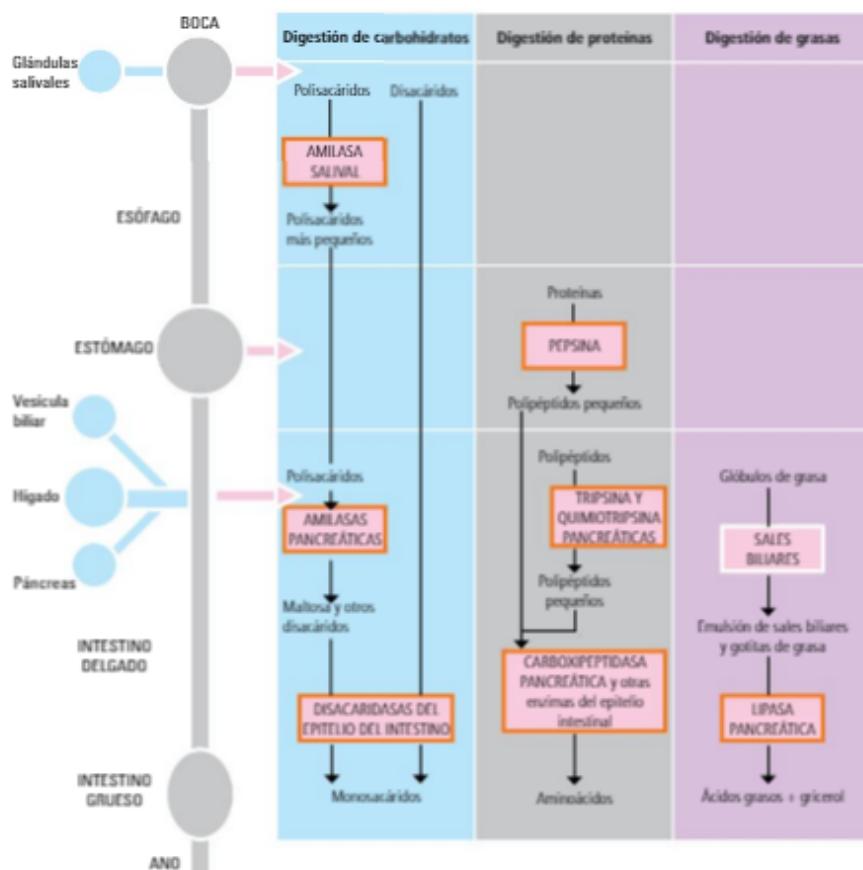


► En este esquema, los nombres de los órganos están escritos en verde y los de las glándulas anexas, en rojo.

## El proceso de la digestión

A medida que el alimento avanza por el tubo digestivo, experimenta sucesivas transformaciones. La digestión propiamente dicha consiste en la degradación de las macromoléculas en moléculas

más sencillas. Este es un cambio químico y es un proceso gradual. En los órganos, actúan distintas enzimas digestivas que descomponen el alimento de manera selectiva. Este proceso se describe en el esquema, donde las enzimas están representadas con un recuadro con borde de color anaranjado.



### ACTIVIDADES

1. ¿En qué órgano del tubo digestivo se degrada la mayor parte de las macromoléculas?
2. ¿Dónde comienzan a digerirse los carbohidratos?, ¿y las proteínas?, ¿y las grasas?
3. ¿De qué glándula proviene la mayor parte de las enzimas digestivas que actúan en el intestino delgado?
4. ¿Cuáles son los nutrientes resultantes de la digestión? ¿De qué macromolécula proviene cada uno?

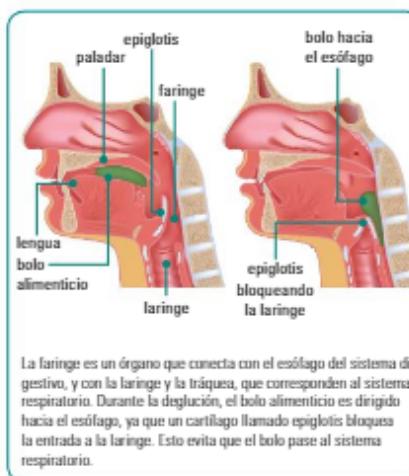
## El proceso digestivo se inicia en la boca y continúa en el estómago

La boca o cavidad bucal es la vía de entrada del alimento. En su interior, mediante la masticación, los dientes lo muelen y trituran en fragmentos más pequeños que aumentan la superficie de contacto y facilitan la acción de las enzimas digestivas presentes en la saliva. Los movimientos de la lengua contribuyen a mezclar la saliva con los productos de esta primera digestión y dan como resultado el bolo alimenticio. Este es empujado por la lengua hacia el fondo de la cavidad bucal y la faringe mediante el mecanismo denominado deglución. A partir de allí, el bolo sigue desplazándose debido a las contracciones musculares ritmicas de las paredes de la faringe. A estas contracciones se las denomina movimientos peristálticos.

enzimas digestivas producidas en el estómago. Los movimientos musculares del estómago favorecen la digestión, pues permiten que se mezcle el bolo alimenticio con el jugo gástrico y que se transforme en una masa rica en nutrientes, denominada quimo acido.

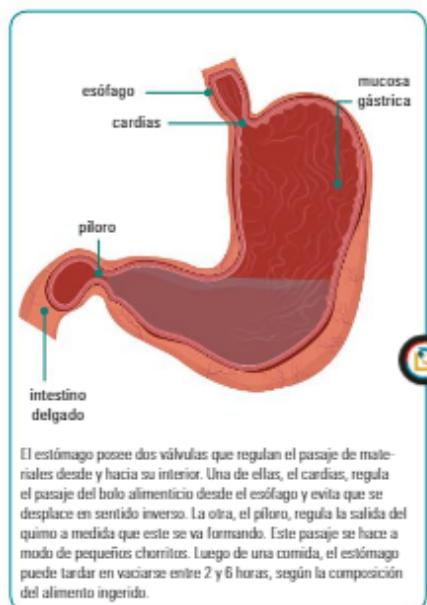
El interior del estómago está conformado por una capa mucosa que lo protege de la acción corrosiva del ácido y de las enzimas digestivas. Además, las células del epitelio del estómago poseen una alta tasa de reproducción y reponen las células que pueden resultar dañadas. En los puntos donde se debilita esta capa protectora, el ácido ataca los tejidos y causa lesiones que se conocen con el nombre de úlceras. La causa principal de las úlceras se debe a la acción de las bacterias *Helicobacter pylori*, resistentes al ácido, que destruyen el moco protector.

© Editorial Brinford S.A. - Prohibida su fotocopia. Ley 11.723



La faringe es un órgano que conecta con el esófago del sistema digestivo, y con la laringe y la tráquea, que corresponden al sistema respiratorio. Durante la deglución, el bolo alimenticio es dirigido hacia el esófago, ya que un cartílago llamado epiglótis bloquea la entrada a la laringe. Esto evita que el bolo pase al sistema respiratorio.

Mediante los movimientos peristálticos del esófago, el bolo alimenticio ingresa al estómago donde continúa la digestión. Ciertas células de las paredes del estómago producen un líquido que es vertido en el interior de este órgano. Este líquido, llamado jugo gástrico, está compuesto por enzimas digestivas y por ácido clorhídrico. Este último cumple una función bactericida, pues actúa sobre microorganismos que pueden haber ingresado junto con el alimento. Además, este ácido es fundamental para que actúen las



### ACTIVIDADES

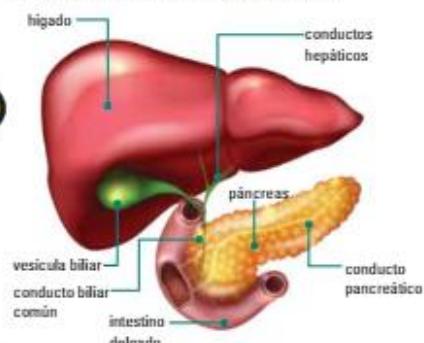
- Cuando vomitamos, sentimos "acidez" en el esófago y en la boca. ¿Qué diferencia entre las paredes de estos órganos y las del estómago serán responsables de esta sensación?

### La digestión finaliza en el primer tramo del intestino delgado

El intestino delgado es una porción del tubo digestivo que mide unos 6 m de largo y 3 cm de diámetro, pero se halla plegado de tal manera que ocupa un espacio relativamente reducido en la cavidad abdominal.

En este órgano, se distinguen tres porciones: el duodeno, el yeyuno y el ileon. En el duodeno, se completa el proceso digestivo iniciado en la boca y el estómago. En el yeyuno y en el ileon, se lleva a cabo la absorción de la mayoría de los nutrientes.

En el duodeno, actúan jugos digestivos que transforman la composición del quimo en una masa pastosa llamada quilo. Estos jugos digestivos están compuestos por enzimas provenientes del páncreas y de las células de la propia pared del duodeno. Además, el hígado produce un líquido llamado bilis, que es una mezcla de sustancias entre las que se encuentran las sales biliares, que emulsionan las grandes gotas de lípidos en otras más pequeñas (micelas). De esta manera, aumenta la superficie de contacto de los lípidos con las enzimas y así se hace más eficaz la acción digestiva de la lipasa. La bilis producida por el hígado pasa a la vesícula biliar que la almacena y que regula su paso hacia el intestino. Cuando el quimo ingresa a este órgano, la vesícula se contrae y vierte su contenido en él a través del conducto biliar.



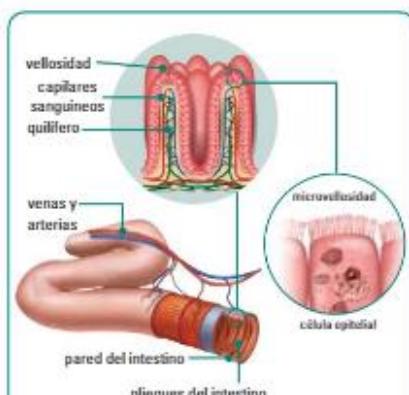
► La bilis producida en el hígado y almacenada en la vesícula biliar ingresa al duodeno a través del conducto biliar común. El jugo pancreatico ingresa a través del conducto pancreatico. Ambos conductos desembocan en el duodeno a través de un único orificio.

### La absorción de sustancias

La función de digestión consiste en transformar los componentes del alimento en moléculas pequeñas que puedan atravesar las paredes del intestino y de los vasos sanguíneos para ingresar a la sangre y, de este modo, ser transportadas a todas las células del cuerpo como fuente de materia y energía. A este pasaje de sustancias del intestino a la sangre se lo denomina absorción.

#### Absorción de nutrientes en el yeyuno y en el ileon

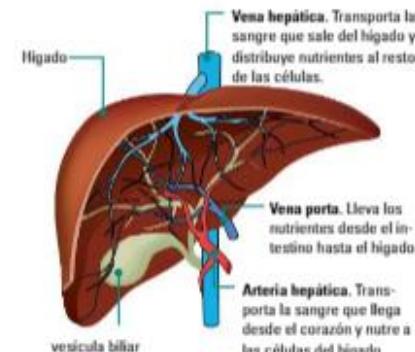
En el yeyuno y en el ileon, se absorben los nutrientes: las moléculas sencillas producto de la digestión de las macromoléculas; los minerales, como el hierro, el calcio y el magnesio; algunas vitaminas; y parte del agua ingerida. La estructura del intestino facilita la función de absorción, ya que sus numerosos repliegues aumentan considerablemente la superficie a través de la cual los nutrientes pueden pasar al sistema circulatorio. Si se extendiera la cubierta intestinal, ocuparía entre 250 m<sup>2</sup> y 300 m<sup>2</sup>.



Además de los grandes pliegues del intestino delgado, sus paredes poseen unas prolongaciones denominadas vellosidades. Cada vellosidad está irrigada por una red de capilares sanguíneos y linfáticos. La mayor parte de los nutrientes atraviesan las paredes de las vellosidades y de los capilares e ingresan a la sangre que los distribuye por todo el organismo. Los productos de la digestión de los lípidos pasan a la circulación linfática a través de vasos denominados quílicos. Las microvellosidades de las células epiteliales contienen enzimas, que intervienen en las últimas etapas de la digestión.

### La absorción se completa en el intestino grueso

En el intestino grueso, se absorbe la mayor parte del agua que contiene el quilo, ciertas sales y las vitaminas que se sintetizan allí por acción de las bacterias que lo habitan. El material que queda en el intestino grueso al finalizar todas las transformaciones descriptas constituye la materia fecal o heces, que es eliminada al exterior a través del ano. La materia fecal está formada por un 75% de agua y un 25% de sustancias sólidas: celulosa, bacterias muertas, materia inorgánica, grasas y proteínas no digeridas, y células epiteliales desprendidas. El color de las heces se debe a un pigmento contenido en la bilis.



► Los capilares sanguíneos de las vellosidades intestinales confluyen en venas mayores hasta formar la vena porta hepática que ingresa al hígado.

### EL HÍGADO Y EL PÁNCREAS. MÁS ALLÁ DE LA DIGESTIÓN

Además de participar del proceso digestivo, el hígado y el páncreas son glándulas que cumplen otras funciones.

En el hígado, se almacenan y se transforman los nutrientes transportados por la sangre, antes de ser distribuidos a todas las células del organismo. De este modo, el hígado actúa en la regulación de las concentraciones de los nutrientes en la sangre. Por ejemplo, en el interior de sus células, varias moléculas de glucosa se combinan y forman un polisacárido de reserva, el glucógeno. Cuando el organismo lo requiere, el glucógeno es transformado nuevamente en glucosa. Otras transformaciones que ocurren en el hígado son:

La síntesis de ciertas grasas, que son distribuidas a todo el cuerpo.

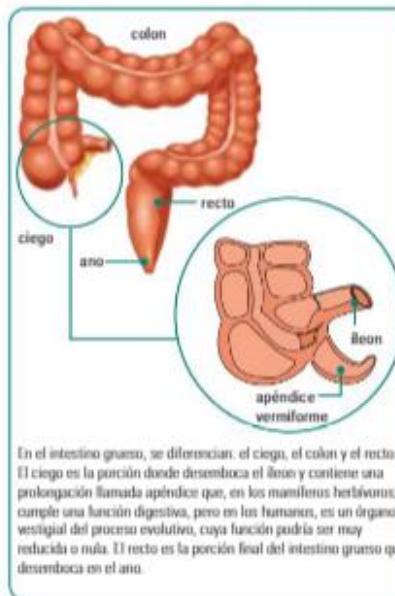
La degradación de aminoácidos que no son utilizados por las células o su transformación en glucosa. Un producto de esta transformación es la urea, sustancia de desecho que es eliminada por el sistema urinario.

La síntesis de ciertas proteínas que componen el plasma (el componente líquido de la sangre).

La degradación de sustancias tóxicas y de algunos componentes de los glóbulos rojos muertos.

Otros nutrientes, como el hierro y ciertas vitaminas, también, son almacenados en este órgano.

El páncreas es una glándula que produce dos hormonas, la insulina y el glucagón. Ambas participan de la regulación de la concentración de glucosa en la sangre y actúan de manera antagonista. Mientras que la insulina desencadena procesos que disminuyen la glucosa en sangre, el glucagón estimula las células del hígado para la degradación de glucógeno en glucosa, que es liberada a la sangre.



En el intestino grueso, se diferencian el ciego, el colon y el recto. El ciego es la porción donde desemboca el ileon y contiene una prolongación llamada apéndice que, en los mamíferos herbívoros, cumple una función digestiva, pero en los humanos, es un órgano vestigial del proceso evolutivo, cuya función podría ser muy reducida o nula. El recto es la porción final del intestino grueso que desemboca en el ano.

### El transporte de los nutrientes

Una vez producida la absorción a través del epitelio intestinal y los capilares sanguíneos y linfáticos, los nutrientes no son distribuidos inmediatamente a todas las células del organismo, sino que, primero, pasan por el hígado, donde se produce su procesamiento y almacenamiento.



## La regulación de la digestión

Las funciones de los distintos subsistemas están reguladas por el sistema nervioso y el endocrino. Esta regulación implica diversos mecanismos, se lleva a cabo en diferentes momentos y permite un funcionamiento coordinado del sistema, lo que asegura su estabilidad. Por ejemplo, en el caso de la digestión, ¿qué provoca que se inicien los movimientos peristálticos? Debajo de las mucosas, las paredes musculares están inervadas por una red de neuronas sensitivas. La presencia del alimento en el tracto digestivo actúa como estímulo frente al cual el sistema nervioso reacciona provocando los movimientos peristálticos. ¿Cómo se informa a los órganos que es el momento de liberar jugos digestivos? El sistema nervioso provoca o inhibe la producción de estos jugos en las glándulas salivales, el estómago, el intestino, el hígado y el páncreas. Los estímulos pueden ser internos o externos. En el caso de la saliva, por ejemplo, la presencia del alimento en la cavidad bucal funciona como estímulo para su producción; pero también, la visión del alimento, los aromas o sonidos de la cocina actúan del mismo modo. Además, el sistema nervioso es responsable de acciones voluntarias como la masticación. La producción de jugos digestivos está regulada a la vez por hormonas. En el cuadro, se presentan algunas hormonas y los efectos de su acción.

Hormona	Órgano donde se produce	Acción de la hormona	Estímulo
Gastrina	Estómago	Provoca la secreción de jugos gástricos y la contracción de los músculos del estómago y del intestino.	Presencia de proteínas del químo
Secretina	Duodeno	Provoca la secreción de jugos alcalinos por parte del hígado y el páncreas.	Presencia del químo ácido
Colecistotinina	Duodeno	Provoca el vaciamiento de la vesícula biliar y la liberación de enzimas por parte del páncreas.	Presencia de lípidos y aminoácidos

### La regulación de la glucemia. Insulina y glucagón

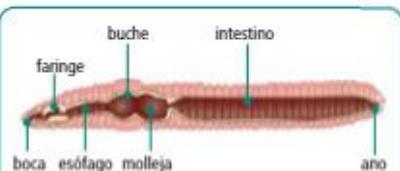
La glucemia es la medida de la concentración de glucosa que circula en la sangre. En condiciones de ayuno, esta concentración varía entre 70 y 100 mg por cada 100 ml de sangre. Los valores normales se mantienen mediante mecanismos de control que compensan las reacciones anabólicas y catabólicas de las que participa la glucosa. En este delicado equilibrio, intervienen las hormonas insulina y glucagón secretadas por el páncreas. Su acción se representa en el siguiente esquema.



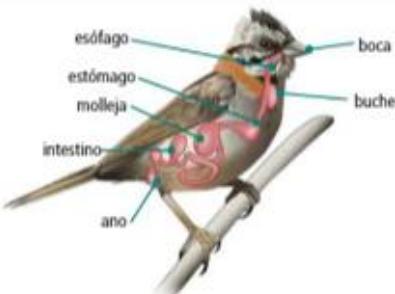
© Editorial Elzevier S.A. - Prohibida su explotación. Ref. 11723

## Diversidad de sistemas digestivos

Todos los animales, incluyendo a los humanos, son organismos heterótrofos y pluricelulares. Ingeren el alimento y lo digieren. Sin embargo, las estructuras que cumplen estas funciones son muy diversas. Esto se debe a diferencias en cuanto a la complejidad y a adaptaciones a distintos tipos de dieta. Un ejemplo de sistema digestivo poco complejo es el de las lombrices de tierra.



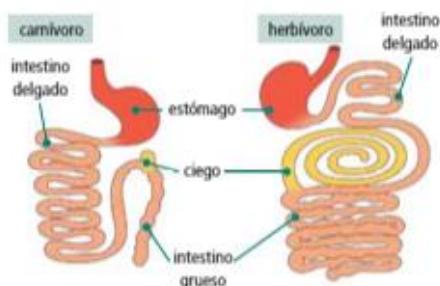
La boca de las lombrices de tierra es una cavidad simple con un orificio de entrada por donde ingresan trozos de tierra y vegetales. En la cavidad bucal, son predigeridos por enzimas digestivas. Luego, el alimento es aspirado por la faringe por contracción de sus músculos e ingerido al buche, donde se almacena, y a la molleja, donde se tritura. Las células del intestino secretan enzimas digestivas y absorben los nutrientes. Lo que no fue digerido es eliminado a través del ano.



► Las piedras almacenadas en la molleja de las aves, llamadas gástritos, contribuyen con la trituración de los granos que ingieren.

### Intestinos según la dieta

La presencia de la pared celular vegetal requiere más tiempo de digestión y mayor superficie de absorción en los animales herbívoros. Por eso, su intestino suele ser más largo que el de los carnívoros. Además, la localización de las bacterias que digieren la celulosa puede variar según la especie. En los caballos, están en un ciego muy grande. En los conejos, están en el ciego y en el intestino grueso. En los rumiantes, se alojan en estómagos divididos en varios compartimentos especializados.



► Esquema comparativo del tubo digestivo de un mamífero carnívoro y de uno herbívoro.

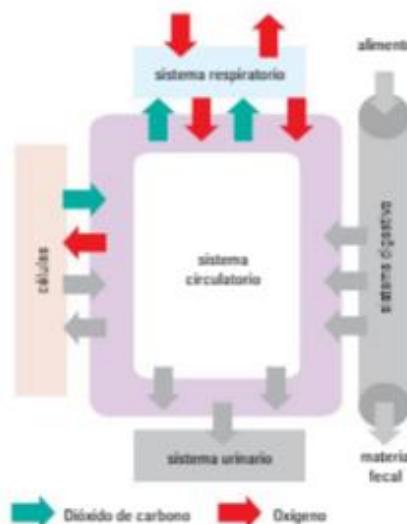
### ACTIVIDADES

1. Compara el sistema digestivo de la lombriz de tierra con el humano y menciona tres aspectos que indican que el primero es menos complejo.
2. En grupos, comparen los esquemas de los sistemas digestivos de herbívoros y carnívoros. ¿A cuál de los dos se parece más el intestino humano? ¿Cómo lo explicarían?

## La respiración

El término respiración se emplea para referirse a procesos asociados, pero totalmente diferentes. Uno es la respiración celular, una reacción catabólica que ocurre en el interior de cada una de las células. En este proceso, la glucosa de los alimentos reacciona con el oxígeno del aire y se generan dióxido de carbono y agua. La energía liberada es aprovechada por las células. El dióxido de carbono es una sustancia de desecho.

Los otros procesos están relacionados con el hecho de que los humanos, al igual que otros animales, son organismos pluricelulares. El oxígeno del aire debe ingresar al organismo y ser transportado por la sangre a cada una de las células. A la vez, el dióxido de carbono resultante de la respiración celular pasa al torrente sanguíneo y luego es expulsado al exterior. En el organismo humano, estos procesos involucran distintas etapas.



► Esquema que representa cómo participa el sistema respiratorio en la nutrición.

## ACTIVIDADES

• ¿Entre qué subsistemas se produce el intercambio de gases? ¿A qué nivel de organización corresponde cada uno?

- El ingreso del aire a los pulmones.
- La incorporación del oxígeno del aire al torrente sanguíneo.
- La incorporación del dióxido de carbono de la sangre al aire de los pulmones.
- La eliminación del dióxido de carbono junto con el aire que es expulsado al exterior.

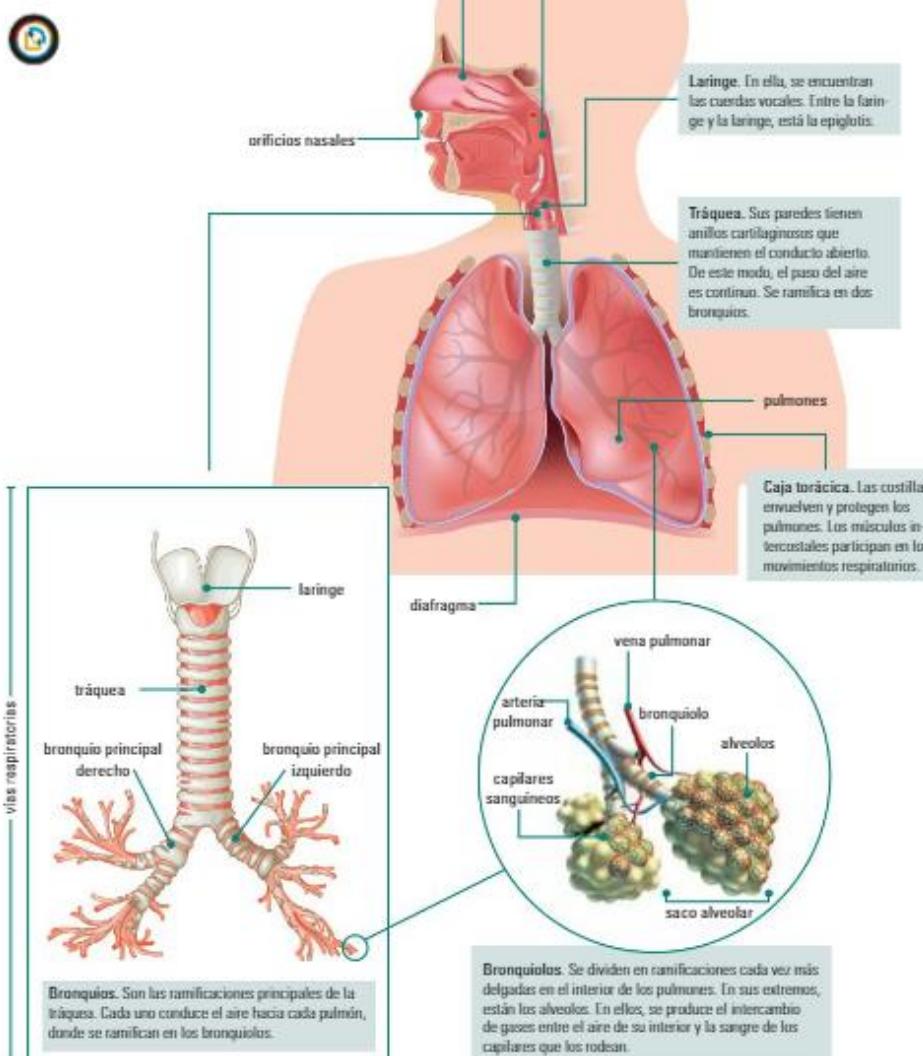
## El sistema respiratorio

Dado que las células respiran constantemente, necesitan consumir oxígeno y eliminar dióxido de carbono de manera permanente. Como las células de los organismos pluricelulares no están en contacto directo con el aire atmosférico, el sistema respiratorio asegura el intercambio de gases. El sistema circulatorio, por su parte, asegura el transporte de los gases desde y hacia las células.

Los pulmones son los órganos donde se produce el intercambio de gases entre la sangre y el aire exterior, que ingresa a través de las vías respiratorias.

## Los órganos del sistema respiratorio y sus funciones

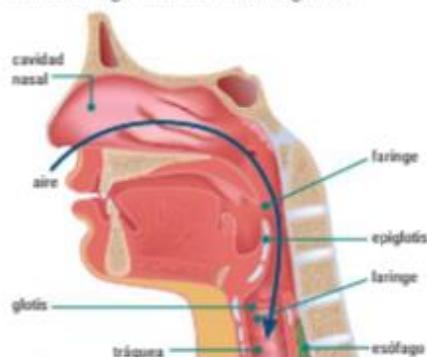
El sistema respiratorio está formado por una serie de tubos, las vías respiratorias, que conducen el aire hacia y desde los pulmones. En estos órganos, es donde se realiza el intercambio de gases con el sistema circulatorio.



## El recorrido del aire

El aire puede ingresar al sistema respiratorio por dos vías: los orificios de la nariz o la boca. Sin embargo, debido a su estructura, la nariz ejerce esta función de manera más efectiva. Por un lado, la cavidad nasal está muy irrigada, de manera que, a medida que el aire la atraviesa, la sangre que circula le transfiere calor, lo que aumenta su temperatura hasta un valor próximo a la temperatura corporal. Esto evita que el aire frío del exterior provoque irritaciones en los órganos respiratorios del interior del cuerpo. Además, la nariz está revestida en su interior por una mucosa con vellosidades o cílios que retienen las partículas de polvo, los microorganismos y otros materiales que ingresan junto con el aire y que pueden resultar nocivos. Una vez retenidas, estas partículas son eliminadas con las mucosidades. Cuando el aire ingresa por la boca, estas partículas no son filtradas y logran entrar con mayor facilidad al sistema respiratorio.

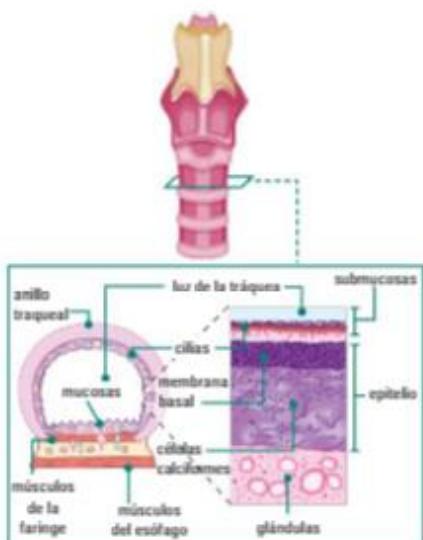
El recorrido del aire continúa por la faringe y luego por la laringe. Ambos tubos se comunican a través de una abertura denominada glotis. Como ya se dijo, la faringe se continúa también con el esófago hacia el sistema digestivo.



► La glotis permanece abierta a menos que sea obturada por la epiglótis cuando ingresa alimento por la faringe hacia el esófago.

Luego de atravesar la laringe, el aire continúa por la tráquea. Los anillos cartilaginosos de las paredes de la tráquea son semicirculares, ya que no se cierran en la parte posterior. Son lo

suficientemente elásticos como para mantener abierto el conducto, aun cuando la cabeza y el cuello se encuentran flexionados.

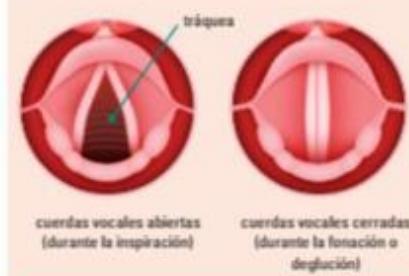


► Representación de un corte transversal de la tráquea y detalle de las mucosas que la revisten internamente.

## LA EMISIÓN DE LA VOZ

A ambos lados de la laringe se encuentran dos repliegues de tejido: las cuerdas vocales. Cuando las cuerdas vocales están relajadas, el aire pasa libremente por la laringe y no se produce sonido.

Al hablar o cantar, por ejemplo, las cuerdas vocales se tensan y se cierran. El paso del aire por el espacio estrecho que queda entre ellas las hace vibrar y, así, se produce el sonido característico de la voz humana. Los distintos timbres dependen del grado de tensión de las cuerdas vocales, mientras que el volumen está relacionado con la cantidad de aire que se exhala al emitir el sonido.



## El aire llega a los pulmones

A través de los bronquios, el aire se distribuye hacia ambos pulmones y penetra en cada uno a través de las numerosas ramificaciones de los bronquiolos hasta llegar a los alvéolos pulmonares. El interior de los bronquios y bronquiolos, al igual que el de la tráquea, está revestido por una mucosa de células ciliadas, que retienen las partículas extrañas.



► En esta microfotografía óptica, se observan los cílios de las células del revestimiento de los bronquios.

Los pulmones poseen una extensa superficie. Cada pulmón está formado por unos trescientos millones de alvéolos que, si se desplegaran completamente, podrían cubrir un área de entre  $70\text{ m}^2$  y  $100\text{ m}^2$ . Como en el caso del intestino delgado, esta superficie tan amplia tiene cabida en un espacio relativamente reducido del cuerpo.

El pulmón derecho es de mayor tamaño que el izquierdo y está formado por tres lóbulos. El pulmón izquierdo está constituido por dos lóbulos, y su menor tamaño está relacionado con el hecho de que el corazón se encuentra inclinado hacia ese costado del tórax.

Una vez realizados los intercambios gaseosos, el aire recorre el camino inverso al descripto y es eliminado al exterior por la nariz o por la boca.

El aire que ingresa al organismo puede contener partículas extrañas o microorganismos, pero existen mecanismos destinados a su eliminación. El estornudo permite limpiar la cavidad nasal, mientras que la tos es una exhalación brusca por la boca que permite eliminar partículas, microorganismos y la mucosidad generada por ellos de los pulmones y la tráquea.

Es conocido por todos que el hábito de fumar es dañino para la salud. Se sabe que el humo del tabaco posee más de 40 sustancias cancerígenas. Pero además, afecta los cílios de la mucosa que recubren la tráquea y los bronquios. El humo del cigarrillo produce la parálisis de los cílios, lo que anula su acción protectora. De este modo, microorganismos y sustancias nocivas llegan a los alvéolos pulmonares, entran en contacto con sus células y provocan daños como el cáncer o la bronquitis crónica que, en algunos casos, pueden resultar irreversibles.

## ALIENTO VITAL

La respiración fue considerada durante siglos la función vital "por excelencia". Para los antiguos griegos, por ejemplo, el *pneuma* (aliento vital) junto con la sangre eran fuente y condición de vida. De allí que el prefijo *pneuma* esté presente en el lenguaje asociado a la respiración y a los fenómenos físicos que involucran al aire. En el siglo XVI, las investigaciones sobre la circulación sanguínea aportaron datos que condujeron a reconsiderar la función de la respiración. Investigadores como Robert Boyle (1627-1691), Robert Hooke (1635-1703) y Richard Lower (1631-1691) propusieron que el aire ingresaba de algún modo a la sangre. En el siglo XVII, se intensificaron los estudios sobre la composición del aire, la combustión y el metabolismo de plantas y animales que impulsaron el desarrollo de las ideas acerca del papel de la respiración en el aprovechamiento de la energía de los alimentos.

## ACTIVIDADES

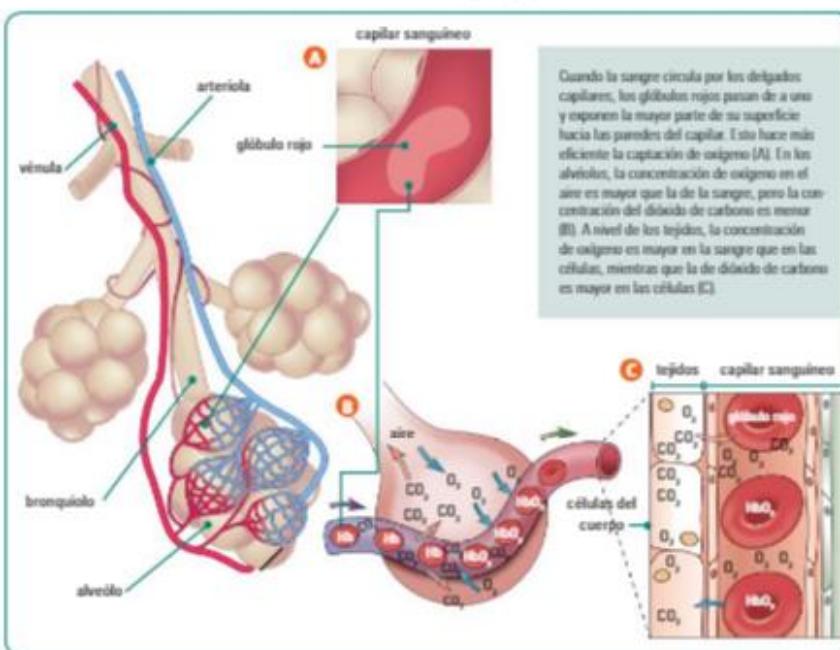
- En el esquema, se muestra la amplia ramaficación de los bronquiolos en el interior de los pulmones. Considerando que cada uno conecta con un saco alveolar con numerosos alvéolos, resuelvan las consignas.
- ¿Cómo contribuye esta estructura a hacer más eficiente su función?
- Trabajen en tres equipos. Cada equipo debe buscar información acerca de una enfermedad que afecta a los bronquios. Luego, comparenlas; tengan en cuenta: qué es lo que provoca la enfermedad, cómo afecta cada una a los bronquios y qué medidas de prevención existen para cada una.



## El intercambio gaseoso en los alvéolos

Los alvéolos pulmonares son el lugar específico donde se produce el intercambio de gases o hematosis. Esto es posible porque están irrigados por numerosos capilares sanguíneos. A través de la superficie de contacto entre las paredes alveolares y las de los capilares, el oxígeno abandona el aire de los pulmones y pasa a la sangre. A la vez, el dióxido de carbono de la sangre se incorpora al aire pulmonar.

La hematosis tiene lugar bajo ciertas condiciones que dependen de diferentes factores.



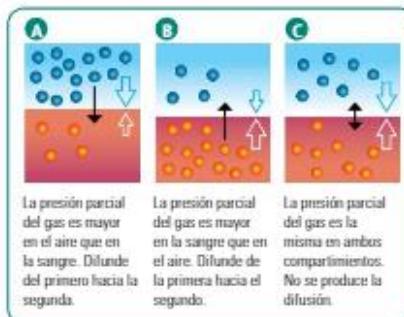
### ACTIVIDADES

- Analiza el esquema (C) que representa los intercambios de gases que se producen a nivel de los tejidos.
- a. ¿A qué se debe que la concentración de dióxido de carbono sea mayor en el interior de las células que en la sangre?
- b. ¿En qué sentido se mueve este gas entre las células y la sangre?
- c. ¿Por qué el oxígeno se encuentra en menor concentración en las células que en la sangre?
- d. ¿En qué sentido se mueve el oxígeno entre las células y la sangre?

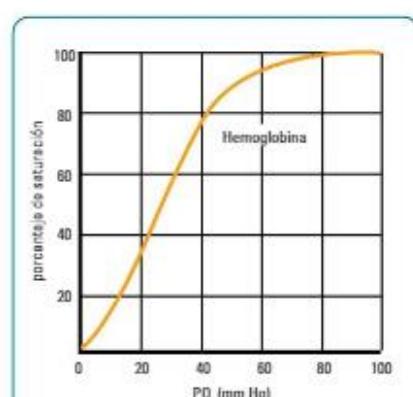
- El grosor de las paredes a través de las que se produce el intercambio. Tanto las paredes de los alvéolos como las de los capilares están formadas por una única capa de células, lo que permite el pasaje de compuestos de pequeño tamaño, como el oxígeno y el dióxido de carbono.
- La presencia de hemoglobina en los glóbulos rojos de la sangre que se une al oxígeno y hace más eficiente el proceso.
- Las concentraciones de los gases respiratorios a ambos lados de dichas paredes. La diferencia de concentración de cada uno de estos gases es una condición para que se produzca el pasaje por difusión.

## El intercambio de gases por difusión

¿Qué proceso posibilita que los gases respiratorios se desplacen en una u otra dirección según el lugar del cuerpo en que se produce el intercambio? Esto se explica por un proceso físico denominado difusión que consiste en el movimiento de las partículas presentes en una mezcla, del lugar donde se encuentran en mayor concentración hacia donde su concentración es menor. Cuando se interpone una membrana, para que se produzca la difusión, es necesario que las partículas sean lo suficientemente pequeñas como para poder atravesarla. En una mezcla de gases,



una medida de la concentración de cada uno es la presión parcial que cada gas ejerce a uno y otro lado de la membrana. Se denomina presión parcial a la presión que ejerce cada gas presente en una mezcla independientemente de la presión de los otros gases, y es proporcional a su concentración. La presión total de una mezcla de gases es la suma de las presiones parciales de cada gas.



Este gráfico muestra que el contenido de oxígeno de la sangre aumenta cuando mayor es su presión parcial ( $PO_2$ ) en los alvéolos hasta un determinado valor, en el cual la hemoglobina alcanza la máxima capacidad para unirse al oxígeno. A partir de este valor, aunque la presión parcial aumenta, la cantidad de oxígeno en la sangre permanece más o menos constante.

En condiciones normales de presión, la concentración de nitrógeno del aire dentro de los pulmones está en equilibrio con el de la sangre y los tejidos. Este gas entra y sale de los pulmones en la misma proporción. Sin embargo, esto se modifica cuando esas condiciones varían, como sucede durante el buceo, donde se utiliza aire comprimido. En estas circunstancias, el aire que inhalan los buzos se encuentra a mayor presión que la normal, lo que provoca que más nitrógeno sea incorporado y se acumule en la sangre y en los tejidos. Cuando un buzo asciende a la superficie, la presión externa disminuye, y la presión parcial del nitrógeno en el interior del cuerpo aumenta respecto de la del exterior. Esto provoca una salida brusca de este gas en forma de burbujas, que pueden lesionar los tejidos u obstruir los vasos sanguíneos. Es lo que se denomina "enfermedad de los buzos".



### ACTIVIDADES

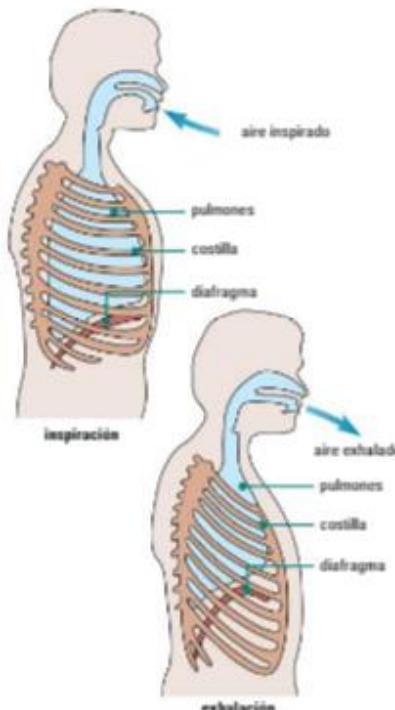
1. ¿Qué gas está representado en el esquema A? Justifica tu respuesta.
2. ¿Qué gas está representado en el esquema B? Justifica tu respuesta.



## El mecanismo de la respiración

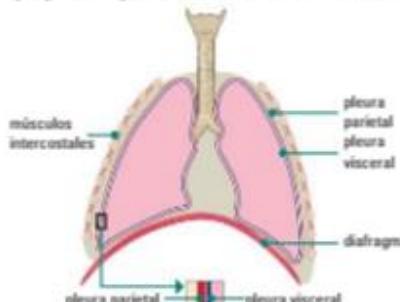
La renovación del aire de los pulmones depende de la acción coordinada del diafragma y de los músculos intercostales. Durante la inspiración, el diafragma desciende y se aplana, mientras que los músculos intercostales se contraen. Esta doble acción provoca el aumento de volumen de la caja torácica y la disminución de la presión dentro de los pulmones con respecto a la presión atmosférica. Debido a la diferencia de presión, el aire ingresa a los pulmones. Durante la espiración, el diafragma y los músculos intercostales se relajan, el volumen de la caja torácica disminuye y el aire es expulsado al exterior.

Los movimientos de los músculos intercostales y del diafragma están coordinados por un centro nervioso que responde a los niveles de oxígeno y de dióxido de carbono presentes en la sangre.



▶ Esquema de la renovación del aire en los pulmones o la ventilación pulmonar.

Los pulmones están recubiertos por una membrana llamada pleura, que consta de dos capas. Una capa está adherida a la caja torácica y la otra está en contacto con los pulmones. Entre ellas, queda un espacio mínimo que contiene un líquido que permite que ambas actúen coordinadamente.



▶ Cuando el tórax se ensancha, arrastra consigo la pleura parietal y ésta, a su vez, mediante el líquido del espacio pleural, arrastra a la pleura visceral, lo que amplía el volumen de los pulmones.

## Frecuencia respiratoria

Debido a la enorme capacidad de los pulmones, los seres humanos pueden hacer trabajos musculares durante tiempos prolongados. La cantidad de inspiraciones y espiraciones por unidad de tiempo se denomina frecuencia respiratoria que, en estado de reposo, es aproximadamente de 15 a 20 respiraciones por minuto. Cuando la actividad física se incrementa, dicha frecuencia puede aumentar al doble. Al mismo tiempo, las respiraciones son más profundas, y el volumen de aire intercambiado en cada una de ellas es mayor. Durante la respiración acelerada o jadeo, se extrae más cantidad de oxígeno del aire inspirado que en condiciones de reposo y se libera mayor cantidad de dióxido de carbono por unidad de tiempo. El aumento de la frecuencia respiratoria está relacionado con el mayor requerimiento de oxígeno en los músculos y coincide con el incremento de la frecuencia cardíaca que favorece la llegada de la sangre a estos órganos. En los músculos, la extracción de oxígeno desde la sangre también aumenta, a la vez que se incrementa la expulsión del dióxido de carbono.

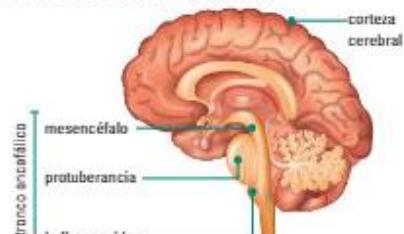
© Editorial Edebé S.A. - Prohibida su fotocopia. Ley 11.723

## La regulación de la respiración

Los movimientos respiratorios están coordinados por un centro nervioso que se encuentra en el tronco encefálico y que controla la contracción de los músculos intercostales y del diafragma. En estado de reposo, este centro envía señales nerviosas a los músculos respiratorios que se contraen y producen la inspiración. Cuando las señales cesan, los músculos se relajan y se produce la espiración. Este ciclo ocurre constantemente de manera involuntaria. El centro respiratorio posee células sensoriales que son sensibles a los niveles de los gases respiratorios presentes en la sangre, en especial, del dióxido de carbono.

Aunque las personas pueden dejar de respirar voluntariamente, esta acción no alcanza a durar más que segundos o, en pocos casos, hasta un minuto. La acción voluntaria está gobernada por centros que se encuentran en la corteza cerebral. Cuando se deja de respirar, la concentración de dióxido de carbono aumenta y estimula las células sensoriales del centro nervioso respiratorio que anula las órdenes de la corteza y estimula los movimientos de los músculos respiratorios.

Durante el ejercicio físico, aumenta el metabolismo de las células musculares y, por consiguiente, la producción de dióxido de carbono. Cuando su concentración aumenta levemente por encima de lo normal, el centro nervioso no solo pone en actividad los músculos intercostales inspiratorios, sino también, otros músculos que fuerzan la contracción de la caja torácica y disminuyen su volumen más de lo normal. Esto provoca una intensificación y aceleración de la frecuencia respiratoria. Por lo tanto, una alta concentración de dióxido de carbono en sangre actúa como un estímulo que desencadena una respuesta tendiente a restablecer los niveles normales.



▶ Esquema del cerebro humano y las partes que regulan la respiración.

## LAS MUJERES BUCEADORAS DE JAPÓN

En Japón, existe una costumbre milenaria según la cual, algunas mujeres descenden al fondo del mar con el fin de recoger ostras para obtener perlas. Son las denominadas mujeres buceadoras o Ama. Aún en la actualidad, muchas de ellas se sumergen en el mar sin ningún equipo, ni snorkel ni tubos de oxígeno. Las Ama pueden soportar inmersiones de entre 2 a 4 minutos sin respirar. ¿Cómo lo logran? Uno de los métodos que utilizan es la hiperventilación previa a la inmersión, que consiste en realizar varias respiraciones forzadas para aumentar la expulsión de dióxido de carbono de la sangre y de los

pulmones. De este modo, "engaño" a los centros nerviosos del tronco encefálico, que no desencadenan los movimientos respiratorios mientras están sumergidas. Algo similar realizan algunos nadadores que intentan así anular la sensibilidad al dióxido de carbono para conseguir grandes hazañas: nadar mucho tiempo debajo del agua en las competencias. Esta práctica puede ser muy riesgosa, ya que, a medida que los tejidos van consumiendo el oxígeno, es posible que se produzca una pérdida de conciencia con el consiguiente riesgo de muerte.



### Un ejemplo de regulación: la respiración en la altura

Al nivel del mar, la presión total del aire atmosférico es de alrededor de 760 mm de mercurio (1.013 hectopascales). El aire contiene un 20% de oxígeno y, por lo tanto, su presión parcial es de 152 mm de mercurio. La presión atmosférica y, por ende, la presión parcial del oxígeno del aire varían según la altitud.

A mayor altitud, como sucede, por ejemplo, a 13 km sobre el nivel del mar (la altura a la que se eleva un avión de transporte de pasajeros), la presión atmosférica es aproximadamente cinco veces menor. En estas condiciones, solo la mitad de las moléculas de hemoglobina se combinan con el oxígeno. De hecho, la vida humana es imposible a esa altitud sin una fuente suplementaria de oxígeno.

La disminución de la presión de oxígeno (o hipoxia) a la que se exponen las personas cuando ascienden una montaña o viajan a una región de mayor altitud, provoca algunos cambios en el cuerpo. La fatiga es mayor de lo normal y, en ocasiones, se siente somnolencia, mareos y dolor de cabeza. A estos síntomas se los suele llamar "mal de altura" o "apunamiento".

Pero estos efectos son transitorios. Si la exposición a la hipoxia perdura por algunos días, en el organismo, se desencadena una serie de mecanismos de regulación que permiten la aclimatación a estas condiciones. Algunos de estos mecanismos regulatorios son:

- un aumento de la ventilación pulmonar, es decir, de la frecuencia respiratoria. Esto ayuda a que se produzcan más intercambios gaseosos por unidad de tiempo;
- la elevación de la irrigación sanguínea en los pulmones, acompañada por la dilatación de los capilares, lo que contribuye a que aumente la superficie de intercambio gaseoso;
- un aumento de la capacidad de las células para utilizar oxígeno disponible;
- un incremento en la síntesis de hemoglobina y en la producción de glóbulos rojos.

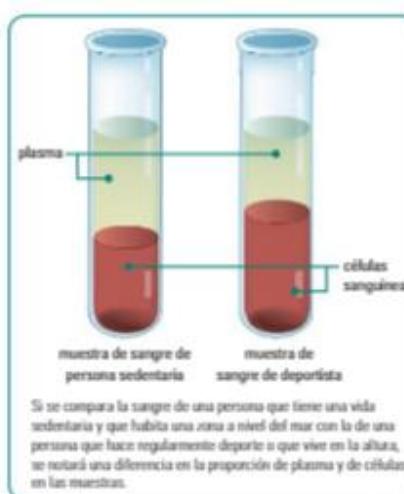
Todos estos efectos ayudan a que el poco oxígeno presente sea mejor aprovechado.



► El interior de las aeronaves está presurizado. Esto significa que el oxígeno del aire se encuentra a una presión semejante a la del nivel del mar.



► Los pueblos que habitan regiones a grandes altitudes (2.000 m a 4.000 m sobre el nivel del mar) tienen un mayor número de glóbulos rojos en la sangre. Esto permite compensar la menor presión parcial de oxígeno del aire que respiran.

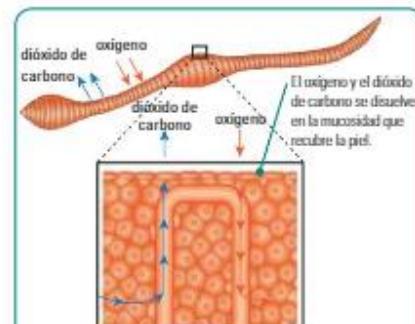


### Diversidad de sistemas respiratorios

Todos los animales disponen de estructuras que aseguran la incorporación y eliminación de gases respiratorios, así como su distribución desde y hacia las células del cuerpo. Estas estructuras son diferentes y dependen tanto de la complejidad de los organismos como de los lugares que habitan.

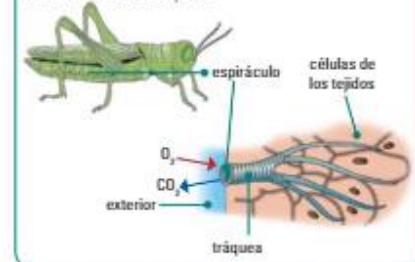
#### Respiración aérea

Uno de los mecanismos más simples de respiración aérea es el que presentan las lombrices de tierra. En ellas, el oxígeno ingresa por difusión directamente a través de la superficie de su cuerpo que se mantiene permanentemente húmedo, lo que permite que los gases se disuelvan en el líquido.

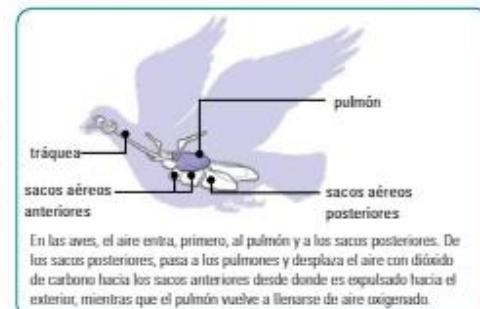


La capa de células superficiales se encuentra muy irrigada, de manera que el intercambio gaseoso se realiza entre la sangre que circula por esos vasos superficiales y el medio circundante.

Muchos invertebrados, como los insectos, respiran a través de tráqueas que consisten en una serie de tubos muy ramificados que llegan a todas partes del cuerpo y comunican con el exterior por medio de orificios llamados espiráculos, por donde se produce el intercambio de gases con el exterior. En los tejidos, el intercambio de gases se produce entre las células y el aire contenido en las ramificaciones de las tráqueas.

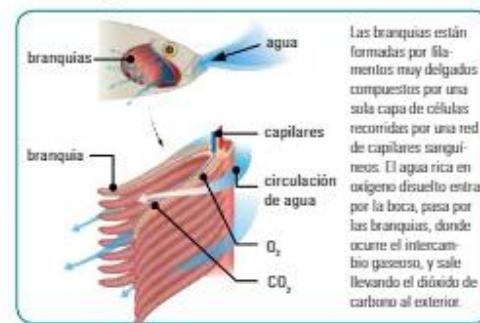


Las aves poseen un sistema respiratorio muy eficiente que les permite disponer siempre de aire rico en oxígeno en los pulmones, que están conectados con el sistema circulatorio, donde se produce el intercambio gaseoso. Esta eficiencia depende de la existencia de sacos aéreos que actúan como reservorios y de un mecanismo respiratorio particular.



#### Respiración acuática

Las estructuras típicas de la respiración acuática son las branquias: extensiones del cuerpo que presentan una gran superficie en contacto con el agua, a través de la cual se produce el intercambio gaseoso.

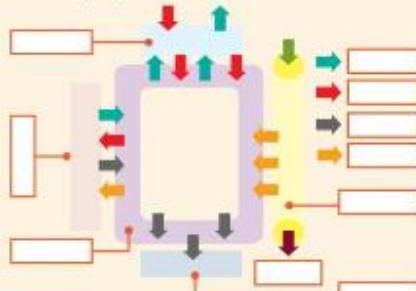


#### ACTIVIDADES

- Trabajen en grupos para hacer un cuadro que compare la respiración humana con la de los animales representados en esta página. Tengan en cuenta:
  - Las características del ambiente con el que se realiza el intercambio gaseoso.
  - Las estructuras que participan del intercambio de gases con el exterior y en el interior del organismo.
  - Las estructuras que participan del transporte de los gases respiratorios.

## Propuesta de actividades

1. Observen el esquema. En él se representa la relación entre los distintos sistemas que participan en la nutrición, completen las referencias y respondan.

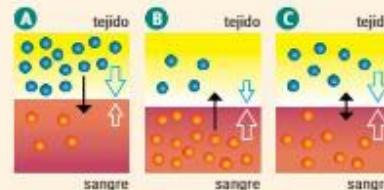


2. El sistema digestivo y el respiratorio presentan ciertas características comparables.
- ¿Qué relación encuentran entre los numerosos pliegues del intestino delgado y la gran ramificación de los bronquios en los pulmones?
  - ¿Qué ventajas representan estas características en relación con las funciones de estos órganos?
  - El científico ruso Iván Pavlov realizó experimentos con perros para demostrar la existencia del reflejo condicionado. Durante varias sesiones de experimentos, Pavlov hacía sonar un instrumento e inmediatamente después les ofrecía comida a unos perros. Luego de varias sesiones, probó emitir el sonido con el instrumento, pero sin ofrecerles comida a los animales. El resultado fue que los perros comenzaron a salivar aun cuando no estaba presente el alimento.
    - ¿Qué órgano del cuerpo produce la salivación?
    - ¿Qué otro sistema interviene en los resultados este experimento?
    - ¿Cuál es la función del sonido del instrumento?

4. En muchos casos, es necesario realizar respiración artificial. Una técnica recomendable es la insuflación de aire "boca a boca". El socorrista extiende el cuello del paciente hacia atrás, cierra las fosas nasales con una mano y sujetla la mandíbula inferior con la otra. Una vez insuflado el aire, debe retirar su boca para permitir su salida, y comprobar que la ventilación es adecuada observando si el tórax se eleva y si el aire es exhalado.



- ¿A qué se debe que los movimientos del tórax indiquen si la ventilación es correcta o no?
- ¿Qué mecanismos provocan la entrada de aire al cuerpo cuando respiramos normalmente?
- El aire que insufla el socorrista contiene un alto contenido de dióxido de carbono. ¿Pensás que esto puede representar una desventaja para la reanimación? ¿Por qué?
- En el esquema, se representan distintas presiones parciales de gases en los tejidos y en la sangre.



- ¿Qué gas está representado en el esquema A? Justificá tu respuesta.
- ¿Qué gas está representado en el esquema B? Justificá tu respuesta.
- ¿Qué gas podría representar el esquema C? Justificá tu respuesta.
- Escribi un texto en el que relaciones la obtención de energía en las células con la incorporación del oxígeno a través del sistema respiratorio, la incorporación de los nutrientes a través del digestivo, y la función del sistema circulatorio.

© Editorial Eureka S.A. - Propiedad de la Escuela a Ley 11.723

## Propuesta de actividades

### Ánálisis de un experimento histórico sobre la digestión

Los métodos que utiliza un investigador o una investigadora y las conclusiones a las que llega dependen de diversos factores:

- la perspectiva teórica que sostiene;
- el tipo de problemas que se plantea;
- las hipótesis y preguntas que se formula antes de la investigación.

### Propósito de la actividad

Identificar algunas de las características de la investigación experimental en ciencias naturales y su relación con las ideas imperantes en cada momento de la historia.

### Desarrollo del experimento

Lázaro Spallanzani preparó tubos de ensayo con distintos contenidos y los colocó bajo sus axilas a intervalos diferentes durante 3 días.



Tubo A: jugo gástrico de aves + trozos de carne.  
Tubo B: jugo gástrico de aves + granos de trigo.



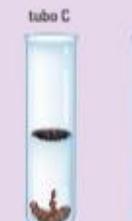
Tubo C: agua + trozos de carne.  
Tubo D: agua + granos de trigo.

Los colocó bajo sus axilas a intervalos diferentes durante 3 días.



**Resultado del tubo A:** carne disgregada, casi totalmente. No se percibe olor desagradable. El jugo gástrico tiene aspecto más turbio.

**Resultado del tubo B:** quedan círculos vacíos de la mayoría de los granos. Se formó un sedimento gris. No se percibe olor desagradable.



**Resultado tubo C:** carne parcialmente disuelta en la superficie. Olor pútrido.

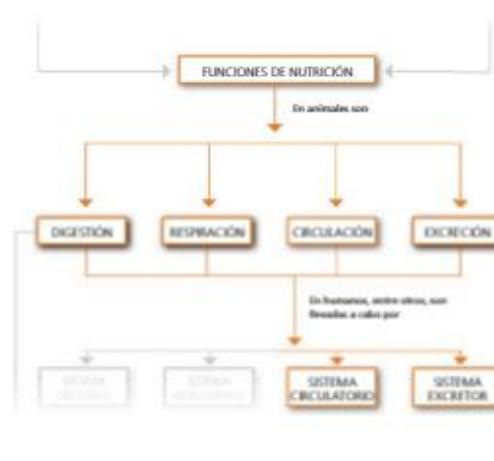
**Resultado tubo D:** los granos quedaron ligeramente excavados, pero casi enteros. Olor pútrido, levemente ácido.

### Preguntas para el análisis de la experiencia

- ¿Con qué finalidad se colocó los tubos debajo de las axilas?
- ¿A qué otras posturas se contraponía?
- ¿Qué resultados esperaría encontrar al final de su experimento? ¿Por qué esperaría esos resultados y no otros?
- ¿Con qué objeto realizó las pruebas usando agua además de jugos digestivos?



## La nutrición en el organismo humano. Circulación y excreción

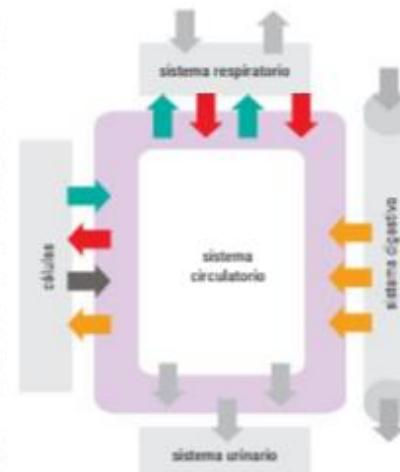


En el capítulo 2, se explicaron los procesos a través de los cuales los organismos incorporan materia y energía y se describieron los órganos y sistemas que los llevan a cabo. También, se mencionó el transporte de nutrientes, oxígeno y dióxido de carbono, y la eliminación de desechos metabólicos. La función responsable del transporte es la circulación y las estructuras que la cumplen son los órganos del sistema circulatorio y del sistema linfático. La función asociada a la eliminación de desechos es la excreción, y las estructuras son los órganos del sistema urinario y las glándulas sudoríparas. Las distintas especies de animales realizan estas mismas funciones mediante una diversidad de estructuras.

### La circulación

Todas las células llevan a cabo procesos metabólicos al incorporar y transformar materia y energía. Como resultado, producen desechos. Estos procesos ocurren de manera simultánea y permanente. Por lo tanto, el transporte de nutrientes, oxígeno y desechos hacia y desde los tejidos, es incesante. Además, a las células son transportadas sustancias regulatorias, como enzimas y hormonas, y otras que participan de los mecanismos de defensa del organismo. La vía a través de la cual se produce este transporte es la sangre, y las estructuras por las que circula conforman el sistema circulatorio o sistema cardiovascular. Este se encuentra vinculado con el sistema linfático, dentro del cual circula otro líquido: la linfa.

La circulación también desempeña un papel importante en el mantenimiento de la temperatura corporal, pues distribuye a todo el cuerpo el calor resultante del metabolismo.



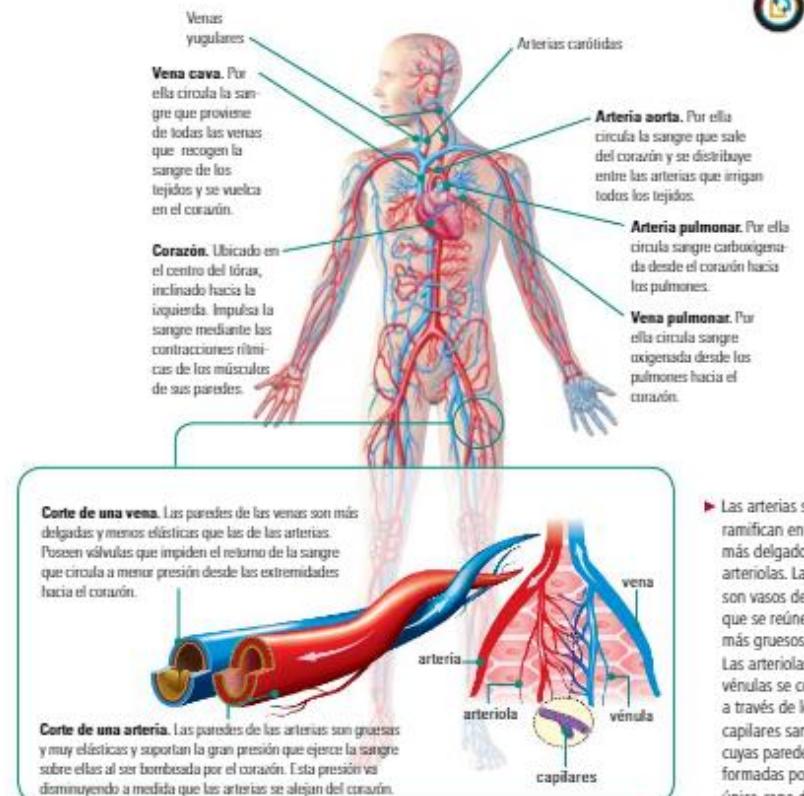
► Esquema que representa cómo participa el sistema circulatorio en la nutrición.

### El sistema cardiovascular

Este sistema está constituido por el corazón y una red de tubos, los vasos sanguíneos, que se extiende por todo el cuerpo. La función principal del corazón es la de bombear la sangre que los vasos conducen a través del cuerpo. Por el organismo humano, circulan aproximadamente 5 litros de sangre que lo recorren por completo unas 100.000 veces por día. Cerca del corazón, los vasos son gruesos, pero a medida que se alejan, se dividen una y otra vez en ramas que se

hacen cada vez más delgadas. Los vasos por los que la sangre sale del corazón se denominan arterias y aquellos por los que ingresa al corazón se denominan venas.

Si se extendieran totalmente los vasos sanguíneos que recorren el cuerpo de una persona adulta, sin considerar los capilares, su longitud alcanzaría cerca de 96,5 km. Si se incluyera los capilares, esa cifra aumentaría muchísimo, por ejemplo, solo en un kilogramo de tejido muscular se estima que hay 190 km de capilares.



### ACTIVIDADES

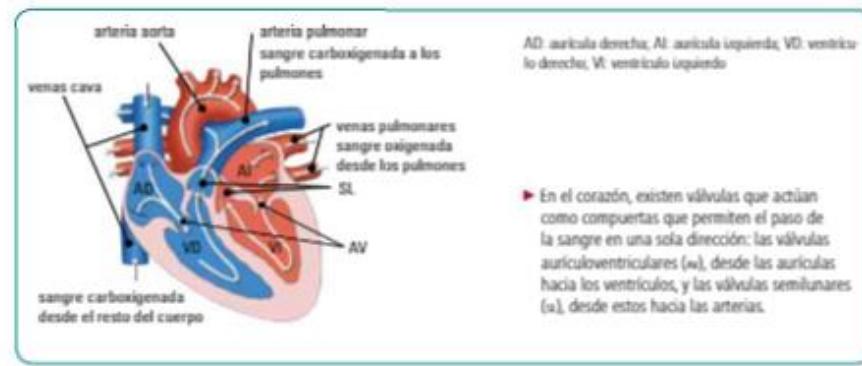
1. Elabora un cuadro comparativo de arterias, venas y capilares; tené en cuenta la relación entre su estructura y su función.
2. Explicá en un texto breve cómo contribuye la estructura de cada tipo de vaso a su función.



## La estructura y el funcionamiento del corazón

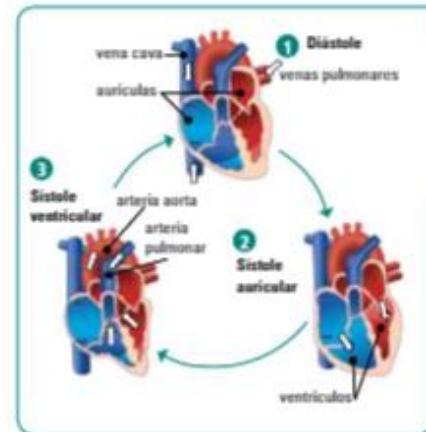
El corazón humano es un órgano hueco de un tamaño similar al de un puño. Sus paredes están muy desarrolladas y el tejido muscular que las forma se llama miocardio. Este órgano está dividido en dos mitades: la mitad derecha recibe la sangre que proviene de los tejidos cargada de dióxido de carbono, y es bombeada hacia los pulmones. La mitad izquierda recibe la sangre oxigenada proveniente de los pulmones y la

bomba hacia el resto de los órganos. Ambas mitades están separadas por un tabique de manera que la sangre que circula por la parte izquierda nunca se mezcla con la de la derecha. Por eso, se dice que la circulación es completa. Cada mitad, a su vez, está dividida en dos compartimientos: una aurícula y un ventrículo. La sangre entra al corazón por las aurículas a través de las venas y pasa a los ventrículos, de donde es expulsada a través de las arterias. Los ventrículos poseen paredes más gruesas, ya que realizan un mayor trabajo de bombeo.



Los movimientos involuntarios del miocardio que impulsan la sangre se conocen con el nombre de latidos cardíacos. En cada latido, se bombean unos 70 mililitros de sangre. Cada latido dura menos de un segundo y representa un ciclo cardíaco

durante el cual se intercalan momentos de contracción muscular o sistole con otros de relajación o diástole. En estado de reposo, la frecuencia cardíaca de una persona es aproximadamente de 70 latidos por minuto.



### Ciclo cardíaco

1. El corazón se encuentra relajado y la sangre ingresa a las aurículas por la vena cava y por las venas pulmonares.
2. Las aurículas se contraen, se abren las válvulas AV, se cierran las SL, y la sangre pasa de las aurículas a los ventrículos.
3. Los ventrículos se contraen. Se cierran las válvulas AV, se abren las SL y la sangre pasa del ventrículo derecho a las arterias pulmonares y del ventrículo izquierdo a la vena aorta.

### ACTIVIDADES

- Analiza el esquema del ciclo cardíaco y responde:
  - ¿Por qué, al contraerse las aurículas la sangre no pasa a las arterias?
  - ¿Qué es lo que asegura que, al contraerse los ventrículos, la sangre sea enviada solo a las arterias?
  - ¿Qué estructura impide que se mezcle la sangre proveniente de los tejidos con la que viene de los pulmones?

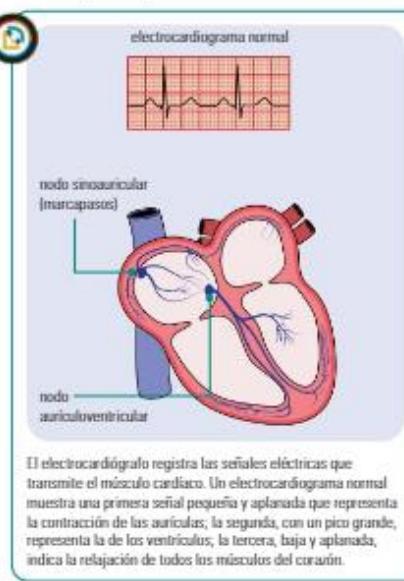
## La regulación del ritmo cardíaco

La supervivencia de las células y, por lo tanto, del organismo depende estrechamente del aporte de oxígeno y nutrientes que les llegan a través de la sangre. Por eso, es fundamental el buen funcionamiento del corazón. Las células del miocardio tienen la capacidad de contraerse de manera autónoma, sin estimulación nerviosa. Las contracciones del corazón dependen de la coordinación de las contracciones individuales de sus células. Dicha coordinación está a cargo de grupos de células especializadas, o nodos, ubicados en distintos lugares del corazón. Uno de ellos es el nodo sinoauricular o marcapasos, ubicado en la aurícula derecha. El marcapasos envía señales eléctricas que se propagan muy rápidamente por las paredes de las aurículas, y provocan su contracción simultánea. A la vez, esos impulsos eléctricos son transmitidos a otro nodo, el nodo auriculoventricular, ubicado entre la aurícula y el ventrículo derechos. En este nodo, el impulso se demora 0,1 segundos antes de diseminarse por las paredes de los ventrículos. Este retraso asegura que la contracción de los ventrículos ocurra una vez que las aurículas se han vaciado por completo.

Existen diversas situaciones en las que los tejidos requieren de un mayor aporte de oxígeno, y la frecuencia cardíaca se altera. ¿Qué señales provocan esta alteración? En el tronco cerebral, existe un centro de regulación cardiovascular que recibe información de otros órganos del cuerpo y monitorea las necesidades de oxígeno y nutrientes. Cuando es necesario, este centro transmite señales al corazón y a los vasos sanguíneos a través de vías nerviosas que estimulan las contracciones del miocardio y de las paredes de los vasos. Por ejemplo, el aumento de la temperatura corporal afecta al marcapasos y aumenta la frecuencia cardíaca. Al mismo tiempo, se pone en marcha un control hormonal: las hormonas adrenalina y tiroxina influyen en el funcionamiento del marcapasos y de las células del miocardio. Otra hormona, la epinefrina, actúa frente a situaciones de estrés y acelera el ritmo del corazón.



► Durante el ejercicio muscular intenso, se requiere un aporte extra de oxígeno y de otras sustancias que la sangre transporta.



El electrocardiograma registra las señales eléctricas que transmite el músculo cardíaco. Un electrocardiograma normal muestra una primera señal pequeña y aplana que representa la contracción de las aurículas; la segunda, con un pico grande, representa la de los ventrículos; la tercera, baja y aplana, indica la relajación de todos los músculos del corazón.

### WILLIAM HARVEY Y LA CIRCULACIÓN

Entre 1240 y 1560, anatomistas españoles, árabes e italianos habían realizado estudios acerca del corazón y los pulmones y del recorrido de la sangre dentro del cuerpo. Sin embargo, los trabajos del médico inglés William Harvey (1578-1627) fueron los más concluyentes con relación a estos temas. Él escribió: "Ha quedado demostrado, tanto racional como experimentalmente, que la sangre atraviesa los pulmones y el corazón merced al pulso de los ventrículos, y es impulsada y lanzada a todo el cuerpo; allí, se introduce en las venas y en las porosidades de la carne y, a través de las mismas venas, vuelve de toda la periferia al centro, pasa de las pequeñas a las mayores y de estas a la vena cava, hasta llegar por fin a la aurícula del corazón [...]; es pues necesario concluir que la sangre describe en los animales un movimiento circular, y que está en perpetuo movimiento; en esto consiste la acción o función del corazón, que la lleva a cabo mediante su pulso, y esta función es causa única del movimiento y pulso del corazón".



## El recorrido de la sangre

En este recorrido, se puede distinguir dos circuitos: el circuito o circulación pulmonar, en el que la sangre circula entre el corazón y los pulmones, y la circulación general, que ocurre entre el corazón y el resto de los órganos del cuerpo.

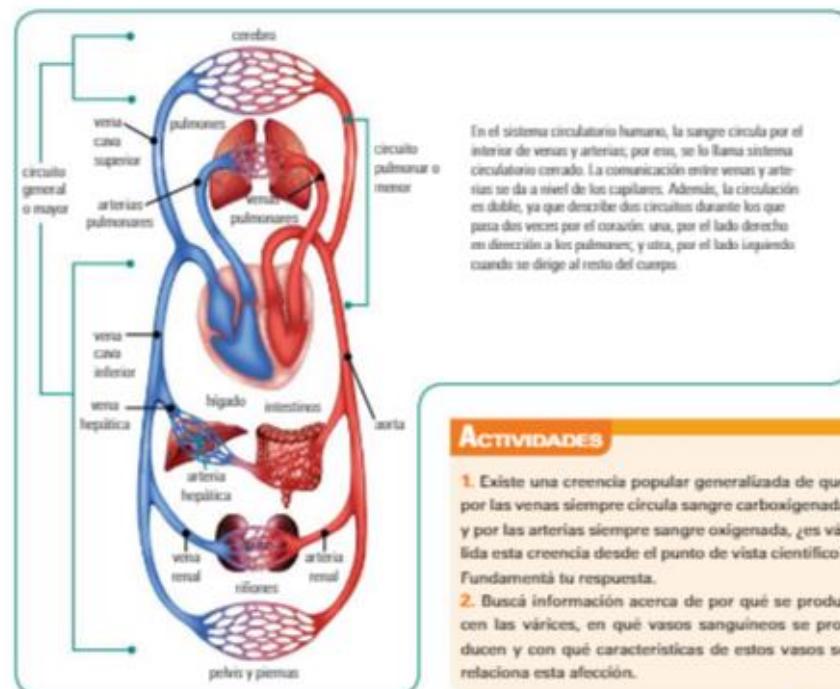
Dado que el recorrido es continuo, se puede comenzar a analizar desde cualquier punto, por ejemplo: la entrada de la sangre que proviene de los tejidos al corazón. Esta sangre está cargada con dióxido de carbono y, por ello, se denomina sangre carboxigenada. La sangre carboxigenada ingresa a la aurícula derecha a través de las venas cava superior e inferior. De la aurícula derecha, pasa al ventrículo derecho desde donde es impulsada a través de las arterias pulmonares hacia los pulmones. Allí, se produce la hematosis, se carga nuevamente de oxígeno y se transforma en sangre oxigenada. Esta vuelve al corazón a través de las venas pulmonares que ingresan a la auricula

izquierda. De la aurícula izquierda, la sangre oxigenada pasa al ventrículo izquierdo, que la impulsa a través de la arteria aorta hacia otros vasos que la transportan al resto del cuerpo.

La sangre que llega a las extremidades, impulsada por el ventrículo izquierdo, pierde presión a medida que avanza en su recorrido; y el regreso al corazón, a través de las venas, ocurre en contra de la gravedad. ¿Cómo se evita el retorno de la sangre que viaja de las extremidades al corazón? Existen dos mecanismos fundamentales que ayudan a este regreso:

- La existencia de válvulas en el interior de las venas que impiden el retroceso de la sangre.
- La contracción de los músculos, sobre todo, en piernas y brazos, que ayuda a impulsar la sangre en contra de la gravedad.

Cuando alguna o algunas de esas válvulas no funcionan o funcionan mal, puede acumularse sangre en una porción de la vena. Esto puede producir una distensión permanente de las paredes.



## La sangre y su composición

La sangre está formada por un líquido llamado plasma, constituido en un 90% por agua. En el plasma, hay sales minerales disueltas y proteínas, llamadas proteínas plasmáticas, que cumplen funciones de defensa, de coagulación y de transporte de lípidos. Además, en el plasma, se encuentran suspendidas las células sanguíneas: los glóbulos rojos o eritrocitos, los glóbulos blancos o leucocitos y las plaquetas o trombocitos.

Finalmente, en la sangre, se hallan todos los

elementos que ella transporta: nutrientes, oxígeno, dióxido de carbono y otros desechos, y hormonas.

### La sangre es una mezcla que se puede separar en fases

Si al realizar una extracción de sangre se la centrifuga en un tubo de ensayo y se la deja en reposo durante algunas horas, se observa que se separa en dos capas: una inferior de color rojo y otra superior de color amarillento. Eventualmente, puede aparecer entre ellas otra capa más transparente.



Células sanguíneas		
Tipo celular	Cantidad por mm <sup>3</sup>	Funciones
Eritrocitos	5 a 6 millones	Transporte de oxígeno y de dióxido de carbono (en menor cantidad), unidos a la hemoglobina.
Leucocitos	5.000 a 10.000 (el 30% son linfocitos)	Participan en la defensa del organismo contra agentes infecciosos. Hay distintos tipos con funciones diferentes.
Trombocitos	250.000 a 400.000	Intervienen en la coagulación sanguínea, que favorece la cicatrización de heridas.

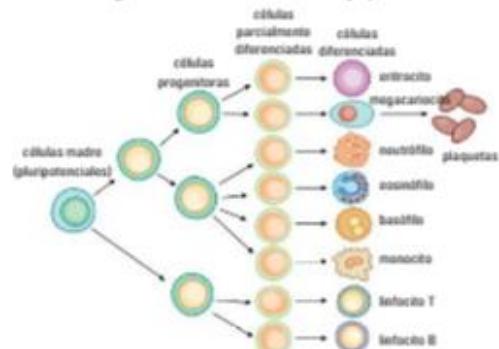
### ACTIVIDADES

- ¿Qué suposición podría hacer un médico frente a un análisis de sangre que muestre una cantidad elevada de leucocitos?

## Formación de las células sanguíneas

Las células sanguíneas se deterioran, son destruidas en el hígado y en el bazo, y son sustituidas en forma constante. Los glóbulos rojos permanecen en la sangre aproximadamente 120 días y las plaquetas, entre 8 y 12 días. La mayor parte de los glóbulos blancos vive apenas unos días, ya que mueren en los tejidos durante su actividad de defensa o son eliminados junto con los microorganismos muertos a través de las mucosidades del tracto respiratorio.

La cantidad de células sanguíneas se mantiene constante gracias a que estas se desarrollan continuamente en la médula roja de algunos huesos, en especial, de las costillas, el esternón, la pelvis y las vértebras. Allí, se encuentran células madre, a partir de las cuales se originan las distintas células que componen la sangre. La formación de las células sanguíneas se denomina hematopoyesis.



► Las células madre de la médula roja se llaman células pluripotenciales, ya que pueden diferenciarse en los distintos tipos celulares que conforman la sangre. Una vez diferenciadas, las células pasan al torrente sanguíneo.

## Los leucocitos o glóbulos blancos

En este grupo, se incluyen distintos tipos de células que se agrupan en tres categorías según su aspecto al microscopio óptico: linfocitos, monocitos y granulocitos. Estos últimos incluyen los neutrófilos, los basófilos y los eosinófilos. Los linfocitos completan su desarrollo en el timo, el bazo o los ganglios linfáticos. Se los reconoce porque tienen un núcleo muy grande. Todos participan en los mecanismos de defensa específica del organismo.

Algunos fabrican anticuerpos y otros destruyen los agentes extraños que ingresan al torrente sanguíneo.

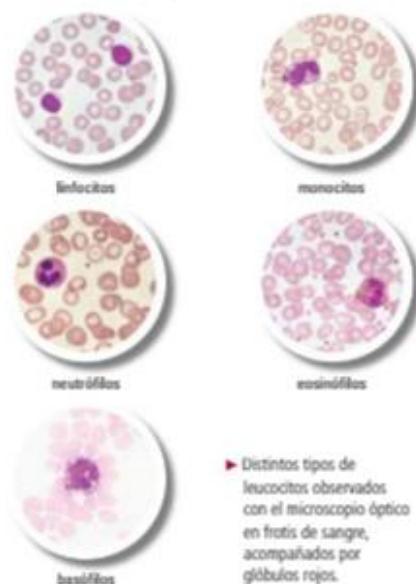
Los monocitos son de mayor tamaño que los linfocitos. Permanecen poco tiempo en la sangre (2 o 3 días) debido a que salen de los vasos hacia los tejidos, en los cuales maduran para formar los macrófagos. Estos últimos actúan en las infecciones localizadas, engloban y digieren partículas, microorganismos y restos celulares.

Los granulocitos presentan granulaciones en su citoplasma, que se hacen visibles y adquieren colores distintivos cuando se tinge una muestra de sangre con determinados colorantes.

Los neutrófilos son los leucocitos más abundantes. Tienen una vida media muy corta (12 a 72 horas) y, al igual que los monocitos, salen de los vasos sanguíneos y destruyen los agentes infecciosos. Son reemplazados a una velocidad de unos 100 millones por día.

Los basófilos producen sustancias: unas participan en los procesos inflamatorios de los tejidos y otras contribuyen a regular la coagulación de la sangre.

Los eosinófilos participan principalmente en las reacciones alérgicas.



► Distintos tipos de leucocitos observados con el microscopio óptico en fríasis de sangre, acompañados por glóbulos rojos.

© Editorial Eléctrica S.A. - Prohibida su fotocopia. Ley 17.272

## Los eritrocitos o glóbulos rojos

Los glóbulos rojos maduros no poseen núcleo ni organelas. Casi todo su volumen está ocupado por hemoglobina, la proteína globular que transporta el oxígeno. La cantidad de oxígeno unido a hemoglobina que transporta la sangre es 100 veces mayor que la que podría circular disuelto en el plasma. El hecho de que la hemoglobina se encuentre dentro de los glóbulos rojos es una ventaja. Si circulara libremente en el plasma sanguíneo, la viscosidad de la sangre sería unas tres veces mayor y su desplazamiento por los vasos resultaría más lento.

Las células que circulan libremente en un líquido suelen tener forma esférica. Si se compara la forma de disco aplastado de los glóbulos rojos con una esfera, se puede establecer una relación entre la forma y la función que cumplen estas células.

Al examinar las superficies de una esfera y de un disco aplastado, cuyos volúmenes son iguales, se puede comprobar que la relación entre la superficie y el volumen es mayor en el disco que en la esfera. Es así que la forma discoidal confiere a los glóbulos rojos una elevada superficie de contacto con el medio en relación con su volumen. Teniendo en cuenta la función de los glóbulos rojos, esta característica presenta dos ventajas:

- aumenta la probabilidad de intercambio de oxígeno y dióxido de carbono entre el interior del eritrocito y el medio;
- acelera el proceso de intercambio, ya que el oxígeno debe recorrer distancias pequeñas dentro del glóbulo rojo.

Además, el reducido espesor de estas células posibilita su circulación dentro de los delgados capilares sanguíneos.



► Glóbulos rojos o eritrocitos. Una deficiencia en la cantidad de estas células o en su capacidad para transportar oxígeno provoca una enfermedad denominada anemia.

## LA TOXICIDAD DEL MONÓXIDO DE CARBONO

¿A qué se debe la toxicidad del monóxido de carbono? Este compuesto tiene mayor afinidad por la hemoglobina que el oxígeno. Además, se une a la molécula de hemoglobina en el mismo lugar que el oxígeno. Las hemoglobinas unidas a monóxido de carbono pierden su capacidad de transportar oxígeno, lo que impide la respiración celular. Cuando la concentración de monóxido de carbono en el ambiente es muy alta, el oxígeno es reemplazado por este gas tóxico, lo que provoca la muerte celular. En concentraciones menores, resulta nocivo porque daña los tejidos por la muerte de algunas de sus células.

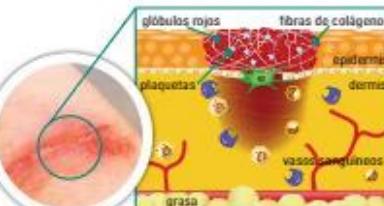
### ACTIVIDADES

- Estos datos plantean un problema:
- En 100 ml de plasma, se disuelven 0,3 ml de oxígeno.
- El cerebro recibe aproximadamente 750 ml de sangre por minuto.
- El cerebro necesita cerca de 165 ml de oxígeno por minuto.

¿Cuál es el problema que se plantea? ¿Cómo lo "resuelve" el organismo?

### Los trombocitos o plaquetas

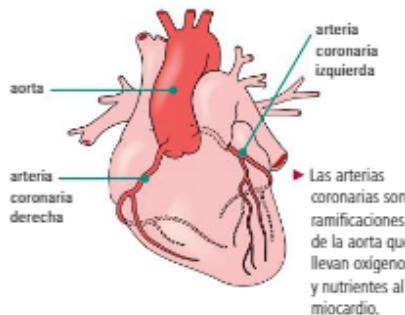
Las plaquetas o trombocitos son fragmentos celulares que no poseen núcleo, pero si algunas organelas como, por ejemplo, las mitocondrias. Con frecuencia, se las observa en aglomerados debido a su gran capacidad de agregación. Cuando se daña el interior de un vaso sanguíneo, las plaquetas se unen a una proteína fibrosa llamada colágeno. Esta unión provoca cambios en la forma de las plaquetas y activa la producción de sustancias que desencadenan el proceso coagulatorio.



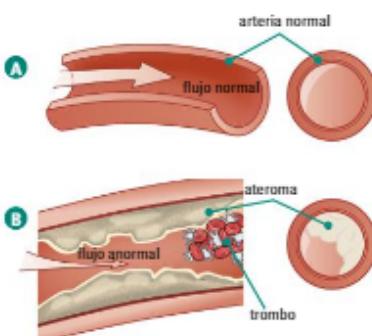
► Cuando se produce una herida, las células sanguíneas quedan atrapadas en una red de fibras y plaquetas que forman un tapón que impide la salida de la sangre y el ingreso de agentes infecciosos.

## Alteraciones cardiovasculares

Cuando se interrumpe o dificulta la circulación de la sangre a través de las arterias coronarias que irrigan el miocardio, se reduce el aporte de nutrientes y de oxígeno a ese músculo. Este trastorno se llama **isquemia** y puede provocar lesiones en el corazón, conocidas con el nombre de infarto.



La causa más común de estas cardiopatías coronarias es la **aterosclerosis**, una enfermedad que consiste en la formación de placas llamadas **ateromas** en las paredes internas de las arterias. Los ateromas se forman por acumulación de grasas (especialmente colesterol) y de residuos celulares.



► La formación de ateromas provoca la obstrucción de las arterias, lo que impide el paso de la sangre y la pérdida de elasticidad de las paredes de dichos vasos.

En ocasiones, se rompe la capa de tejido que cubre el ateroma y, sobre la superficie expuesta, se acumulan plaquetas y se forman trombos. Esto incrementa el bloqueo de las arterias. El nivel elevado

de lípidos en la sangre, la hipertensión arterial y enfermedades como la diabetes, favorecen la formación de ateromas y la alteración del ritmo cardíaco.

Los lípidos, entre los que se encuentra el colesterol, son insolubles en el medio acuoso y viajan en la sangre asociados a proteínas; así, forman lo que se conoce como lipoproteínas. Las lipoproteínas más conocidas son las **LDL-colesterol** y **HDL-colesterol**. Las proteínas **LDL** (Low density lipoprotein, en inglés) transportan una proporción menor de lípidos que las **HDL**. (High density lipoprotein, en inglés) y su densidad, también, es menor.

### PROBLEMAS CARDIOVASCULARES, UNA PERSPECTIVA DE GÉNERO

Existe un efecto protector de las hormonas femeninas (estrógenos) sobre el metabolismo de los lípidos y la presión arterial, y en consecuencia, sobre las cardiopatías. Sin embargo, una vez establecida la enfermedad, el pronóstico de las personas de sexo femenino es peor que el de las de sexo masculino. Según la Dra. Susanna Sans Menéndez, del Instituto de Estudios de la Salud de Barcelona, esto se comprendería mejor si se distinguiera correctamente entre los efectos biológicos del sexo y los aspectos psico-socio-económicos del género. Algunos de estos aspectos tendrían que ver con el mayor impacto que tienen las precarias condiciones socioeconómicas en las mujeres mayores (posmenopáusicas), y con el estrés derivado de la sobrecarga de ocupación en lo laboral y familiar de las mujeres jóvenes y de edad media. Otros serían consecuencia directa del predominio masculino en los ámbitos científico y médico. Así, las enfermedades cardiovasculares han sido menos estudiadas en las mujeres que en los varones, y la mayoría de los ensayos clínicos para probar la eficacia de los medicamentos se lleva a cabo en hombres.

### ACTIVIDADES

1. Intercambien en grupo sus opiniones acerca de las afirmaciones de la Dra. Sans Menéndez relativas a la incidencia del género en la manera en que las enfermedades cardiovasculares afectan a las mujeres.
2. Lean más información sobre las afirmaciones de Menéndez en el siguiente enlace: <https://rebrand.ly/g4sb0d>, complementen con él sus opiniones y elaboren un texto referido a la importancia de la perspectiva de género en relación con estas enfermedades.

## Controles sobre el sistema cardiovascular

Existen diferentes parámetros que pueden ser medidos para monitorear el sistema cardiovascular. Uno de ellos es la frecuencia cardíaca, cuyo valor normal oscila en torno de los 70 latidos por minuto, que se puede medir con un aparato llamado estetoscopio. Una manifestación de la frecuencia cardíaca es el pulso, que se detecta como una secuencia de pequeñas dilataciones y relajamientos de las arterias cuando reciben la sangre en cada latido. Los valores normales se corresponden con los de la frecuencia cardíaca. Por otra parte, la transmisión de señales eléctricas al corazón, se registra con un electrocardiograma.

La presión arterial, que es la que ejerce la sangre en su circulación dentro de las arterias, también debe ser controlada, ya que, si es elevada, puede ocasionar la rotura de vasos sanguíneos, especialmente, de los capilares. Para medir la presión sanguínea, se toma en cuenta un ciclo cardíaco completo. La presión durante la sistole es la presión máxima y el valor normal es aproximadamente 12. La presión mínima corresponde a la diástole y su valor normal oscila alrededor de 8.

### COLESTEROL Y RIESGO CORONARIO

Las lipoproteínas más comúnmente estudiadas en el diagnóstico de las enfermedades coronarias son las **LDL-colesterol** y **HDL-colesterol**. La **LDL**, de menor densidad, se adhiere con mayor facilidad al endotelio y forma parte de los ateromas. Se ha estudiado que la **HDL** tiene efectos beneficiosos, pues recoge lípidos del endotelio y los transporta al hígado, donde son degradados. La concentración de colesterol normal para personas adultas es aproximadamente de hasta 200 mg/dl, pero para evaluar el riesgo se observa la relación existente entre las fracciones **LDL** y **HDL**. Aunque no es el único parámetro que se toma en cuenta para diagnosticar dicho riesgo, se considera que niveles de colesterol en sangre de más de 240 mg/dl aumentan el riesgo de sufrir infarto de miocardio.

### ACTIVIDADES

- En grupos, busquen información sobre estos estudios: ecocardiograma, holter cardíaco, ergometría. Compárenlos teniendo en cuenta la finalidad y los datos que cada estudio registra.

## Prevención de las enfermedades cardiovasculares

Aunque algunas enfermedades cardiovasculares se deben a causas genéticas, en la mayoría de los casos, se relacionan con el estilo de vida.

En numerosos estudios, se ha encontrado que el tabaquismo, las dietas con elevado nivel de grasas, el estrés, la obesidad y el sedentarismo están vinculados con la elevada proporción de enfermedades coronarias en la población humana. Es por eso que se los considera factores de riesgo.

Es muy recomendable prevenir estas enfermedades desde la infancia y la adolescencia porque durante esas etapas se adquieren hábitos que pueden perdurar durante toda la vida.

La medida preventiva más importante es la dieta. Para que, en la niñez y la adolescencia, se adopte una alimentación adecuada es necesaria la participación de toda la comunidad: la familia, las escuelas, los servicios de salud y la industria alimenticia.

Debido a los factores hereditarios, en las familias con antecedentes de elevado nivel de colesterol, hipertensión o enfermedades coronarias, los controles deben ser más minuciosos. Los adultos deben tener en cuenta las medidas de prevención e incrementar los cuidados a partir de los 45-50 años.



► El tabaco y los productos de la combustión del cigarrillo favorecen la formación de ateromas. También, se ven afectados los no fumadores que aspiran el humo del ambiente.



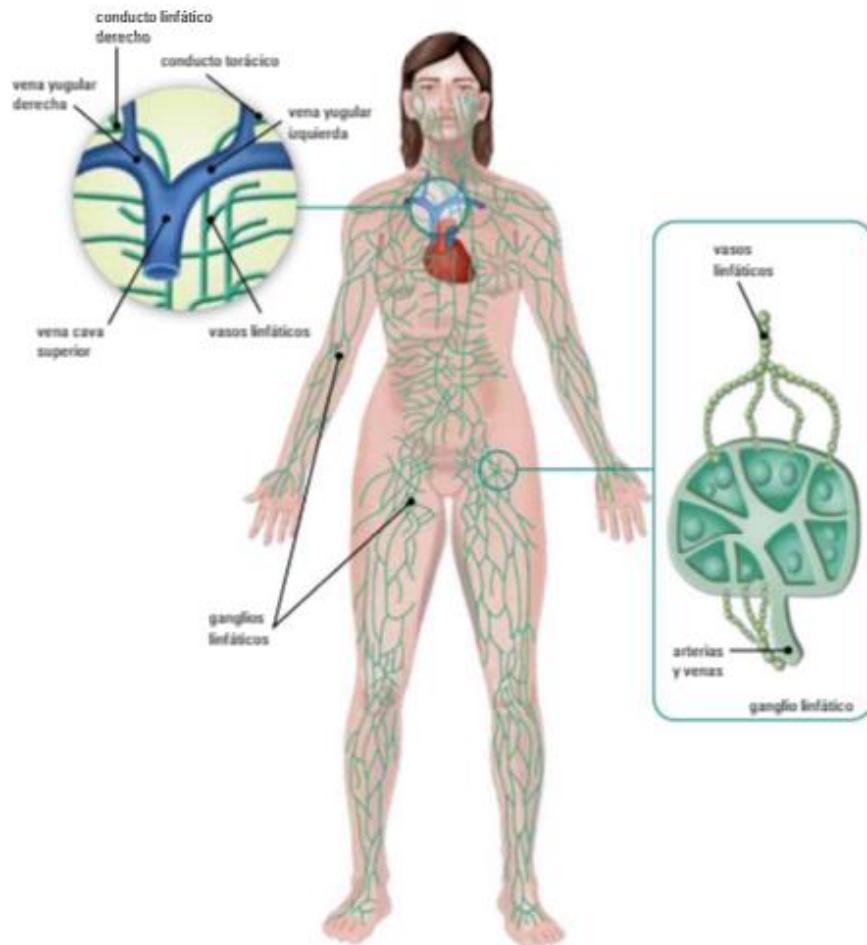
► Para modificar el hábito del sedentarismo, no es necesario realizar una actividad física intensa. Una caminata diaria de 30 minutos mejora la irrigación sanguínea del miocardio, retarda la formación de ateromas y reduce la presión arterial.



## El sistema linfático

El sistema linfático humano está constituido por una red de vasos de distinto calibre por la que circula un líquido llamado linfa. Los capilares linfáticos son conductos similares a los sanguíneos, pero sus extremos están cerrados y no se comunican entre sí. Por eso, este sistema no conforma un circuito continuo. Estos capilares confluyen en vasos cuyo calibre es cada vez mayor y que, a su vez, convergen en el conducto torácico. A través

de este, la linfa ingresa al sistema circulatorio y, de este modo, circula en una única dirección desde los capilares hacia el conducto torácico. La circulación linfática cumple tres funciones: absorbe los productos de la digestión de los lípidos y los vierte en el torrente sanguíneo, recolecta el líquido de los espacios intercelulares y lo retorna a la circulación sanguínea, y participa en la defensa del cuerpo contra los organismos patógenos.



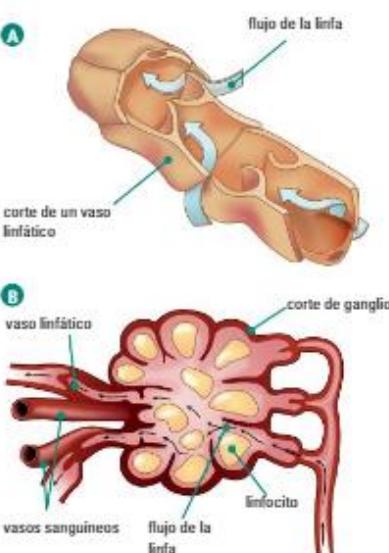
© Editorial Brinera S.A. - Prohibida su fotocopia. Ley 17.272

© Editorial Brinera S.A. - Prohibida su fotocopia. Ley 17.272

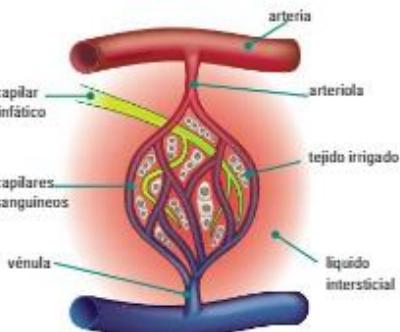
## Recolección de líquido intracelular y función de defensa

Las sustancias transportadas por la sangre atraviesan los espacios intercelulares antes de penetrar en las células. Una parte de esas sustancias, junto con el agua, suele quedar retenida en esos espacios y forma el llamado líquido intersticial. Una porción de este líquido es recogida por los capilares linfáticos que surcan los tejidos, y es vertido nuevamente a la circulación sanguínea.

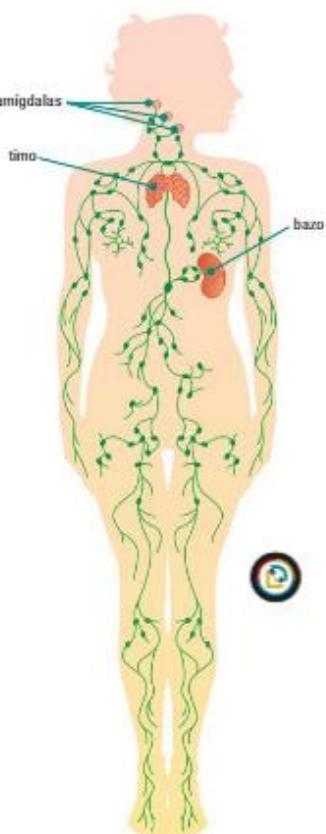
En diferentes puntos de la red linfática, se hallan distribuidos los ganglios linfáticos. Estos son nódulos de tejido esponjoso que intervienen en la eliminación de partículas extrañas de la linfa y en la respuesta inmune específica del organismo. La linfa está compuesta por un líquido claro y rico en lípidos y suele contener restos de células y partículas extrañas que quedan retenidas al pasar por los ganglios linfáticos. Las únicas células que transporta son glóbulos blancos.



A. El líquido intersticial ingresa a los capilares linfáticos. Las paredes de los vasos tienen músculos que, al contraerse, impulsan la linfa, que se desplaza en un único sentido debido a la presencia de válvulas. B. Antes de ingresar al torrente sanguíneo, la linfa pasa por los ganglios linfáticos, donde quedan retenidas partículas extrañas y restos celulares.



► Esquema de un tejido irrigado por delgados vasos linfáticos y sanguíneos.



► La red de vasos linfáticos está interconectada con el bazo, el timo y otros órganos del sistema inmunológico.



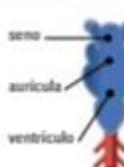
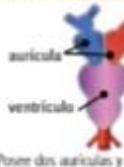
## Diversidad de sistemas circulatorios

Todos los animales vertebrados poseen una circulación cerrada, pero solo las aves y los mamíferos presentan, además, una circulación completa.

En muchos invertebrados, la circulación es abierta, aunque en algunos es cerrada, como es el caso de las lombrices. El corazón, por lo general, consiste en una zona más engrosada de los vasos sanguíneos, que impulsan la sangre mediante movimientos peristálticos. Otros invertebrados más sencillos intercambian gases y nutrientes directamente entre las células y el agua circundante.

### La circulación en peces, anfibios y reptiles

Dentro de los animales vertebrados, el sistema circulatorio de las aves es muy similar al de los mamíferos, descrito hasta el momento. En el resto de los vertebrados, se observan diferencias significativas tanto en la estructura del corazón como en la circulación.

Grupo	Corazón	Circulación
Peces		 <p>El corazón posee dos cámaras por las que solo circula sangre cardígena.</p>
Anfibios y reptiles		 <p>Posee dos auriculas y un ventrículo. La sangre oxigenada se mezcla parcialmente con la carbógena. Los dos ventrículos de los reptiles poseen un tabique incompleto.</p>

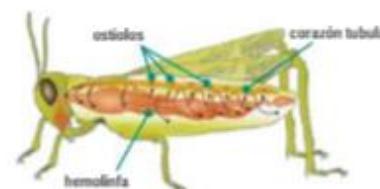
Legendas de colores para la sangre:

- sangre oxigenada (naranja)
- sangre carbógena (azul)
- sangre mezclada (púrpura)

## Sistemas circulatorios abiertos

Los artrópodos y algunos moluscos (con excepción de los pulpos y los calamares) poseen sistemas circulatorios abiertos. La sangre no circula solo dentro de los vasos sanguíneos, sino que, en algunos lugares, baña directamente los tejidos y forma lagunas sanguíneas. En ellas, solo se producen los intercambios de nutrientes y desechos, ya que, en los artrópodos, los gases respiratorios se intercambian a través de las tráqueas. El líquido circulante se denomina hemolinfa, y es una mezcla de sangre y otros fluidos del cuerpo.

En los insectos y otros artrópodos, el corazón es la región posterior del vaso principal. Sus paredes musculares son muy gruesas, ya que no solo impulsan la hemolinfa hacia los tejidos, sino también succionan la que está dispersa en las lagunas. La hemolinfa regresa al corazón a través de unos orificios llamados ostiolas. Las contracciones de la musculatura del cuerpo contribuyen a la circulación.



► En un sistema circulatorio abierto como el de la langosta, la circulación es más lenta: una vuelta completa puede demorar cerca de 30 minutos; mientras que, en los humanos, demora menos de un minuto.

## ACTIVIDADES

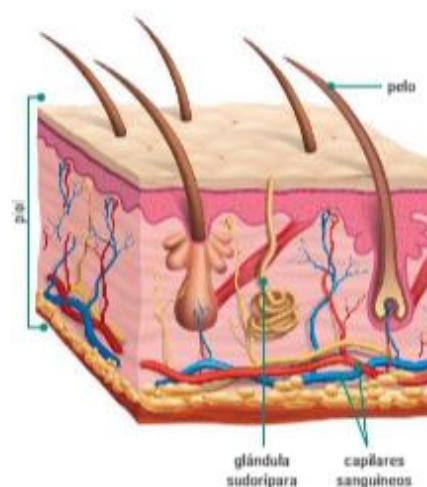
1. ¿Cómo se relacionan los sistemas circulatorios de los peces y de los anfibios con las formas de respiración de cada uno de esos grupos?
2. Compara estos sistemas circulatorios con el de los humanos (mamíferos), toma en cuenta la estructura del corazón y el mecanismo de circulación. ¿Qué ventajas presenta el sistema de los mamíferos respecto de los otros grupos descriptos?

## La excreción

La excreción es la función a través de la cual se eliminan los desechos metabólicos y se regula el contenido de diversas sustancias que circulan en el organismo.

### Sobre la eliminación de desechos

El dióxido de carbono resultante de la respiración celular es excretado a través del sistema respiratorio. Del resto de los desechos metabólicos, el principal es el que resulta del metabolismo de las proteínas. En los humanos, como en todos los mamíferos, los aminoácidos que forman las proteínas son degradados en el hígado, y uno de los productos de este proceso es el amoniaco, sustancia altamente tóxica, aun cuando se encuentre en muy bajas concentraciones. Por eso, es transformado rápidamente en otra sustancia menos tóxica, la urea. Esta puede ser transportada por la sangre hasta ser eliminada a través de los riñones, que son órganos que forman parte del sistema urinario.



► Las glándulas sudoríparas eliminan sudor a través de poros que se distribuyen en la epidermis, principalmente en las axilas, ingles, frente, palmas de las manos y plantas de los pies. El sudor es un líquido que contiene agua, sales y otras sustancias disueltas.

### Sobre la regulación de sustancias

La excreción permite regular la concentración de sustancias como el agua, las sales minerales o las proteínas. Aunque estos compuestos no constituyen desechos, su concentración debe ser controlada según los requerimientos homeostáticos. En este proceso de regulación, intervienen el sistema respiratorio (a través del que se elimina vapor de agua), el urinario y las glándulas sudoríparas de la piel.

## EL MEDIO INTERNO

En 1876, el fisiólogo francés Claude Bernard destacó por primera vez la importancia de lo que denominó medio interno, constituido principalmente por los líquidos corporales: una solución de sales y sustancias orgánicas disueltas en agua. Para describir el medio interno y la circulación de los líquidos corporales, Bernard propuso un modelo basado en la representación del organismo dividido en tres compartimentos: el compartimiento intracelular, el intercelular y el intravascular.



► La sustancia común a todos los líquidos corporales es el agua. En ella se disuelve la mayor parte de las sustancias, y es el medio que favorece la realización de casi todos los procesos biológicos.

## ACTIVIDADES

- En el esquema del recuadro, las flechas representan los movimientos de los fluidos corporales entre los distintos compartimentos
- a. ¿Cuáles son los órganos del sistema digestivo que se representan en el esquema?
- b. ¿Qué otro sistema está representado?
- c. Escribe un texto que explique lo que se representa en el esquema.



## El agua y el equilibrio hídrico

El agua constituye alrededor del 70% del peso total del cuerpo. El equilibrio hídrico consiste en mantener estable esta proporción. Para ello, la cantidad de agua que ingresa al organismo debe ser equivalente a la que se pierde.



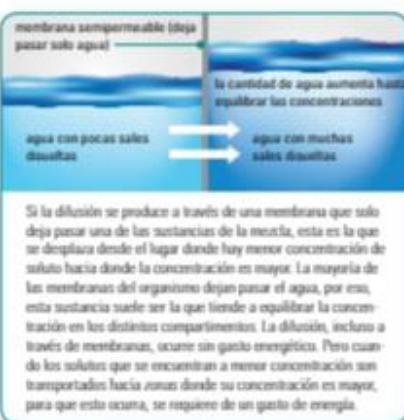
La cantidad de agua que pierde por día una persona depende en gran medida del clima y del tipo de actividades que realiza. Durante una actividad física intensa, por ejemplo, se pierde más agua que lo normal, en especial, a través del sudor y la evaporación por los pulmones. Si se pierde el equivalente al 7% del peso corporal en agua, disminuye notablemente la capacidad de regular la temperatura corporal, y una pérdida del 8% puede llevar a la muerte.

## El medio interno y el balance hídrico

El desplazamiento de los fluidos del medio interno se produce debido a un proceso llamado difusión. A grandes rasgos, es el fenómeno por el cual una sustancia tiende a moverse desde el espacio en el que está en mayor concentración hacia el que está en menor concentración, hasta llegar a un equilibrio. Por lo tanto, el desplazamiento de fluidos en el organismo depende de la proporción de agua y de la concentración de sales presentes en sus compartimientos.

### ACTIVIDADES

- ¿Qué sucedería con el volumen del agua intracelular si, en caso de una pérdida excesiva de agua por transpiración o diarrea, bebiéramos solo agua pura? ¿Y en el caso de una ingesta excesiva de cloruro de sodio?



Cuando se ingieren comidas con alto contenido de cloruro de sodio (la sal de mesa) su concentración aumenta en los fluidos intercelular e intravascular, lo que provoca la salida del agua desde el interior de las células hasta que se equilibran las concentraciones. Si las concentraciones de sal son muy altas fuera de las células, corre el riesgo de deshidratarse. En ese caso, es necesario ingerir abundante agua. Además, el aumento del volumen sanguíneo por difusión del agua debida al exceso de sales provoca un aumento de la presión sanguínea.

En situaciones de pérdida excesiva de agua, por ejemplo, en el caso de transpiración abundante o diarrea, es necesario ingerir agua con sales para recuperar el equilibrio interno.

### BEBIDAS ISOTÓNICAS

Cuando realizamos actividad física, transpiramos más intensamente, lo que implica una gran pérdida de agua. Junto con la transpiración, se eliminan toxinas (efecto beneficioso), sales y otros solutos, como azúcares. En estos casos, es importante no solo reponer el agua, sino los solutos que se perdieron. Para esto, se desarrollaron bebidas que contienen sales y glucidos. Son las llamadas bebidas isotónicas, es decir que tienen la misma concentración de solutos que los fluidos corporales y fueron elaboradas a partir de estudios hechos sobre el sudor de los deportistas.

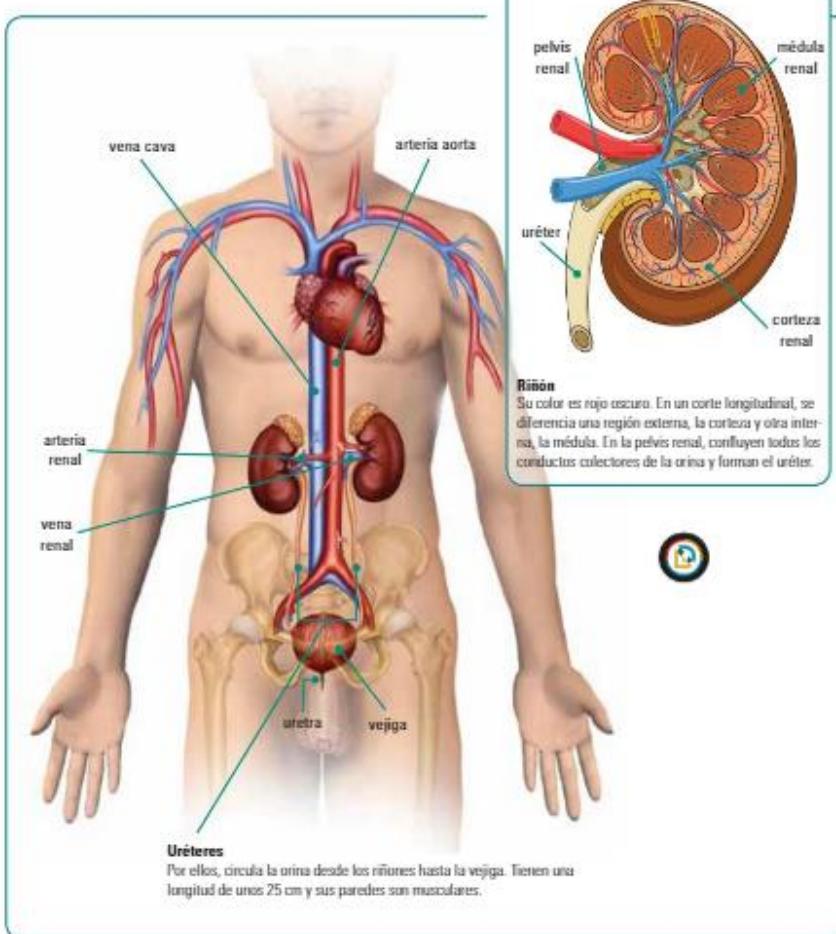
Es importante leer las etiquetas de las bebidas isotónicas que se consumen para asegurarse de que las concentraciones sean las adecuadas. En el caso del sodio, deben ser entre los 0,5 y 0,7 gramos por litro de agua. La concentración de azúcar ideal varía entre un 6% y un 8%.

## El sistema urinario

El sistema urinario está constituido por los riñones, los uréteres, la vejiga y la uretra. Los riñones son órganos muy irrigados, ya que su función es filtrar elementos de la sangre y producir orina. Esta última es conducida por los uréteres desde los riñones hacia la vejiga donde se almacena hasta su eliminación a través de la uretra. Aunque suele compararse al riñón con un filtro, el proceso de formación de la orina es mucho más complejo que la simple acción mecánica de filtración.

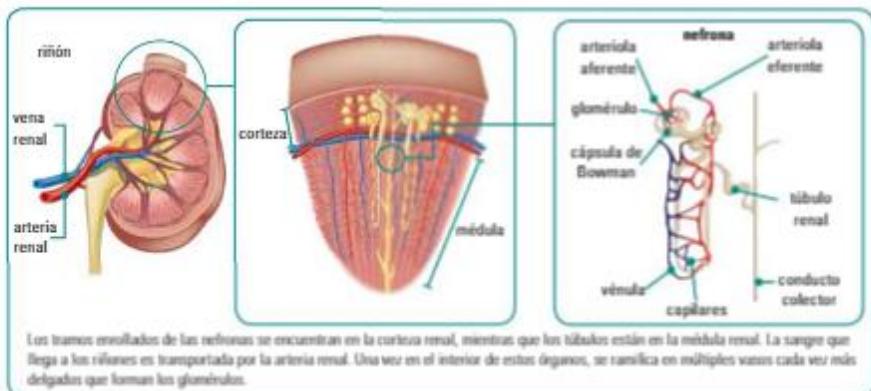
Este sistema funciona de manera selectiva:

- algunas sustancias como la glucosa, los aminoácidos y el sodio pueden atravesar las membranas celulares y son filtradas por los riñones en etapas iniciales, pero posteriormente son reabsorbidos hacia el torrente sanguíneo. Este mecanismo permite un aprovechamiento máximo de los nutrientes;
- otras sustancias, como las proteínas plasmáticas, no son filtradas por los riñones en condiciones normales.



### Estructura del riñón

Los riñones están constituidos por alrededor de un millón de túbulos enrollados, cada uno se denomina nefrona o nefrón. Las nefronas son



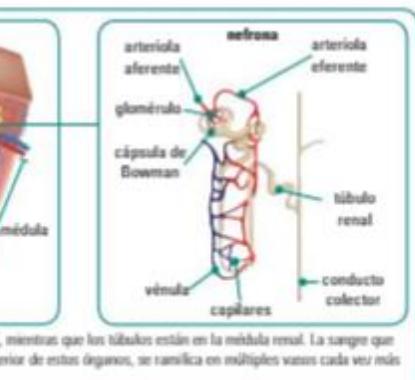
Los tramos enrollados de las nefronas se encuentran en la corteza renal, mientras que los túbulos están en la médula renal. La sangre que llega a los riñones es transportada por la arteria renal. Una vez en el interior de estos órganos, se ramifica en múltiples vasos cada vez más delgados que forman los glomérulos.

### La formación de la orina

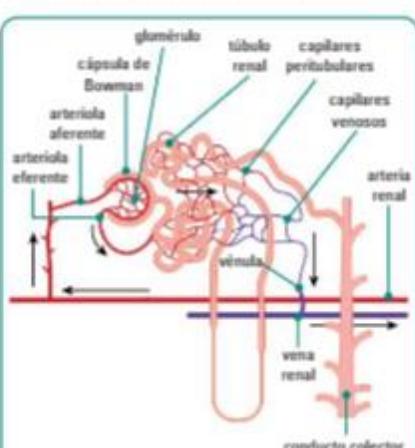
En el mecanismo de funcionamiento de los riñones, se puede reconocer cuatro clases de procesos: la filtración, la secreción, la reabsorción y la excreción. El resultado final de estos procesos es la orina.

- La filtración se lleva a cabo entre los capilares del glomérulo y la cápsula de Bowman. Consiste en el pasaje de las sustancias desde el plasma sanguíneo hacia el interior de los túbulos de la nefrona. El contenido del líquido filtrado es similar al del plasma, pero carece de algunos compuestos, como las proteínas, ya que ellas no pueden atravesar las membranas de los capilares debido al tamaño de sus moléculas.
- La secreción es el transporte activo (con gasto de energía) de las sustancias que no fueron filtradas de la sangre como, por ejemplo, la urea. Ocurre entre los capilares peritubulares y los túbulos renales.
- La reabsorción de agua, sales, aminoácidos y glucosa, que habían sido filtrados inicialmente, ocurre en un sentido contrario al de la secreción. La reabsorción de gran parte de estas sustancias se realiza mediante transporte activo desde el interior de los túbulos hacia la sangre.

las unidades funcionales del riñón, ya que se encuentran en contacto con capilares sanguíneos desde los que se produce el pasaje de sustancias de la sangre al riñón.



- La excreción consiste en el transporte de la orina por los conductos colectores hacia el uréter. Además de las funciones ya descriptas, los riñones secretan también hormonas.

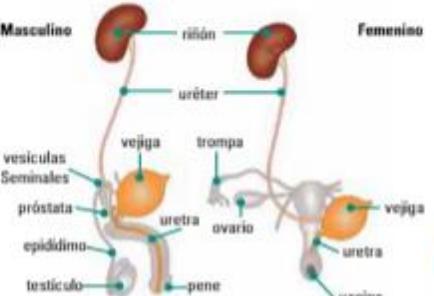


Relación entre las nefronas y los capilares sanguíneos: el glomérulo es una red capilar formada solo por arterias provenientes de la arteria renal, y se encuentra en contacto con la cápsula de Bowman. La sangre entra por la arteriola aferente y sale por la eferente. La arteriola eferente vuelve a capilarizarse y se comunica con capilares venosos. Esta red capilar (capilares peritubulares) rodea los túbulos renales. Los capilares venosos se unen en una vena renal. Las venas de las distintas nefronas confluyen en la vena renal. En el conducto colectivo, confluyen los túbulos de las distintas nefronas.

### La eliminación de la orina

La orina llega de los riñones, a través de los uréteres, a la vejiga. Allí se almacena hasta que es eliminada a través de la uretra. La eliminación de la orina se denomina micción. La vejiga es capaz de almacenar alrededor de medio litro de orina, pero el deseo de orinar se percibe cuando contiene la mitad de este volumen. Esta cantidad de líquido presiona las paredes de la vejiga y estimula ciertos receptores nerviosos, cuyas señales se traducen en la sensación de necesidad de evacuar.

La eliminación de la orina a través de la uretra es controlada por dos esfínteres. El primero se ubica a la salida de la vejiga y el segundo, en el extremo del conducto. La contracción y la relajación de estos músculos pueden ser controladas por las personas en forma voluntaria a partir de los 2 años de vida, aproximadamente.



- La ubicación de la uretra es diferente en las personas de sexo masculino y en las de sexo femenino. En el primer caso, está asociado al sistema reproductor, con el que comparte el orificio de salida. En el segundo caso, el orificio urinario que es totalmente independiente del conducto vaginal.

### Las características de la orina

La orina es un líquido que, en condiciones normales, es amarillento y contiene un 96% de agua y un 4% de sólidos disueltos. La composición puede variar según la alimentación y la cantidad de líquidos ingeridos, y el estado de salud de la persona. Estas variaciones se manifiestan, en muchos casos, a través de cambios en su coloración o en el pH, que da cuenta de su acidez o alcalinidad.

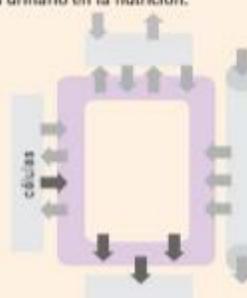
Las sustancias que se eliminan normalmente en la orina son sales, urea y creatinina. Esta última es un producto de degradación del metabolismo muscular. Los análisis cualitativos y cuantitativos de la orina brindan información acerca de las condiciones químicas del medio interno y, por eso, son utilizados con frecuencia para controlar el estado de salud del organismo. Por ejemplo, el valor normal de pH es aproximadamente 7. Por encima o por debajo de ese valor, se corre riesgo de que se formen cálculos renales.

La presencia en la orina de sustancias, como glucosa, aminoácidos, pigmentos biliares, etcétera, y de células sanguíneas, en algunos casos, es un indicio de desequilibrios que pueden haber sido provocados por alteraciones en el funcionamiento de algún órgano. Por ejemplo, la aparición de glucosa en la orina se debe a que la concentración de este azúcar en la sangre es superior a la normal, y es común en las personas que padecen diabetes.

Si se detectan pigmentos biliares, es posible que la función hepática esté alterada. Uno de los síntomas de las hepatitis es el cambio de coloración de la orina, que se torna amarronada debido a la presencia de esos pigmentos, que se producen en el hígado.

### ACTIVIDADES

- En el esquema, se representa la participación del sistema urinario en la nutrición.



- ¿A través de qué subsistemas se relaciona este sistema con el sistema circulatorio?
- ¿De qué modo participa este sistema en el mantenimiento del equilibrio hidráulico del medio interno?
- ¿Qué otros órganos y sistemas contribuyen a esta estabilidad?, ¿de qué manera lo hacen?

## Deficiencias de la función renal y sus consecuencias

Se conoce con el nombre de insuficiencia renal el deterioro o la pérdida de la función de los riñones. En algunos casos, esta afección es aguda y puede revertirse; en otros, es crónica. La insuficiencia renal crónica comienza con la pérdida de la función de algunas nefronas y avanza gradualmente. Cuando las nefronas funcionales ya no son suficientes, el riñón pierde eficacia en la realización de sus funciones, y los productos de excreción comienzan a acumularse por encima de los niveles tolerables.

Si la insuficiencia renal reduce el funcionamiento del sistema urinario a un 10% o menos, es necesario realizar un tratamiento que permita restaurarlo. Existen distintos tipos de tratamientos, uno de ellos es la hemodiálisis.

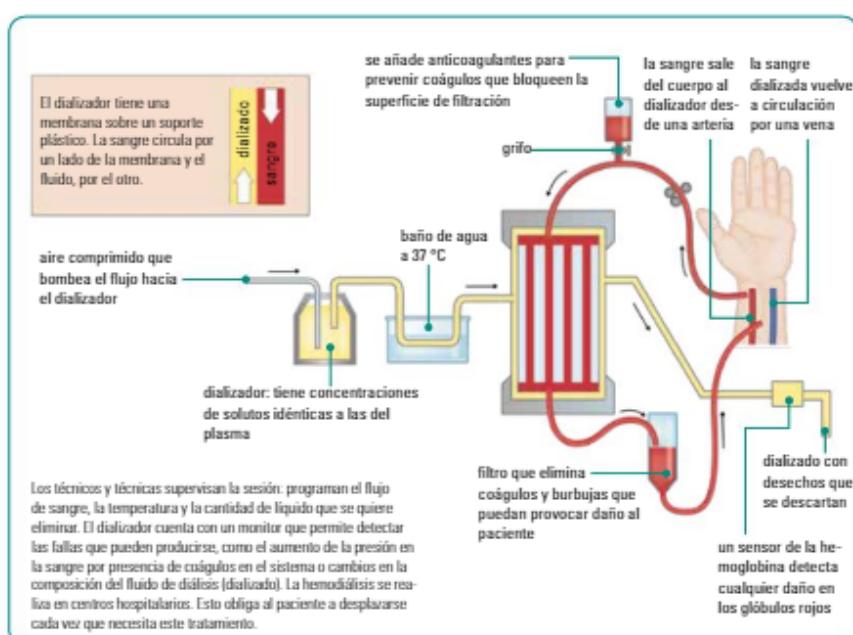
### La hemodiálisis

Debido a que los trasplantes de órganos resultan cada vez más eficaces, las técnicas de diálisis

se usan, en la mayoría de los casos, mientras los pacientes esperan la donación de un riñón para ser trasplantados.

En la hemodiálisis, se establece un circuito entre la sangre del paciente y un sistema por fuera del cuerpo. Este dispositivo contiene diferentes compartimentos separados por una membrana semipermeable, que permite el pasaje del exceso de agua y sales, y las sustancias de desecho del plasma a una solución llamada fluido de diálisis o dializado. La membrana semipermeable impide el paso de las células sanguíneas y de las proteínas desde la sangre hacia dicho fluido.

Las sustancias que están en la sangre a elevadas concentraciones y que no se encuentran en el fluido de diálisis, como la urea, se van eliminando progresivamente por difusión durante la sesión de hemodiálisis. Los iones, como el calcio, el potasio, el fósforo, el sodio, etcétera, se encuentran en concentraciones similares a ambos lados de la membrana de tal modo que, al finalizar el ciclo de diálisis, alcanzan los valores normales en la sangre.



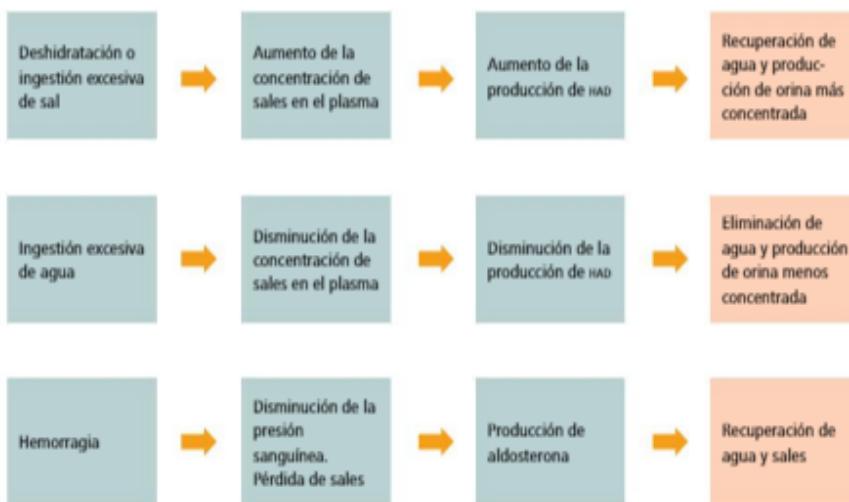
## La regulación del equilibrio hídrico

El equilibrio hídrico depende tanto de la cantidad de agua como de la concentración de sales en solución. El riñón de los mamíferos puede controlar ambos parámetros con la intervención del sistema nervioso y, también, del endocrino. En el caso de una alta concentración de sales en los fluidos corporales, ya sea por una baja ingestión de agua o por deshidratación, el riñón puede producir una orina con escasa cantidad de agua y alta concentración salina. Por el contrario, frente a una alta ingestión de agua y baja cantidad de sales, la orina producida tendrá una alta proporción de dicho líquido y una concentración de sales menor que la del plasma sanguíneo.

Una hormona que participa de esta regulación es la hormona antidiurética (HAD), que es producida en el hipotálamo y actúa sobre la permeabilidad de los conductos colectores renales. Cuando los receptores del hipotálamo detectan un aumento excesivo de sales en el plasma, el hipotálamo reacciona mediante dos mecanismos. Por un lado, desencadena la sensación de sed lo que impulsa a la ingestión de agua. Por otro lado,

provoca la liberación de HAD que es transportada por la sangre. Cuando llega a los túbulos y colectores renales, actúa sobre ellos aumentando su permeabilidad. De esta manera, se produce una mayor reabsorción de agua hacia el plasma y los líquidos corporales, y se disminuye la concentración de sales. Este proceso continúa hasta que se alcanzan los valores normales que funcionan como estímulo en el hipotálamo para que disminuya la producción y liberación de HAD. Si la concentración de sales disminuye por debajo de los valores normales, esto estimula al hipotálamo para que disminuya aún más la producción de HAD.

La concentración de la orina también está controlada por otra hormona, la aldosterona, que es producida por unas glándulas que se encuentran sobre el riñón, las glándulas suprarrenales. Frente a una baja de la presión sanguínea, por ejemplo, debida a una hemorragia, estas glándulas son estimuladas para producir aldosterona, que estimula la reabsorción de sodio y agua desde el interior de los túbulos renales hacia el plasma. De este modo, se restituye la composición del plasma y el volumen sanguíneo.



► Ejemplos de situaciones que desencadenan mecanismos de regulación del equilibrio hídrico.

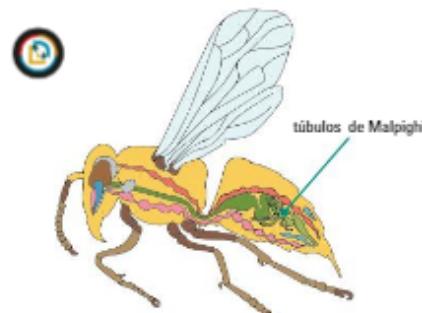
## Diversidad de sistemas excretores

La excreción y la regulación del medio interno de los animales están estrechamente ligadas a la disponibilidad y a las características del agua presente en el ambiente que habitan. De estas condiciones, dependerán tanto los mecanismos de regulación del medio interno como las características de la sustancia que se elimina.

En los humanos y en el resto de los mamíferos, el amoniaco resultante del metabolismo de las proteínas es transformado en urea, que es un producto menos tóxico. Sin embargo, muchos animales que habitan en un medio acuático y que no necesitan ahorrar agua, eliminan directamente amoniaco muy diluido, lo que disminuye su toxicidad. Por su parte, algunos animales terrestres que necesitan conservar más agua que los mamíferos, transforman el amoniaco en ácido úrico. Esta sustancia, además de tener menor toxicidad, es poco soluble en agua y es eliminada como una masa pastosa.

Producto eliminado	Grupo de animales	Habitat
Amoniaco	La mayoría de los peces, óseos, reptiles (cocodrilo), anfibios en su fase acuática (renacuajos).	Acuático
Urea	Mamíferos, anfibios adultos.	Aeroterrestre
Ácido úrico	Aves, insectos, caracoles terrestres, reptiles (tortuga).	Aeroterrestre

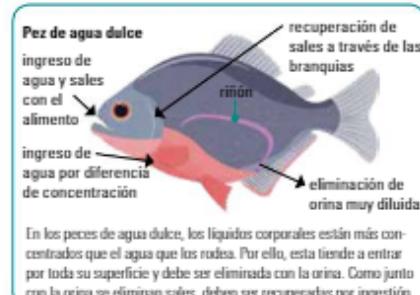
Todos los vertebrados poseen riñones, aunque los de los peces y anfibios son menos complejos que los restantes. En todos los casos, son estructuras asociadas a los vasos sanguíneos a través de los que se realizan los intercambios de agua y sales. En los animales invertebrados, como los insectos y los arácnidos, cuyo sistema circulatorio es abierto, la excreción está a cargo de unas estructuras denominadas túbulos de Malpighi, que llevan el nombre del microscopista que los descubrió.



► Los túbulos de Malpighi conectan la cavidad del cuerpo donde se encuentra la hemolinfa con el tubo digestivo, donde vierten los desechos. Estos son eliminados por el ano junto con las heces.

### El equilibrio hídrico en el ambiente acuático

En el ambiente acuático, la cantidad de agua disponible carece de importancia, pero si es importante la concentración salina, ya que debe mantenerse constante en el interior de los organismos.



En los peces de agua dulce, los líquidos corporales están más concentrados que el agua que los rodea. Por ello, esta tiende a entrar por toda su superficie y debe ser eliminada con la orina. Como junto con la orina se eliminan sales, deben ser recuperadas por ingestión.



En el caso de los peces de agua salada, la concentración de sales en el agua de mar es mucho mayor que la de los líquidos corporales, por lo tanto, el agua tiende a salir del organismo. Estos peces refrescan el agua que ingieren eliminando una orina muy concentrada. Además, a través de las branquias expulsan el exceso de las sales ingeridas.

## Propuesta de actividades

- Lean los siguientes datos recogidos en diferentes muestras de sangre. Luego, con la información aportada en este capítulo, identifiquen con el número correspondiente con cuál de las afecciones mencionadas más abajo podría corresponderse cada registro. Fundamenten su elección.

### Registro I

Componentes de la sangre	Resultado
Recuento de eritrocitos (por mm <sup>3</sup> )	5.800.000
Recuento de leucocitos (por mm <sup>3</sup> )	7.000
Plaquetas (por mm <sup>3</sup> )	280.000
Colesterol total (mg/dl)	360

### Registro II

Componentes de la sangre	Resultado
Recuento de eritrocitos (por mm <sup>3</sup> )	4.200.000
Recuento de leucocitos (por mm <sup>3</sup> )	8.100
Plaquetas (por mm <sup>3</sup> )	90.000
Colesterol total (mg/dl)	185

### Registro III

Componentes de la sangre	Resultado
Recuento de eritrocitos (por mm <sup>3</sup> )	5.200.000
Recuento de leucocitos (por mm <sup>3</sup> )	16.000
Plaquetas (por mm <sup>3</sup> )	320.000
Colesterol total (mg/dl)	170

### Afecciones posibles:

- Anemia
- Infección
- Cicatrización lenta

- ¿Cuál corresponde a una persona a la que se le debería indicar nuevos estudios para evaluar el riesgo coronario? Mencioná alguno de esos estudios.

- ¿Qué preguntas relativas a sus hábitos sería pertinente hacerle para completar el diagnóstico?

- Analicen el esquema y, luego, escriban un texto a modo de epígrafe que explique:

- Qué variables se representan en cada eje.
- Cuáles son las unidades en que se expresa cada variable para cada curva.
- El hecho de que la frecuencia cardíaca y la ventilación varían en forma directamente proporcional.
- A qué se debe el incremento en la temperatura corporal.
- Expliquen cómo se regula el ritmo cardíaco.



- La sensación de sed y la necesidad de orinar se deben a los estímulos que reciben ciertos receptores.

- Realicen un diagrama que represente la secuencia de sucesos que desencadenan la sensación de sed.

- Expliquen cómo se produce la sensación de necesidad de orinar. La vejiga ¿debe estar llena para que se produzca dicho estímulo?

- Realicen una pequeña red conceptual en la que incluyan algunos de los mecanismos que evitan la deshidratación y que mantienen el equilibrio hídrico.

- Imaginen a 4 naufragos en una pequeña isla en medio del mar que han perdido casi todo su equipo. Cada uno propone algo distinto cuando comienzan a sentir sed:

Náufrago A: no tomar ni beber nada hasta que lleguen a rescatarlos por temor a que el agua esté contaminada.

Náufrago B: tomar agua de mar.

Náufrago C: pescar e ingerir el agua contenida en los peces.

Náufrago D: encontrar una manera de destilar agua y tomar agua destilada.

Cada uno realizó su propuesta y, al cabo de 5 días, sucedió esto:

Náufrago A: orinaba apenas unas gotas y tenía fiebre alta.

Náufrago B: orinaba muy seguido y tenía mucha sed.

Náufrago C: orinaba con normalidad.

Náufrago D: orinaba permanentemente.

- Expliquen los resultados del comportamiento de cada uno de los náufragos teniendo en cuenta la relación entre el equilibrio hídrico y el papel de los riñones.

- ¿Cuál de ellos piensan que actuó más adecuadamente? ¿por qué?

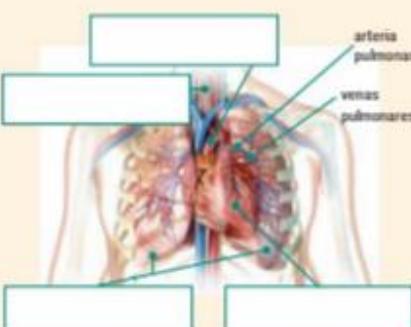
- Teniendo en cuenta las funciones que desempeña el agua en los seres vivos, expliquen cuál es la importancia de que en el cuerpo se mantenga constante la proporción de este líquido.

- Comparen los datos sobre la composición del plasma, el filtrado glomerular y la orina y, teniendo en cuenta lo estudiado sobre las funciones del riñón, respondan las preguntas.

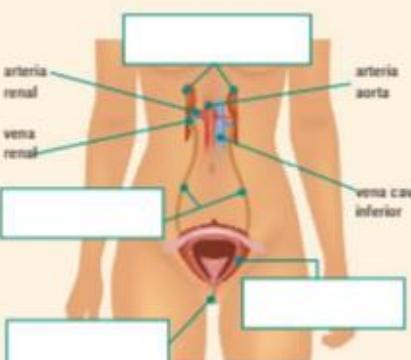
Componente	Plasma sanguíneo (g/dL)	Filtrado glomerular (g/dL)	Orina (g/dL)
Glucosa	1,0	1,0	0
Aminoácidos	0,3	0,3	0
Urea	0,25	0,25	20
Proteínas	70	0	0
Sales	6,65	6,65	10,5

- ¿Qué sustancias son filtradas en el riñón? ¿Cuáles son absorbidas?
- ¿Qué sustancias no pasan del plasma al riñón en condiciones normales?
- ¿A qué se debe la mayor concentración de urea y sales en la orina?
- ¿Cómo se relaciona la respuesta a la pregunta c. con las funciones del riñón?

- Observá los esquemas, que representan sub-sistemas dentro del organismo. En ambos, se grafican órganos y estructuras que corresponden a distintos sistemas.



© Ediciones Edebé S.A. - Prohibida su impresión o fotocopia. Ley 11.722



© Ediciones Edebé S.A. - Prohibida su impresión o fotocopia. Ley 11.722

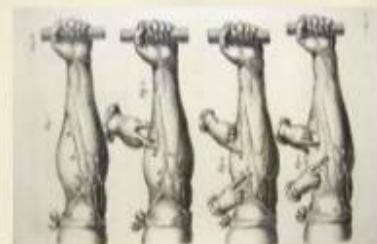
- ¿Qué sistemas están representados en el esquema A? ¿Y en el B?
- Completen los recuadros vacíos con el nombre de cada órgano.
- Elaborarán un cuadro para relacionar en ambos esquemas cada órgano con el sistema al que pertenece.
- ¿Qué función cumple cada uno de los sistemas en el organismo?

### William Harvey y la circulación

- Relean el recuadro de la página 67, referido a W. Harvey; luego, lean este texto y respondan las preguntas que se plantean a continuación.

Hasta el siglo xv y parte del xvi, en la medicina europea, seguían imperando las ideas del médico griego Galeno (129-200) sobre la circulación sanguínea. Este médico sostenia que la sangre se formaba en el hígado, donde las sustancias alimenticias, infiltradas por un "espíritu", se transformaban en sangre venosa (sanguinificación), que fluía por el sistema venoso hasta el ventrículo derecho del corazón. En ese lugar, se liberaba de sus "impurezas" para volver por las venas a los tejidos, donde se transformaba en "sustancia viva". Las impurezas serían eliminadas hacia el pulmón por la "vena arterial" y de allí serían exhaladas. Parte de la sangre pasaba a través de "poros invisibles" del tabique al ventrículo izquierdo, donde se mezclaba con el "pneuma exterior", que llegaba de los pulmones a través de la "arteria venosa" transformándola en "espíritu vital", que era distribuido a todo el cuerpo por las arterias. Pero en 1553, el médico y teólogo Miguel de Servet (1511-1553), que pensaba que la sangre era la portadora del alma, realizó un hallazgo importante para la teoría sobre la circulación: "(...) la sangre sutil, procedente del ventrículo derecho, es conducida por un largo conducto a través de los pulmones. Allí, en los pulmones, es preparada, transformada en sangre roja y clara y llega al lado izquierdo del corazón". Uno de sus experimentos consistió en abrir la "vena pulmonar" en un animal y así pudo comprobar que llevaba sangre y no "holines" como proponía Galeno. Por su parte,

William Harvey (1578-1657) revolucionó este campo de conocimiento al atacar directamente la teoría de la sanguinificación: "He venido haciendo múltiples disquisiciones acerca de cuánta podría ser la cantidad de sangre, al hacer algunos experimentos en animales vivos. He considerado repetida y seriamente el armonioso funcionamiento de las válvulas, de las fibras del corazón, y no podía admitir ni que la cantidad de sangre pudiera proceder del jugo de los alimentos ni tampoco que pudiera originarse de ellos en el breve tiempo en que es transmitida". Pero Harvey, aunque describió correctamente los circuitos sanguíneos, no pudo demostrar cómo pasaba la sangre de las arterias a las venas. El microscopio era un instrumento aún poco utilizado; recién en 1660, el italiano Marcello Malpighi (1628-1694) mientras estudiaba pulmones de anfibios, descubrió la presencia de finos tubos que constituyan una red que vinculaba ambos tipos de vasos.



▶ Experimentos realizados por William Harvey para comprobar el sentido del flujo sanguíneo venoso. Del libro *Exercitatio anatomica de motu cordis et sanguinis in animalibus*.

- En qué corriente de pensamiento (vitalista o mecanicista) se inscribe la teoría de Galeno? ¿Qué función les otorgaba a los pulmones?
- ¿Cuál es el hallazgo que aporta Servet a la teoría de la circulación sanguínea? ¿A cuál de los circuitos del sistema circulatorio se refiere?
- ¿Cuál es el aporte más importante que hace William Harvey? ¿Con qué limitación se encontró para demostrar su teoría?
- Representen en un esquema lo que observó Malpighi con su microscopio en los pulmones de una rana y el sentido de la circulación de la sangre en esos tubos.
- Representen mediante esquemas con los nombres correspondientes las cuatro descripciones sobre la circulación que surgen de la interpretación de los textos leídos.





## La alimentación humana



La alimentación es un factor determinante de la salud de las personas, y tanto una como otra están estrechamente ligadas a las condiciones de vida. La alimentación humana no está definida únicamente por parámetros biológicos, sino que refleja en gran medida la diversidad social y cultural. Por tanto, varía según los grupos sociales y las épocas. Aun así, es posible establecer acuerdos acerca de qué entendemos por dieta saludable.

### Alimentación y salud

La salud de una población depende, en gran medida, de la calidad de su alimentación.

Hasta entrado el siglo XX, se entendía la salud, simplemente, como la ausencia de enfermedad; es decir, se la consideraba un estado biológico de las personas en un momento determinado. Sin embargo, con el tiempo, esta idea se ha ido modificando hacia una concepción más dinámica que toma en cuenta las interrelaciones complejas que se establecen entre una persona (considerada integralmente como un ser físico, psicológico y social) y el ambiente, y los efectos que estas relaciones producen. A partir de la década de 1950, tanto la Organización Mundial de la Salud de las Naciones Unidas (OMS) como la Organización Panamericana de la Salud (OPS) comenzaron un proceso de revisión del concepto de salud en el que tomaron en cuenta dos aspectos centrales. En primer lugar, que las interacciones entre los individuos y el ambiente físico y social cambian y, por lo tanto, que la salud no es un estado, sino un proceso que implica un equilibrio dinámico entre salud y enfermedad. En segundo lugar, que no se puede establecer un parámetro universal

para caracterizar la salud, ya que las personas y sus contextos naturales y sociales son muy diferentes.

Por ello, actualmente, se entiende la salud como el máximo grado de desarrollo y de bienestar que una persona puede alcanzar según su contexto histórico, natural y social.



La calidad de vida incide en la salud de las personas. La alimentación, la vivienda, la ropa, el trabajo, las actividades recreativas que desarrollan y la posibilidad de expresar las propias ideas, así como la oportunidad de brindar y recibir afecto, son los principales factores que caracterizan la calidad de vida.

© Editorial Edebé S.A. - Prohibida su explotación. Ley 11.723

### Estado nutricional

El estado nutricional es la condición física que presenta una persona como resultado del balance entre sus necesidades y la ingesta de energía y nutrientes.



Fuente: <http://www.fao.org>

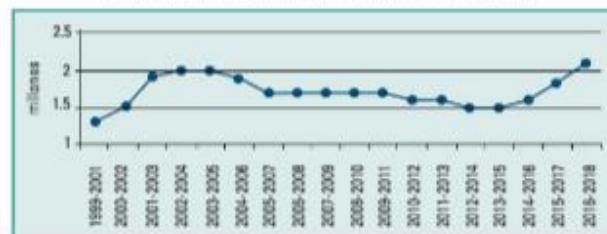
En 2014, la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, según su sigla en inglés) definió la malnutrición como "una condición fisiológica anormal causada por un consumo insuficiente, desequilibrado o excesivo de los macronutrientes que aportan energía alimentaria (hidratos de carbono, proteínas y grasas) y los micronutrientes (vitaminas y minerales) que son esenciales para el crecimiento y el desarrollo físico y cognitivo".

La malnutrición puede manifestarse como:

- subalimentación y desnutrición: cuando la ingesta de alimentos es insuficiente para satisfacer las necesidades de energía alimentaria, y

Cuando el ingreso de nutrientes y energía es acorde con las necesidades del organismo, el estado nutricional es óptimo; en caso contrario, hay malnutrición.

Número de personas subnutridas (millones) (promedio de 3 años)



▶ Gráfico que muestra la evolución de la subnutrición en la Argentina entre 1999 y 2018.

Fuente: <http://www.fao.org>





## Dieta saludable

Se considera que una dieta es saludable cuando es variada y equilibrada respecto de los tipos y proporciones de nutrientes que contiene, y suficiente en cuanto a las calorías que aporta. Además, debe estar libre de elementos tóxicos o microorganismos, ser atractiva, y social y culturalmente aceptable.



En un documento metodológico de 2016 del Ministerio de Salud de la Nación, destinado a la elaboración de Guías Alimentarias para la Población Argentina (Guas), se expresa: "El consumo de alimentos no saludables ocupa una buena porción de la dieta de los argentinos, situación que no es atribuible a una causa única vinculada a la falta de conocimientos de la población, sino fundamentalmente a aspectos vinculados con el entorno físico, dentro del cual la publicidad juega un rol fundamental en la determinación de los comportamientos alimentarios de la población".

En 2015, el Ministerio de Salud de la Nación Argentina, junto con especialistas de todo el país, actualizó el contenido de una gráfica destinada a difundir conocimientos referidos a una alimentación diaria saludable. Esta información estuvo orientada a generar comportamientos alimentarios y nutricionales más equilibrados y saludables por parte de la población.

## La energía de los alimentos

Todas las actividades que realizan las personas necesitan energía: las físicas, las intelectuales y las que permiten el funcionamiento equilibrado del organismo. Esta energía se obtiene de los alimentos. Cada tipo de alimento aporta una determinada cantidad de energía según los nutrientes que contenga. La unidad de medida más usada para cuantificar la energía es la caloría.

Para que un organismo se mantenga en un estado de equilibrio, la cantidad de energía aportada

por los alimentos debe ser igual a la que se gasta por unidad de tiempo.

Una caloría es la cantidad de energía necesaria para elevar la temperatura de 1 gramo de agua de 14,5 °C a 15,5 °C.

Debido a que la cantidad de energía que participa en el metabolismo suele ser bastante grande, se la expresa en kilocalorías (se abrevia kcal). Una kilocaloría es equivalente a mil calorías. Otra unidad que puede usarse es el joule (se abrevia J). Una kilocaloría es equivalente a 4.200 joules.

### ¿Cómo se mide la cantidad de energía de los alimentos?

Se utiliza un calorímetro de bomba. Es un recipiente cerrado en el que se coloca un alimento de peso conocido en contacto con oxígeno. Una chispa enciende el alimento para que se queme. El recipiente se encuentra sumergido en agua, cuya temperatura inicial también se registra. El aumento de la temperatura del agua después de la combustión se utiliza para calcular la cantidad de calorías que contiene.



### ¿Cómo se mide la energía consumida?

Se utiliza una técnica llamada calorimetría indirecta. Esta consiste en averiguar la cantidad de oxígeno que consume el cuerpo mediante un instrumento denominado espirómetro. Debido a que existe una relación directa entre el oxígeno consumido y la energía liberada durante la respiración celular, es posible calcular, por ejemplo, cuanta energía utiliza el organismo por día.



Los requerimientos energéticos son diferentes para las distintas personas. Estos están relacionados con la edad, el peso, el estado de salud, el sexo y el tipo de actividades que se realizan. Si bien la determinación del valor por día de estos requerimientos toma en cuenta distintas variables e implica cálculos complejos, se puede establecer de manera simplificada un promedio de estos valores.

### Promedio de requerimientos diarios de calorías según la edad, el sexo y el grado de actividad

Edad (años)	Sexo	Sedentario	Actividad moderada	Activo
6-7	Varón Mujer	1.900 1.700	1.900 1.700	1.900 1.700
11-12	Varón Mujer	2.240 1.980	2.240 1.980	2.240 1.980
18-30	Varón Mujer	2.450 1.900	3.150 2.200	3.500 2.500
Mayores de 50	Varón Mujer	2.000-2.200 1.600	2.200-2.400 1.800	2.400-2.800 2.000-2.200

## Aporte nutricional de los alimentos

Los alimentos aportan macromoléculas (hidratos de carbono, proteínas y lípidos), vitaminas y minerales. También proporcionan una cantidad

variable de agua. Cada uno de estos componentes cumple funciones diferentes en el organismo humano y participa de diversas maneras en su metabolismo.

Macronutrientes	Alimentos que las contienen en mayor proporción	Función en el organismo	Otras particularidades
Hidratos de carbono	La mayoría es de origen vegetal, salvo la lactosa, que es un azúcar presente en la leche. Los granos de cereales y sus derivados y algunas hortalizas, como la papa, la batata, el zapallo, aportan principalmente hidratos de carbono complejos. Las frutas y algunas verduras son ricas en azúcares, como la fructosa.	Son la principal fuente de energía inmediata del organismo. Cada gramo aporta 4 Kcal. La celulosa de los vegetales es un hidrato de carbono y compone las fibras que aportan los alimentos. Si bien estas no aportan nutrientes al cuerpo, su ingesta resulta beneficiosa, ya que, en su tránsito por el aparato digestivo, estimulan la secreción de jugos gástricos.	Proporcionan sensación de saciedad, que favorece la reducción de la ingesta de otros alimentos (importante en casos de obesidad). Si se consumen en exceso y se realiza escasa actividad física, son metabolizados en procesos de síntesis de lípidos y pueden provocar obesidad y aumentar los riesgos de enfermedades cardiosvasculares.
Proteínas	La mayoría es de origen animal, aunque algunas vegetales tienen también alto contenido proteíco. Los carnes, los lácteos y los huevos son alimentos ricos en proteínas. Entre los productos de origen vegetal, las legumbres son las de mayor contenido proteíco. La caseína de la leche contiene aminoácidos esenciales.	Aportan aminoácidos. Algunos son utilizados para sintetizar proteínas. Otros son degradados en productos que participan en la síntesis de otras sustancias. En situaciones particulares, pueden ser degradadas y utilizadas como fuente de energía. Aunque el aporte en calorías es similar al de los hidratos de carbono, debido al elevado gasto energético de las reacciones de degradación, su rendimiento es menor.	Algunos aminoácidos pueden ser sintetizados por el organismo a partir de otros nutrientes que no son proteínas. Son los llamados aminoácidos no esenciales. En cambio, los que no pueden ser sintetizados y deben estar necesariamente presentes en los alimentos se denominan aminoácidos esenciales. El exceso de proteínas puede acarrear problemas renales, debido a la mayor producción de ácido úrico derivado del metabolismo proteico.
Lípidos	Presentes tanto en animales como en vegetales. Los lípidos que están en estado sólido a temperatura ambiente se denominan grasas (o grasas saturadas) y son características de los alimentos de origen animal (excepto el pescado), mientras que algunas semillas, como las de girasol o maní, al igual que la carne de pescado, son ricas en aceites (o grasas insaturadas), que son lípidos en estado líquido. La mantequilla y la crema son los derivados de la leche que más grasas contienen. Las carnes rojas poseen mayor proporción de grasas que las blancas.	Posen un alto contenido energético. Cada gramo aporta 9 Kcal al organismo. La mayor parte pasa a componer el tejido adiposo y constituyen la principal reserva de energía del cuerpo. Este tejido forma una capa subcutánea que cumple otras funciones: ayuda a mantener la posición de los órganos; los protege, porque ejerce una acción amortiguadora en caso de traumatismos; conserva el calor del cuerpo y contribuye así a mantener constante su temperatura. Además, cumplen un rol importante al formar parte de algunas hormonas.	El colesterol es un lípido indispensable para el organismo, ya que es constitutivo de las membranas celulares. Sin embargo, su ingesta en exceso puede causar obesidad y aumentar el riesgo de enfermedades coronarias. Aunque solo los tejidos animales contienen colesterol, este compuesto puede ser sintetizado en el organismo a partir de los productos de degradación de otros lípidos, como los aceites de origen vegetal.

© Editorial Gedisa S.A. - Impresión en fotonivel 160 g/m<sup>2</sup>© Editorial Gedisa S.A. - Impresión en fotonivel 160 g/m<sup>2</sup>

## Los lípidos y la salud

Dentro de los lípidos que se consumen, las grasas saturadas son más nocivas que las insaturadas, ya que se relacionan con un aumento de colesterol LDL en sangre. En cambio, el consumo de aceites o grasas insaturadas, reduce el colesterol LDL y aumenta el colesterol HDL en sangre. Dentro de las grasas insaturadas, se distinguen dos grupos.

Grasas monoinsaturadas: se encuentran, por ejemplo, en el aceite de oliva, palta y algunos frutos secos. Estas grasas incrementan el HDL.

Grasas poliinsaturadas: como el Omega 6 y el Omega 3, presentes en semillas, frutos secos y en el pescado. Estas grasas disminuyen los niveles de colesterol y triglicéridos en la sangre.

Otros lípidos, cuya presencia en la dieta es nociva para la salud, son las llamadas grasas trans, presentes en una variedad de productos manufacturados. Estas no solo aumentan el colesterol LDL, sino que disminuyen el HDL. Por eso, la Organización Panamericana de la Salud (OPS) recomienda a los países no elaborar alimentos con productos que posean este tipo de lípidos.

## Vitaminas y minerales

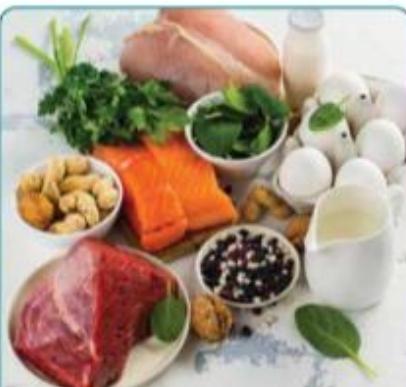
Las vitaminas y los minerales, también conocidos como micronutrientes, tienen un profundo impacto sobre la salud. Aunque solo se necesitan en cantidades infimas, los micronutrientes son los elementos esenciales para el buen funcionamiento del organismo.

Vitamina	Alimentos que la contienen	Funciones
A	Pescado, leche, mantequilla, huevos, espárrago, zanahoria.	Interviene en el crecimiento y en la visión.
B1	Cerdo, hígado, cereales, verduras.	Favorece el funcionamiento del sistema nervioso y muscular.
B2	Hígado, riñón, leche, queso, huevos, verduras.	Interviene en la respiración celular.
B12	Productos animales únicamente, en especial, el hígado.	Contribuye en la producción de glóbulos rojos. Es esencial para el sistema nervioso.
C	Verduras, frutas frescas y crudas, especialmente, cítricos.	Interviene en los mecanismos de defensa. Es esencial para la citotización y la reparación y mantenimiento de cartílago, huesos y dientes.

Vitamina	Alimentos que la contienen	Funciones
D	Pescados, mantequilla, huevos. La radiación solar que imparte en la piel estimula su producción.	Interviene en la formación de los huesos.
K	Verduras de hoja ancha.	Indispensable para la coagulación de la sangre.

Solo algunas vitaminas, como la biotina (del grupo B) y la vitamina K, pueden ser fabricadas en el organismo humano y no es indispensable ingerirlas con los alimentos. Este proceso es llevado a cabo por microorganismos que viven en el intestino grueso en una relación simbiótica con nuestra especie y constituyen la flora intestinal. El uso de antibióticos puede afectar la flora intestinal; por ello, es muy importante utilizarlos bajo supervisión médica.

Los minerales que aportan los alimentos cumplen diversas funciones en el organismo: forman parte de las moléculas de sustancias esenciales para el metabolismo; regulan la acidez del medio interno y la actividad de muchas enzimas; participan en la transmisión del impulso nervioso; facilitan el transporte de compuestos esenciales a través de las membranas; regulan el contenido de agua en el interior de las células.

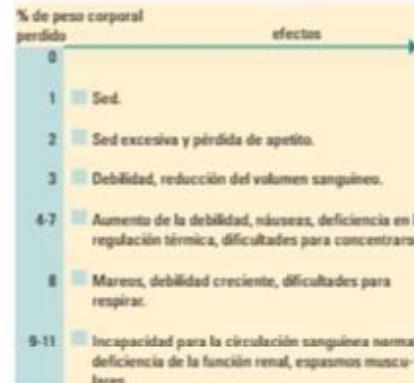


Alimentos ricos en minerales. La leche provee calcio, fósforo, magnesio, sodio, cloro, potasio, azufre y zinc. Las legumbres aportan fósforo, magnesio, potasio, azufre, hierro, cloro, calcio y manganeso. La carne bovina aporta fósforo, hierro, magnesio, sodio, cloro y azufre, el pescado y los mariscos contienen calcio, fósforo, sodio, azufre y zinc; las aves poseen principalmente fósforo, azufre, calcio y cobalto.



## El agua en la dieta

El agua es un componente esencial del organismo. El 70% del peso corporal se debe al agua. Es un constituyente fundamental de las células (es el medio donde ocurren diversas reacciones químicas del metabolismo celular); es también, un componente constitutivo de la sangre y es fundamental para la regulación de la temperatura corporal. Además, participa en la eliminación de toxinas a través del sudor y de la orina. Habitualmente, el organismo humano pierde alrededor de dos litros de agua diarios por sudoración, orina, respiración y defecaciones. Cuando se pierde más agua de la que se ingiere, se produce un desequilibrio hidrático que, en casos extremos, puede llevar a la muerte. Por eso, es necesario recuperar diariamente el agua perdida ingiriendo bebidas o alimentos vegetales.



► Una persona adulta puede vivir varias semanas sin comer, pero solo resiste como máximo 10 días sin agua. Los trastornos de la deshidratación se manifiestan a las pocas horas y se agravan a medida que aumenta el porcentaje del peso corporal perdido.

Alimentos (ordenados de mayor a menor según proporción de agua)	Porcentaje de agua que contiene
Lechuga, apio, sandía, remolacha, leche, zanahoria, naranja, manzana, kiwi.	Entre 82% y 96%
Pescado horneado, papa hervida, huevo, banana madura, pollo horneado, carne magra de vaca.	Entre 60% y 78%
Mantequilla, almendra, galletas saladas, azúcar blanca, aceites.	Entre 0% y 37%

► Los alimentos de origen vegetal tienen un mayor contenido de agua que los provenientes de los animales.

## EL ACCESO AL AGUA

Durante mucho tiempo, el agua fue considerada un recurso inagotable. En la actualidad, es cada vez más escasa y, por lo tanto, costosa. El continuo agotamiento de los pozos y manantiales, la contaminación y el uso indiscriminado reducen cada vez más su disponibilidad. Se denominan fuentes de agua potable "mejoradas" a las que por su construcción están apropiadamente protegidas de la contaminación exterior; en particular, de la materia fecal. Según datos de 2015 (Unicef), cerca de 663 millones de personas carecen de acceso a ellas. Al presente, para identificar la calidad del agua se utiliza otro concepto, el de agua segura. Este parámetro toma en cuenta no solo su calidad física y química, sino también, su accesibilidad. Según este parámetro, las fuentes deben estar ubicadas en el lugar de uso y disponibles cuando se las necesita. En el mundo, 2.100 millones de personas no acceden a este tipo de fuente. Esta situación, entre otros inconvenientes, favorece la transmisión de enfermedades provocadas por agentes patógenos que se desarrollan en el agua o por sustancias tóxicas presentes en ella.

## Rotulado de los alimentos envasados

Para ejercer el derecho a acceder a suficientes alimentos inocuos y nutritivos, las personas disponen de la información nutricional que por ley debe estar presente en los envases.

Desde 2006, la Argentina cuenta con una normativa de la Administración Nacional de Medicamentos, Alimentos y Tecnología Médica (ANMAT) según la cual los rótulos de los alimentos deberán contener obligatoriamente la siguiente información: denominación de venta del alimento; lista de ingredientes; aditivos alimentarios; contenidos netos (la cantidad de alimento que hay en el envase);

1. La información nutricional estará expresada por porción, se debe indicar la cantidad en gramos o ml y su equivalencia en unidades o en una medida casera.

2. Es la energía que aporta el alimento por porción.

INFORMACIÓN NUTRICIONAL (\*\*)  
(Porción 30 g (6 galletitas))

Cantidad por porción

%VD (\*)

3. Nutrientes que deben ser declarados de forma obligatoria.

	Cantidad por porción	%VD (*)
Valor energético	121 kcal – 508 kJ	6
Carbohidratos	19 g	6
Proteínas	3,2 g	4
Grasas totales	3,8 g	7
Grasas saturadas	0,3 g	1
Grasas trans	0,0 g	—
Fibra alimentaria	1,6 g	6
Sodio	228 mg	10

(\*\*) Valores diarios con base en una dieta de 2000 Kcal u 8400 KJ. Los valores diarios pueden ser mayores o menores según las necesidades energéticas.

Para mantener un peso saludable, se debe evitar pasar el 100% del VD.

Se debe

disminuir su

consumo.

VALORES DIARIOS DE REFERENCIA DE NUTRIENTES (VD) DE DECLARACIÓN OBLIGATORIA (\*\*)

Valor energético	2000 kcal – 8400 kJ
Carbohidratos	300 gramos
Proteínas	75 gramos
Grasas totales	55 gramos
Grasas saturadas	22 gramos
Grasas trans	Queda excluida la declaración del VD
Fibra alimentaria	25 gramos
Sodio	2400 miligramos

(\*\*) Fuente: ANMAT (Administración Nacional de Medicamentos, Alimentos y Tecnología Médica).

identificación del origen, fecha de duración o fecha de vencimiento e información nutricional.

Un aditivo alimentario es cualquier ingrediente agregado a los alimentos intencionalmente, sin el propósito de nutrir y con el objeto de modificar sus características. Ej: espesantes, conservantes, colorantes.

## La información nutricional

La información nutricional de los envases permite conocer las características nutricionales de cada alimento, lo que es indispensable para programar una dieta más sana y equilibrada.

4. El Valor Diario es la ingesta diaria recomendada de un nutriente para mantener una alimentación saludable.

El % del Valor Diario es el porcentaje de la ingesta diaria recomendada de un nutriente que se cubre con una porción del alimento.

5. Las necesidades nutricionales pueden variar según la edad, el peso, el momento de la vida (por ejemplo, embarazo, lactancia), la actividad física y el estado de salud de cada persona.

## ALIMENTOS DIETÉTICOS Y LIGHT

Para el Código Alimentario Argentino (CAA), un alimento es dietético cuando su composición ha sido modificada con el fin de satisfacer necesidades particulares de nutrición y alimentación de determinados grupos poblacionales. Son los alimentos libres de gluten, fortificados, suplementos dietarios y alimentos modificados en su nivel de glucidos, lípidos, minerales o en su valor energético.

Un alimento puede ser considerado light solo si: (1) cumple con el atributo "bajo" especificado en la norma; o (2) ha sido reducido en un mínimo del 25% en el contenido energético o en el nutriente declarado respecto del alimento original. El carácter de light puede aplicarse al valor energético o a determinados nutrientes. La norma exige que, en la proximidad del término, se especifique el nutriente o el valor energético al que hace alusión. El hecho de que un alimento sea light no significa necesariamente que sea reducido en calorías, ya que puede ser reducido en grasas, pero no en sodio.

## Variaciones en los requerimientos nutricionales

Los requerimientos nutricionales varían en función de varios factores. Por ejemplo, la infancia y la adolescencia se caracterizan por ser un período de intenso crecimiento. Por eso, en estas etapas, cobra gran importancia la cantidad y el tipo de aminoácidos que aportan las proteínas de los diferentes alimentos, ya que estos son indispensables para la síntesis de las proteínas del organismo, constituyentes fundamentales de todos los tejidos.

### La nutrición en la adolescencia

La adolescencia es un período de cambios rápidos y marcados, acompañados de un aumento de las masas ósea y muscular, principalmente en los varones, y de la proporción de grasa corporal, mayor en las mujeres. Los requerimientos nutricionales son muy elevados: los minerales de especial importancia para el desarrollo en la adolescencia son el calcio, el hierro y el cinc. Se recomienda mantener las raciones de una dieta sana y equilibrada para una persona adulta, en la que, al menos, el 50% de la energía total de la dieta provenga de hidratos de carbono, aproximadamente, un 20% de las proteínas y un 30% de los lípidos. Es importante asegurar que una buena parte de la alimentación sea de origen vegetal.



► La mayor independencia durante las actividades sociales puede traer como consecuencia cambios en los horarios y en la calidad de la alimentación.

### La nutrición durante el embarazo

Durante el embarazo, la demanda de nutrientes es mayor que la normal debido a que el organismo de la persona gestante debe aportar materiales y energía para sostener los procesos

adicionales propios del embarazo, y el metabolismo y el crecimiento del feto. Algunos de los cambios corporales durante el período de gestación son aumento del volumen de sangre en un 50%, mayor requerimiento de oxígeno, cambios en la producción de determinadas hormonas y aumento de la eliminación de desechos celulares. Los requerimientos diarios de energía durante el tercer trimestre superan en 600 kcal a los normales. Los requerimientos de proteínas son mayores debido a que estas aportan materiales para sintetizar los tejidos maternos y fetales. También, suelen agregarse a la dieta habitual ciertas vitaminas, como la C, la D y la E, y minerales, como el calcio y el hierro, ya que, de acuerdo con numerosas investigaciones, el organismo los utiliza en mayor proporción y su deficiencia puede causar alteraciones en el desarrollo del feto. En particular, según estudios realizados, la vitamina B<sub>9</sub> o el ácido fólico, suministrados, en lo posible, 3 meses antes del embarazo y durante los primeros 3 meses de gestación, previenen malformaciones en el sistema nervioso del embrión.

### La nutrición en la tercera edad

En la tercera edad, los procesos catabólicos ocurren a mayor velocidad que los anabólicos y, como consecuencia, se reduce la masa muscular y se producen alteraciones en el funcionamiento de los órganos. Las actividad física y la actividad metabólica se reducen y, con ellas, los requerimientos de energía. Por lo tanto, la dieta debe ser reducida en nutrientes de alto contenido energético, principalmente los lípidos, y debe ser rica en proteínas, ciertas vitaminas y algunos minerales para compensar la pérdida de estructuras y reducir los desequilibrios que resultan de las deficiencias funcionales.



► Una buena nutrición en el transcurso de toda la vida es uno de los factores que determinan la salud del organismo.

## Enfermedades transmitidas por el agua y por los alimentos

Las enfermedades transmitidas por el agua, enfermedades hídricas, son una de las principales causas de muerte, en particular, en los países menos desarrollados. Esto se debe tanto a la falta de acceso al agua segura como a las deficiencias o fallas en la gestión y distribución de los recursos hídricos, que provocan su contaminación. La contaminación del agua puede ser química o biológica.

La contaminación química es generada por la actividad humana, como por ejemplo, la presencia de altas concentraciones de nitratos provenientes de los fertilizantes utilizados en la agricultura. Estas sales se transforman en el organismo en nitratos que se unen a la hemoglobina y la modifican, y así dan lugar a la metahemoglobina, que no puede unirse al oxígeno. Otras sustancias que se encuentran naturalmente en el agua, como el arsénico y el flúor, pueden afectar la salud de la población si se hallan en una concentración superior a los límites aceptables. Otros contaminantes son los plaguicidas y otras sustancias orgánicas producidas por la actividad industrial.

Las enfermedades causadas por la contaminación biológica son transmitidas por microorganismos. Algunas son la fiebre tifoidea, la gastroenteritis, la diarrea infantil, la hepatitis infecciosa y el cólera, que se transmiten al beber o lavar alimentos y utensilios con agua contaminada.

La diarrea, que provoca deshidratación y en algunos casos puede ser mortal, se encuentra en el mundo en el tercer lugar entre las principales causas de muerte de niños menores de cinco años. Provoca, a nivel mundial, 1,8 millones de víctimas mortales al año, de las cuales 525.000 corresponden a niños de dicha franja etaria. Las consecuencias de las enfermedades hídricas causadas por microorganismos son mucho más elevadas en regiones subdesarrolladas o en vías de desarrollo. En particular, en nuestro país, la diarrea no resulta una causa de mortalidad infantil en la población de clase media, mientras que, con frecuencia, si lo es en la población en situación de pobreza.

Las enfermedades transmitidas por alimentos (ETA) son aquellas en las que el alimento actúa como vehículo de transmisión de microorganismos patógenos o de sustancias tóxicas.

En algunos casos, como el síndrome urémico hemolítico (SUH), la enfermedad se produce porque los alimentos ingeridos contienen bacterias vivas que causan la afección. El SUH es causado por una variedad de la bacteria *Escherichia coli*, que provoca insuficiencia renal, anemia, deficiencia plaquetaria y alteraciones neurológicas. Las fuentes de contagio principales son la carne vacuna mal cocida, la leche no pasteurizada y sus productos derivados y el agua contaminada. Además, la falta de medidas de higiene al preparar los alimentos puede favorecer la contaminación con estas y otras bacterias que causan enfermedades.

En otros casos, los alimentos contienen toxinas producidas por bacterias. El botulismo, por ejemplo, es una enfermedad causada por la toxina que produce la bacteria *Clostridium botulinum*. Estas bacterias viven exclusivamente en ambientes sin oxígeno y, por eso, pueden desarrollarse en el interior de latas y frascos que no han sido correctamente tratados.



### CUIDA A TU HIJO DEL SÍNDROME URÉMICO HEMOLÍTICO (SUH)



► El agente causante del síndrome urémico hemolítico es la bacteria *Escherichia coli*, que puede estar presente en la carne mal cocida.

► El síndrome urémico hemolítico ya es una enfermedad endémica en la Argentina. Se registran unos 500 casos por año. Los más afectados son los niños menores de 10 años.



## Alimentación, sociedad y cultura

Todos los habitantes del planeta tienen derecho a una alimentación digna. El artículo 25 de la Declaración Universal de los Derechos Humanos de 1948 expresa: "Toda persona tiene derecho a un nivel de vida adecuado que le asegure, así como a su familia, la salud y el bienestar y, en especial, la alimentación, el vestido, la vivienda, la asistencia médica y los servicios sociales necesarios".

### La distribución de los alimentos en el mundo

Aunque la producción mundial de alimentos se considera suficiente para garantizar el ejercicio de este derecho, cientos de millones de personas se encuentran en estado de desnutrición por no tener acceso a una alimentación mínima indispensable.

Las posibilidades de producción de alimentos en las diferentes regiones del mundo no son equivalentes. Algunas no cuentan con las condiciones de clima y suelo apropiadas. Tampoco el agua se encuentra distribuida homogéneamente en todo el planeta, y quienes habitan regiones áridas no cuentan con la cantidad mínima para su consumo. Allí, además, se dificulta el desarrollo de la agricultura y la ganadería. Sin embargo, muchos habitantes de las regiones cuyas condiciones son óptimas para el cultivo sufren hambre y, al mismo tiempo, gran parte de las personas mejor alimentadas del planeta viven en países que no cuentan con tierras suficientes para producir sus alimentos. El problema, entonces, no radica en la producción, sino principalmente en la distribución de los alimentos que se producen. Y esta es una situación que se da entre distintas regiones como en el interior de cada nación.

### ACTIVIDADES

- En los últimos años, se ha difundido una postura ética que ressignifica las relaciones entre los humanos y otros animales: el veganismo. Se basa en el reconocimiento de los derechos de los animales y se expresa en la práctica de un consumo responsable que abarca diversos ámbitos, entre ellos, la alimentación.
  - Investiguen en qué se basa el veganismo.
  - Averigüen qué ventajas y desventajas trae la alimentación vegana para la salud.



En las sociedades actuales, existe una marcada diferencia entre distintos grupos sociales en cuanto a la calidad de vida y, en consecuencia, a las oportunidades que tienen para acceder a una alimentación sana. Hoy en día, con los recursos tecnológicos existentes, satisfacer los requerimientos nutricionales de la población mundial depende, sobre todo, de las políticas de distribución de la riqueza.

### DERECHO A LA ALIMENTACIÓN

Según Olivier de Schutter, relator especial del Comité de Derechos Económicos, Sociales y Culturales, del Consejo Económico y Social de las Naciones Unidas (periodo 2008-2014), el derecho a la alimentación es "El derecho a tener acceso de manera regular, permanente y libre, sea directamente, sea mediante compra por dinero, a una alimentación cuantitativa y cualitativamente adecuada y suficiente, que corresponda a las tradiciones culturales de la población a la que pertenece el consumidor y garantice una vida psíquica y física, individual y colectiva, libre de angustias, satisfactoria y digna".

El derecho a la alimentación no refiere solo a proveer a las personas de una mínima ración de calorías, proteínas y otros nutrientes específicos, implica, además, que los alimentos deben estar disponibles y accesibles tanto física como económicamente. También, deben ser adecuados no solo por su capacidad de satisfacer las necesidades alimentarias según los requerimientos de cada grupo humano, sino también, por ser esta culturalmente aceptada.



- La ayuda humanitaria debe cuidar la presencia de alimentos que sean fábio para los "beneficiarios" desde un punto de vista religioso o cultural o que sea incompatible con sus hábitos alimentarios.

© Editorial Brinford S.A. - Prohibida su explotación. Ley 17.323

## La alimentación como rasgo sociocultural

La alimentación humana, lo que constituye la "comida" de las personas, excede la necesidad biológica. Las costumbres asociadas con el acto de comer y hasta los gustos son parte sustancial de la cultura de cada grupo social y forman parte de su identidad. Por eso, a diferencia de lo que ocurre con otros animales, para los humanos, comer no es solo una actividad natural, sino fundamentalmente un acto social.

En los diferentes grupos humanos, existen pautas particulares relativas a la comida: lo que se considera comestible o no, la forma de combinar los alimentos, los horarios de las comidas, los productos que se utilizan según las estaciones del año, lo que se come en días festivos o conmemorativos, etcétera. Todas estas dimensiones están ligadas a las tradiciones de las comunidades en las que se desarrollan y son transmitidas de generación en generación. Por eso, ciertos alimentos pueden ser considerados comestibles en ciertas culturas y en otras, no.



En muchas regiones de América, África y Asia, muchos insectos forman parte de la dieta cotidiana de las comunidades locales. Sin embargo, en zonas urbanas de esas mismas regiones o en otras culturas occidentales, son considerados "incomibles". En México, se han contabilizado 504 especies de insectos que se consumen como alimento, como chinches, pulgas, libélulas, escarabajos, hormigas, abejas y saltamontes.

Comer es, además, un modo de relacionarse con otros, de compartir momentos. Por eso, la comida adquiere también un valor subjetivo y afectivo: se estrechan vínculos, se homenajea a alguien, se expresa amistad, amor, hospitalidad. Durante el acto de comer, ya sea en familia o en comunidad, se transmiten pautas culturales que vinculan a las personas con los hábitos alimentarios de una manera emocional. Esta es una de las razones por las que, muchas veces, resulta

difícil modificar hábitos alimentarios cuando se hace obligatorio por cuestiones de salud. En esas circunstancias, las personas suelen resistirse a romper las costumbres que las ligan a sus grupos de pertenencia; especialmente, cuando el grupo no colabora y presiona en sentido contrario. En muchas ocasiones, quienes deben realizar dietas especiales, forman nuevos lazos y crean grupos en los que se comparte la misma necesidad (grupos de obesos, celiacos, diabéticos) y se sostienen y apoyan en los nuevos hábitos de alimentación.

### VEINTE USOS QUE SE LES DA A LOS ALIMENTOS

Muchos de los usos que se les da a los alimentos tienen que ver con las maneras de relacionarse de las personas, en grupos o en instituciones. En un libro sobre nutrición comunitaria y comida individual<sup>8</sup>, un grupo de autores estadounidenses reconoce los siguientes usos:

1. Satisfacer el hambre y nutrir el cuerpo.
2. Iniciar y mantener relaciones personales y de negocios.
3. Demostrar la naturaleza y extensión de las relaciones sociales y afectivas.
4. Proporcionar una ocasión para actividades comunitarias.
5. Expressar amor y cariño.
6. Señalar la individualidad de una persona.
7. Proclamar la diferencia de un grupo (por ejemplo, una minoría) dentro de otro mayor.
8. Demostrar la pertenencia a un grupo.
9. Hacer frente al estrés psicológico o emocional.
10. Señalar el estatus o la posición social.
11. Proveer recompensas y castigos.
12. Relatar la autoestima y ganar reconocimiento.
13. Manifestar y ejercer poder político y económico.
14. Prevenir y tratar enfermedades mentales.
15. Prevenir y tratar enfermedades físicas.
16. Señalar experiencias emocionales.
17. Expressar piedad o devoción.
18. Proporcionar seguridad.
19. Expressar sentimientos morales.
20. Señalar riqueza.

<sup>8</sup> Basu, M. A., Wakefield L. M. y Kolesar, K. M. *Community Nutrition and Individual Food*. Minneapolis: Burgess Pub. Co.

### ACTIVIDADES

- La mayor parte de los usos de los alimentos nombrados en el recuadro persiguen diferentes finalidades. ¿Cuántos de los veinte usos mencionados tienen que ver con aspectos estrechamente nutricionales?



## Cultura alimentaria, permanencias y cambios

La selección de los alimentos de la dieta está condicionada por ciertas características que percibimos a través de los sentidos (el sabor, el olor, el aspecto, la textura). Aunque todos los seres humanos comparten rasgos morfológicos y fisiológicos que determinan en cierta medida la percepción del gusto y del olfato, existen diferencias notables en el modo en que cada individuo percibe los sabores de los alimentos. Los neurobiólogos, los antropólogos y otros especialistas que se dedican a investigar distintos aspectos de la alimentación humana sostienen que esta diversidad no solo está dada por factores biológicos, sino también por aspectos socioculturales.

Así, lo que percibe cada persona está dado, en parte, por la cantidad y distribución de los receptores sensoriales y, al mismo tiempo, está condicionado por lo que ha aprendido desde su primera infancia acerca de qué elegir, qué preferir, qué rechazar, nociones que se transmiten de generación en generación en cada contexto social y cultural.



La tolerancia y preferencia por los distintos niveles de gustos dulces, ácidos y picantes, por ejemplo, varían en las diferentes culturas. Los habitantes de países sudamericanos, como Bolivia y Perú, y también norteamericanos, como México, tienen una alta tolerancia al sabor muy picante de algunos ajíes. Estos frutos contienen una sustancia que genera abundante sudoración y, por lo tanto, un efecto refrescante frente al calor intenso de estas regiones. Esto podría explicar la preferencia por estos pimentones, transmitida de generación en generación.

Sin embargo, las sociedades y las culturas cambian a lo largo del tiempo, y con ellas, los hábitos alimentarios. Las transformaciones en la economía de los países, en la ciencia y la tecnología, así como el proceso de globalización, han provocado cambios culturales importantes, incluidas las costumbres de alimentación. En la Argentina, la carne de vaca siempre ha sido el principal componente de las comidas. Durante la época colonial, las vísceras de las vacas eran descartadas y servían como alimento para los perros. Sin embargo, actualmente, es inconcebible una "parrillada" que no incluya chinchulines (intestino delgado), mollejas (timo) o riñones. Esta "nueva" costumbre se originó hacia fines de 1800, cuando la exportación de carne vacuna congelada hacia Europa encareció su precio local. Otro ejemplo más actual, relacionado con la globalización, es el consumo de pescado crudo que comenzó a hacerse una costumbre en ciertos grupos sociales en la década de 1990 cuando se pusieron de moda los restaurantes de comidas exóticas, como el sushi. Por otra parte, el desarrollo de la industria alimentaria, con sus sistemas de conservación, enlatado, deshidratado, etcétera, y los mecanismos de comercialización cada vez más desarrollados, ha provocado una cierta "universalización" de los alimentos, de manera que ciertos comestibles pueden ser encontrados en las góndolas de los supermercados de cualquier país del mundo.

### ¿LA SOJA REEMPLAZA LA CARNE?

En épocas de crisis económicas y alimentarias, como la vivida en la Argentina en 2001 y 2002, se promovió el consumo de soja y sus derivados, especialmente, en las escuelas y comedores comunitarios. Se suponía que este vegetal era más nutritivo que la carne y la leche y que contaba con la ventaja de no contener colesterol. Sin embargo, según estudios realizados en los últimos años, el contenido proteico de la soja no reemplaza al de la carne, es deficitaria en nutrientes, por ejemplo, en calcio, y tiene un alto contenido de compuestos que interfieren en la absorción del magnesio, el calcio, el hierro y el cinc.

Los niños y niñas son especialmente sensibles al déficit de calcio y de hierro, es por eso que la alimentación a base de soja está contraindicada para menores de 2 años, y no recomendada para menores de 5. Tampoco es recomendable su consumo como alimento principal para mujeres embarazadas.

© Editorial Ercina S.A. - Prohibida su fotocopia. Ley 11.723

## Imagen corporal y alimentación en la adolescencia

Durante la adolescencia, junto a los cambios propios del desarrollo corporal, se producen profundas transformaciones psicológicas y emocionales. Estos cambios suelen causar incomodidad respecto del propio cuerpo y, en algunos casos, insatisfacción frente a la propia imagen. Por otra parte, las sociedades tienden a considerar como ideal una determinada imagen corporal, que varía de acuerdo con la época y las características culturales. Desde hace varios decenios, en especial en el mundo occidental, la delgadez de la figura femenina es socialmente sobrevalorada, mientras que, en los varones, se tiende a resaltar el desarrollo de la musculatura. Principalmente, a través de los medios de comunicación y de las imposiciones de la moda, se propicia y naturaliza un determinado modelo de cuerpo. Esta situación suele generar actitudes discriminatorias hacia quienes no responden a ese modelo. Las personas obesas, por ejemplo, suelen ser discriminadas cuando buscan empleo, al intentar insertarse en grupos sociales, etcétera.

El deseo de alcanzar las proporciones consideradas óptimas por la sociedad incrementa la insatisfacción respecto de la imagen que los y las adolescentes perciben de su propio cuerpo. En muchos casos, las conductas relacionadas con la necesidad de modificar el peso y la forma del cuerpo provocan graves trastornos alimentarios. Los más comunes son la anorexia nerviosa, la bulimia y la obesidad.

Las personas anoréxicas tienen una imagen de sí mismas totalmente distorsionada. Se ven siempre con sobrepeso, y esto las lleva a reducir o rechazar la ingestión de alimentos y a incrementar la actividad física. En algunos casos, se provocan el vómito o consumen diuréticos y laxantes. La anorexia suele provocar alteraciones en el desarrollo y la pérdida de entre el 25% y el 35% del peso corporal.

La bulimia se caracteriza por la autorrestricción en la alimentación hasta un punto en el que la necesidad de comer es incontenible. Las personas

bulímicas mantienen su peso cerca del valor normal, pero atraviesan momentos de ayuno alternados con otros en los que comen vorazmente. Esta voracidad les provoca culpa y temor a engordar y, para evitarlo, se autoinducen el vómito, hábito que trae consecuencias negativas para la salud.



► Los modelos de belleza que promueven los medios suelen ser poco saludables y pueden contribuir a desarrollar desórdenes alimenticios en la población.

### Ley de talles

En 2018, el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI), en conjunto con el Ministerio de Producción de la Nación y la Cámara Industrial Argentina, realizó el primer estudio antropométrico con el fin de definir las medidas típicas de las personas de la Argentina y sentar las bases para desarrollar un sistema de talles apropiado para los usuarios. Esta información fue referencia obligada para la elaboración del proyecto de ley que establece la creación del Sistema Único Normalizado de Identificación de Talles de Indumentaria (SUNITI). Esta ley, denominada "Ley de Talles", fue aprobada por amplia mayoría en la Cámara de Diputados el 22 de Noviembre de 2019 y tiene alcance nacional.



► Muy pocos locales de ropa ofrecen toda la escala de talles. Además, estos no siempre responden a las medidas reales, y la información suele ser confusa para quienes compran.



## Propuesta de actividades

- Volvé a mirar el gráfico de la página 89 sobre los factores que afectan el estado nutricional de las personas.
  - Elaborá un texto explicativo con la información que se presenta en él.
  - Teniendo en cuenta que, en las grandes ciudades, existe una alta disponibilidad de alimentos, mencioná 4 factores que, combinados, podrían explicar la malnutrición en las personas que habitan barrios marginales de dichas ciudades.
- Lean el siguiente texto de la antropóloga Patricia Aguirre:

«Los antropólogos hemos producido modelos de la alimentación paleolítica que pueden resumirse en ensalada con bife (y no al revés). Una dieta rica en vegetales de hojas y brotes tiernos; frutas, semillas y tubérculos de consumo estacional. Poca carne y magra (ya que el animal de caza tiene poca grasa), lo que traducido a nutrientes sería muchas vitaminas, minerales y fibras; pocas proteínas e hidratos de carbono y prácticamente nada de azúcares y grasas animales. En hábitats de alternancia cíclica abundancia-escasez, debió ser vital para la supervivencia disponer de mecanismos fisiológicos adecuados para "llevarse puestas las calorías" en forma de reservas de grasa. En 1962, J. V. Neel señaló la posibilidad de un "genotipo ahorrador". El mecanismo de esta eficiencia era una rápida y masiva liberación de insulina después de una comida abundante, (...) lo que permitía un mayor depósito de energía. Quienes eran capaces de atesorar más energía estaban mejor preparados para sobrevivir al inevitable período de escasez posterior. Por lo que no es de extrañar que, en este contexto de adaptación (ecológico y social) durante el largo período del Paleolítico, los individuos portadores de estos genes "ahorradore" tuvieran ventajas selectivas y los transmitieran a sus hijos».

Fuente: Aguirre, Patricia "Ricos Flacos y gordos Pobres". En colección Claves para Todos. Buenos Aires, Capital Intelectual.

Según esta autora, los genes que fueron seleccionados positivamente en el Paleolítico, en la actualidad, debido a los cambios en los modos de vida, constituyen una desventaja porque predisponen a enfermedades.

- ¿Qué relación existe entre la masiva liberación de insulina después de una comida abundante y el ahorro de energía?
- ¿A qué cambios en los modos de vida actuales, comparados con los del hombre Paleolítico, refiere la autora?
- Mencionen, al menos, dos enfermedades que podrían explicarse como consecuencia de la relación entre la existencia de "genes ahorradore" y los cambios en los hábitos de vida.

- Teniendo en cuenta el gráfico de la alimentación diaria de la página 90:

- ¿Por qué razón se incluye la actividad física en una gráfica de alimentación? Enumerá, al menos, dos razones.
- En el gráfico, no se mencionan ni las bebidas azucaradas ni el alcohol. ¿Qué recomendaciones agregarías al respecto?

- Observen publicidades de alimentos en diferentes medios para analizar en qué medida promueven el consumo de alimentos saludables.

- Organicense en grupos de 4 o 5 y distribuyan 2 publicidades por estudiante para analizarlas y determinar qué porcentaje cumple con ese propósito o va en su contra. Para ello, deberán decidir qué criterios utilizar para el análisis, las formas de registrar la información para compartirla en el grupo, realizar cálculos y presentar la información de una manera clara y comprensible.
- ¿Encuentran alguna relación entre las formas de presentación de las publicidades y algunos de los 20 usos de los alimentos descriptos en la página 99?
- Si la encuentran, mencionen cuáles aparecen con mayor frecuencia e intercambien puntos de vista acerca de las razones de esa frecuencia.

- En la tabla, se comparan algunos componentes de un rótulo de galletitas *light* con otro de galletitas tradicionales.

© Editorial Estrada S.A. - No se permite su fotocopia sin licencia. Ley 17.273

© Editorial Estrada S.A. - Prohibida su fotocopia. Ley 17.273

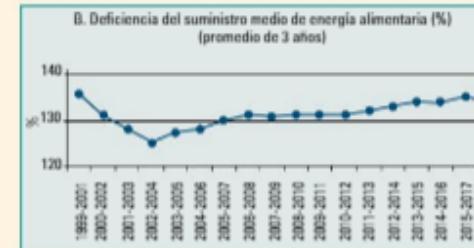
	LIGHT	CLÁSICAS
Cantidad	Por 100g	Por 100g
Energía	423kcal	439kcal
Carbohidratos	72g	68g
Azúcares	1.2g	1.2g
Proteínas	11g	11g
Grasas totales	10g	14g
Colesterol	0mg	14mg

## Propuesta de actividades

- Analicen los gráficos que se presentan a continuación.



Fuente: <http://www.fao.org>



Fuente: <http://www.fao.org>

- ¿Para qué componente o componentes son *light* las galletitas denominadas de esa manera?
- Fundamentá tu respuesta y explicitá los cálculos que realizaste para formularla.
- Indicá si las siguientes afirmaciones son verdaderas (V) o falsas (F). En el caso de que las consideres falsas, justificá tu elección.

- De acuerdo con la última definición, salud es la ausencia de enfermedad.
- Los alimentos que se deben ingerir en mayor proporción son los que contienen alto contenido de azúcares simples.
- Las fibras aportan energía.
- Los vegetales, en general, aportan agua entre otros nutrientes.

- En la actualidad, el cólera es una enfermedad endémica en varios países de Latinoamérica. Investiguen en qué países se da esa situación.

¿Qué factores influyen para que esta enfermedad siga afectando a tantas personas?

- La provincia de Buenos Aires cuenta con una ley de talles desde 2005; y la Ciudad de Buenos Aires, desde 2010. Busquen alguna de las leyes nombradas (la que mejor se adapte al lugar en el que residen), lean su contenido y realicen una pequeña investigación en los comercios de ropa del barrio para averiguar en qué medida se cumple dicha ley.



Fuente: <http://www.fao.org>

- Escriban las conclusiones a las que arribaron durante la comparación de los gráficos.



## Alimentación, seguridad y soberanía alimentaria

En la actualidad, el número de personas que padece hambre en el mundo está en crecimiento. Según el informe "El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo" (FAO, FIDA, UNICEF, PMA y OMS), 2018, ese valor aumentó de 804 millones en 2016 a 821 millones en 2017. Esto implica que una de cada nueve personas en el mundo padece este flagelo, un nivel cercano al sufrido una década atrás.

Muchos países presentan variadas formas de malnutrición: desnutrición, sobrepeso y obesidad. Aunque parezca paradójico, la subalimentación y la obesidad coexisten en una misma región e, incluso, dentro del mismo hogar, ya que el alto costo de los alimentos nutritivos y de calidad reduce el acceso de la población a ellos. La privación de alimentos entre las madres, los lactantes y los niños pequeños, así como las dietas con un alto contenido de grasas, tienen como resultado una "impronta metabólica" en el feto y en la primera infancia que incrementa el riesgo de obesidad y enfermedades no transmisibles relacionadas con la dieta en fases posteriores de la vida. Además, el informe describe como "vergonzoso" el hecho de que una de cada tres mujeres en edad reproductiva en el mundo se vea afectada por la anemia, que tiene notables consecuencias para la salud y el desarrollo tanto de las mujeres como de sus hijos.



Fuente: <http://www.fao.org>

► La prevalencia es la proporción de una población que padece una enfermedad y se mide en porcentajes. Su conocimiento permite diseñar estrategias para atender dicha enfermedad o patología.

En el mismo sentido, el informe regional "Panorama de la seguridad alimentaria y nutricional en América Latina y el Caribe" (FAO, OMS, WFP y UNICEF), 2018, plantea que "La malnutrición es un obstáculo para alcanzar el desarrollo personal, con consecuencias en toda la sociedad. Las diversas formas de malnutrición no se generan solamente por la ingesta inadecuada o insuficiente de alimentos, sino que también involucran un conjunto de procesos interrelacionados con las desigualdades en el acceso a la salud, la educación, el saneamiento, los servicios básicos, la equidad de género, la conservación de los recursos naturales, entre otros".

Ambos informes muestran la intención de estos organismos internacionales de avanzar en lograr un mundo libre de hambre y malnutrición en todas sus formas. Para ello, se referencian en los Objetivos de Desarrollo Sostenible (oos) de la Agenda 2030 de Naciones Unidas.

El 25 de septiembre de 2015, los países que integran las Naciones Unidas formularon y adoptaron un conjunto de objetivos globales para erradicar la pobreza, proteger el planeta y asegurar la prosperidad para todos como parte de una nueva agenda de desarrollo sostenible. Pueden leer los objetivos en el siguiente vínculo: <https://rebrand.ly/qppu7d>

Cada objetivo tiene metas específicas que deben alcanzarse en los siguientes 15 años. En particular, el Objetivo 2 (oos 2) plantea poner fin al hambre y asegurar el acceso de todas las personas a una alimentación sana, nutritiva y suficiente y promover la agricultura sostenible. Por su parte, el Objetivo 3 (oos 3), que plantea garantizar una vida sana y promover el bienestar para todos y a todas las edades, está relacionado directamente con la alimentación, ya que una mejor nutrición es imprescindible para que la población cuente con una buena salud.

A la vez, el cumplimiento de ambos objetivos depende y, también, contribuye al logro de los demás objetivos que componen la Agenda 2030: poner fin a la pobreza; mejorar la salud, la educación, la igualdad de género y el acceso a agua limpia y al saneamiento; trabajo decente; reducción de las desigualdades, paz y justicia, etcétera.

### La alimentación como derecho humano

Como ya se señaló en este capítulo, el derecho a la alimentación fue reconocido como un derecho humano en la Declaración Universal de los Derechos Humanos (1948) aprobada por la Asamblea General de las Naciones Unidas en su artículo 25: "Toda persona tiene derecho a un nivel de vida adecuado que le asegure, al igual que a su familia, la salud y el bienestar, en especial, a la alimentación". A partir de entonces, ha sido incorporado en distintos instrumentos internacionales, como el Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales (el Pacto) que obliga a los Estados Parte a adoptar las medidas necesarias, y en particular, medidas legislativas para lograr progresivamente la plena efectividad de los derechos enumerados en el Pacto.

### Seguridad alimentaria y soberanía alimentaria. Compromisos y controversias

El derecho a una alimentación adecuada y el derecho fundamental a estar protegido contra el hambre fueron reafirmados en la Cumbre Mundial sobre la Alimentación convocada por la FAO en 1996 que manifiesta que "Existe

© Editorial Elatenda S.A. - Prohibida su reproducción. Ley 11.723

seguridad alimentaria cuando todas las personas tienen en todo momento acceso físico y económico a suficientes alimentos inocuos y nutritivos para satisfacer sus necesidades alimenticias y sus preferencias en cuanto a los alimentos, a fin de llevar una vida activa y sana". La seguridad alimentaria incluye además cuatro componentes fundamentales:

1. La disponibilidad de alimentos: los alimentos deben estar disponibles en cantidades suficientes en una zona determinada.
2. El acceso a los alimentos: las personas deben ser capaces de adquirir regularmente cantidades adecuadas de alimentos.
3. Utilización biológica de los alimentos: los alimentos deben tener un impacto nutricional positivo en las personas. Implica prácticas de cocción, almacenamiento e higiene, salud, agua y saneamiento.
4. La estabilidad en el tiempo de las tres dimensiones anteriores: que exista certeza de que estas condiciones perduren, y no existan condiciones de vulnerabilidad estacional o transitoria.

En la misma cumbre, diversos Organismos no gubernamentales (ong) y Organismos de la sociedad civil (osc), especialmente la denominada "La Vía Campesina", presentaron algunas objeciones al concepto de seguridad alimentaria, al entender que era políticamente neutro y acrítico respecto del sistema agroalimentario y las formas de producción. Propusieron, entonces, incluir el concepto de soberanía alimentaria: "Proponemos un nuevo modelo para lograr la seguridad alimentaria, que pone en duda muchas de las suposiciones, políticas y prácticas existentes. El modelo que proponemos se basa en la descentralización; responde así a los retos del modelo actual, que se basa en la concentración de riqueza y poder y que ahora amenaza la seguridad alimentaria global, la diversidad cultural y los propios ecosistemas que sustentan la vida en el planeta".

Si bien ambas posturas comparten como meta la erradicación del hambre y de la desnutrición, mantienen algunas diferencias.

Seguridad alimentaria	Soberanía alimentaria
Concepto neutro en términos de correlación de fuerzas. No prejuzga sobre la concentración de poder económico ni en los estamentos del comercio ni en la propiedad de los medios de producción.	Concibe los alimentos no solo como mercancías. Parte de constatar la asimetría en los distintos espacios de poder y los mercados y apela al papel equilibrador de un estado democrático.
Por su carácter de organismo intergubernamental no puede adoptar una posición enérgica o única respecto de las formas de producir los alimentos.	Sustiene el derecho de los pueblos a definir sus propias políticas y estrategias en cuanto a producción y procesación de alimentos; su distribución, comercialización y consumo, para lograr seguridad alimentaria respetando su propia cultura y diversidad de formas de producción.

Durante la Cumbre de Desarrollo Sostenible de la ONU (septiembre 2019), Paula Gioia, representante de La Vía Campesina expresó: "Necesitamos reconocer las soluciones de los campesinos y campesinas e integrarlas. La agroecología campesina y la agricultura campesina sostenible ofrecen vías concretas para alcanzar los objetivos de desarrollo sostenible. Para lograr el hambre cero, la producción de alimentos debe basarse en la agroecología y la soberanía alimentaria, incluyendo a los pequeños productores de alimentos. La agroecología campesina combina siglos de conocimiento y experiencia con principios científicos y ecológicos para desarrollar sistemas alimentarios locales vibrantes que puedan abordar la pobreza y la marginación. Promueve alimentos nutritivos, saludables y culturalmente apropiados, mejora la biodiversidad y responde a los efectos de la crisis climática".



En julio de 2016, se presentó en la provincia de Misiones, un proyecto de Ley de Familias que garantiza un amplio espectro de derechos de todas las personas que habitan Misiones. Su espíritu obedece a una visión colectiva con organizaciones de la agricultura familiar, campesinas, indígenas, de pequeños productores, instituciones académicas y sociales, organizaciones ambientalistas, culturales y comunitarias, que promuevan la soberanía alimentaria, y una agricultura de tipo tradicional y agroecológica.

### ACTIVIDADES

En el texto, se mencionan siglas que corresponden a diversas instituciones internacionales.

1. Averigüen en internet su significado y sus funciones.
2. Busquen otras instituciones internacionales de alcance regional (Europa, África, América Latina y el Caribe) y averigüen cómo se posicionan en relación con el debate entre soberanía alimentaria y seguridad alimentaria.
3. Discutan estos conceptos entre ustedes y elaboren conclusiones.
4. Busquen en internet las leyes argentinas relacionadas con el derecho a la alimentación. Realicen un informe que las sintetice.
5. ¿Pienzan que estas leyes son suficientes para cubrir las necesidades que tiene la población en cuanto a una buena alimentación? ¿Será necesario elaborar otras nuevas? ¿Se requerirá algún otro tipo de medidas?

La materia que forma la biosfera presenta niveles de organización de diferente complejidad. Las células constituyen el nivel más sencillo que posee las características de la vida. En la diversidad biológica, existen organismos que presentan diferentes niveles de organización (celular, tisular, de órganos y con sistemas de órganos).

Los seres vivos pueden ser estudiados como sistemas abiertos: interactúan con un medio cambiante y mantienen constantes sus condiciones internas (homeostasis); intercambian materia y energía con el ambiente: incorporan materia y energía, los transforman y aprovechan mediante procesos metabólicos, y eliminan productos de esas transformaciones.

Todos los seres vivos obtienen materias primas mediante las funciones de nutrición, y las transforman en estructuras celulares y en energía. Los autótrofos utilizan la energía lumínica para fabricar biomoléculas (glucosa) a partir de sustancias inorgánicas, mientras que los heterótrofos obtienen las biomoléculas por ingestión de alimentos. Autótrofos y heterótrofos obtienen energía mediante la degradación de biomoléculas por respiración. Las funciones de nutrición son comunes a todos los seres vivos, pero en las diferentes especies, existe una diversidad de estructuras que participan de las mismas funciones.

Los sistemas de nutrición de la especie humana presentan características similares al resto de los mamíferos:

- El sistema digestivo es completo. Durante el proceso digestivo, se producen transformaciones mecánicas y químicas que hacen posible el pasaje de las sustancias nutritivas a la sangre y su transporte a las células.
- El sistema circulatorio es doble y cerrado; la sangre está compuesta por el plasma y distintos tipos de células: los glóbulos rojos, los glóbulos blancos y las plaquetas. La circulación sanguínea es impulsada por un corazón de cuatro cámaras. Las porciones izquierda y derecha están separadas por un tabique. Los intercambios de gases, nutrientes, desechos, hormonas, enzimas, etcétera, entre la sangre y los tejidos, se realizan a través de las paredes de los capilares. La circulación linfática

recolecta el líquido de los espacios intercelulares y lo retorna a la circulación sanguínea, y también, recoge los lípidos asimilados en el intestino y los vierte en la sangre.

- El sistema respiratorio es pulmonar; el aire entra en los pulmones y sale de ellos a través de conductos. En los alvéolos pulmonares, se realiza la hematosis: el oxígeno del aire inspirado difunde hacia la sangre y el dióxido de carbono desechado por las células pasa desde la sangre hacia el interior de los pulmones.
- El sistema urinario y las glándulas sudoríparas regulan el contenido de agua y de otras sustancias presentes en el cuerpo. En los riñones, se forma la orina. El principal desecho celular que se elimina mediante la excreción es la urea.

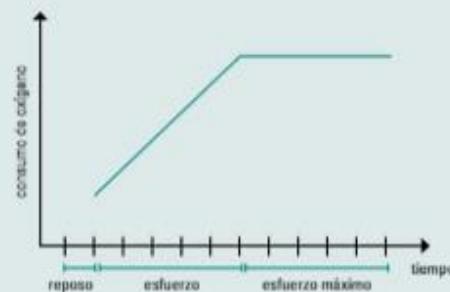
La alimentación humana se relaciona con aspectos biológicos de la especie y, también, refleja la diversidad social y cultural. La alimentación es uno de los factores que determinan el estado sanitario de las personas. Se considera que una dieta es saludable cuando contiene la variedad necesaria de nutrientes y es suficiente en cuanto a las calorías que aporta. Los requerimientos nutricionales varían de acuerdo con la actividad, el sexo, la edad, el metabolismo y la contextura física de cada persona. La producción mundial de alimentos permitiría abastecer a toda la población, pero debido a una distribución desigual, millones de personas no tienen acceso a una alimentación sana ni al agua potable.



1. Observen el siguiente extracto de la red conceptual con la que se inicia este bloque.



3. El gráfico representa un aspecto de la actividad desplegada por Ana.



- a. Escrivan un texto explicativo del esquema. Tomen para hacerlo los conceptos mencionados y las relaciones entre ellos.
- b. Para enriquecer el texto, completen la explicación de los conceptos que caracterizan un sistema abierto con ejemplos tomados de los diferentes sistemas estudiados.
2. Analicen la siguiente situación: Ana, una joven de 16 años, desayuna una taza de leche con copos de maíz y huevos revueltos con jamón.
- a. ¿Qué modificaciones experimentarán los alimentos ingeridos por Ana? ¿En qué órganos tendrán lugar dichas modificaciones?
- b. ¿En qué nutrientes se habrán transformado en el intestino?
- c. ¿Cuál es la función principal de esos nutrientes?
- d. ¿A qué órgano serán transportados desde el intestino, en primer término?
- e. Supongan que, luego del desayuno, Ana sale a correr por el parque. Es un día muy caluroso y ha transpirado mucho. ¿Qué desequilibrio se ha producido? ¿Qué órgano puede restablecer el equilibrio y de qué manera?
- f. Si Ana va a comprar una bebida luego de correr, ¿qué tipo de bebida le conviene ingerir? ¿Qué recomendaciones le harían acerca de su contenido?
- g. ¿Qué representa el gráfico?
- h. ¿Cómo se explican las variaciones en el consumo de oxígeno?
- i. Discutan las posibles causas por las que, a partir de un determinado momento, el consumo de oxígeno se hace constante.
- j. Comparen este gráfico con el que se presenta en la actividad 3 de la propuesta de actividades del Capítulo 3 y escriban un texto en el que expliquen la relación entre ambos.
- k. El gráfico de la actividad 3, del Capítulo 3 aporta una posible respuesta al punto c de esta actividad. ¿Cuál es esa respuesta? ¿Coincide con la elaborada por ustedes?



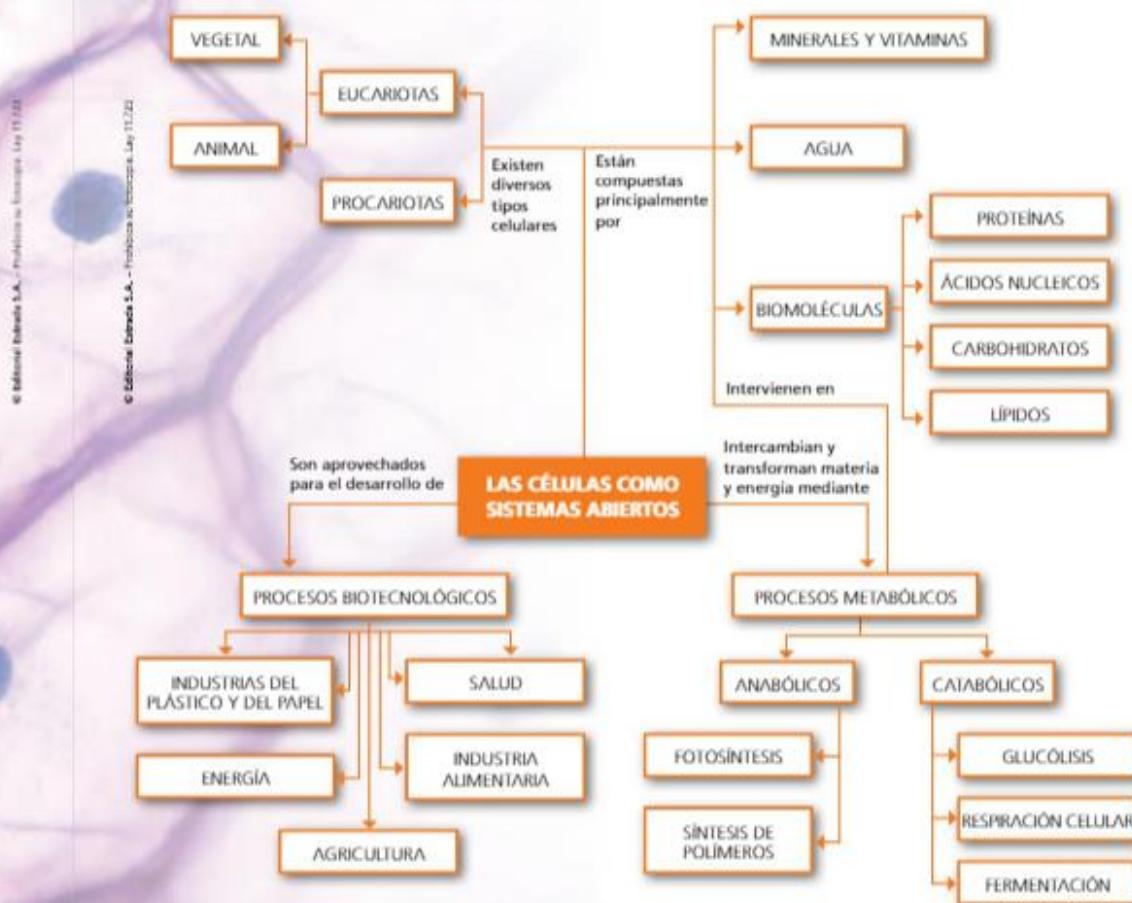
## BLOQUE 2

### Las células como sistemas abiertos

5. La estructura celular	110
6. La composición química de las células	128
7. El metabolismo celular	144
8. La biotecnología y sus aplicaciones	168

● Células de cebolla vistas con un microscopio óptico.

En este bloque, se estudiará la célula como un sistema abierto, el nivel de organización más simple que reúne todas las características de los seres vivos. Los intercambios y transformaciones de materiales y de energía que se llevan a cabo en una célula dependen del funcionamiento integrado de las estructuras que la componen. Las moléculas que integran esas estructuras se llaman biomoléculas. Los procesos vitales dependen, en gran medida, de la composición, las propiedades químicas y el modo en que están organizadas las biomoléculas en las estructuras celulares. Algunos de esos procesos vitales son aprovechados para el desarrollo de la biotecnología y sus productos.



## La estructura celular



"La célula es la unidad estructural y funcional de los seres vivos". En la actualidad, ningún integrante de la comunidad científica pondría en duda este concepto. Pero esto no fue siempre así. La producción de los conocimientos que hoy permiten hacer esta afirmación tiene una historia de cuatro siglos de estudio y de intensos debates. Este capítulo trata acerca de la estructura de distintos tipos de células, sus componentes y funciones, y relata pasajes de esa historia que ayudan a entender mejor cómo se elaboraron esos conocimientos en torno a la estructura fundamental que tienen en común todos los organismos.

### Diferentes teorías sobre la constitución de los seres vivos

Hoy por hoy, es común hablar de las células. En ningún libro de biología, se pone en duda que todos los seres vivos están formados por células y que esta es una de las características que los identifica. Sin embargo, estas ideas no siempre formaron parte del conocimiento sobre los seres vivos. Recién comenzaron a formularse hace unos cuatro siglos, y se forjaron como parte de una teoría hace menos de dos. ¿Cómo se arribó a la proposición de que la célula es la unidad estructural y funcional de los seres vivos?

Desde hace cientos de años, quienes investigaban y pensaban acerca de los seres vivos se preguntaban cómo estaba constituido el interior de su cuerpo. Principalmente, se preguntaban si todos tenían algo en común. Entre los siglos XVII y XVIII, se propusieron diversas teorías al respecto: unas sostenían que, en su interior, el cuerpo de cualquier ser vivo estaba constituido por una sustancia continua; otras planteaban la existencia de unidades "pequeñas y simples" que formaban parte del cuerpo de todos los organismos. Quienes

defendían unas u otras teorías buscaban validarlas mediante observaciones y experimentos y hacían sus interpretaciones de acuerdo con la teoría a la que adherían.



El anatómico y fisiólogo francés François Xavier Bichat (1771-1802) realizaba disecciones y experimentos de laboratorio y buscaba "tejidos" que, según su visión, eran "formaciones anatómicas irreducibles a otras más elementales y de naturaleza constante". Es decir, él sostendía que el tejido es la unidad estructural y funcional del ser vivo. El concepto de tejido introducido por Bichat resultó de gran importancia para la biología, aunque actualmente no se lo concibe del mismo modo.

© Editorial Eunsa S.A. - Proyecto de Microscopio. Ley 11.723

### El microscopio y la historia de la teoría celular

No es sencillo situar el origen del microscopio. Se puede considerar que empezó con la invención de un instrumento óptico sencillo con el que los hermanos holandeses Hans y Zacharias Janssen, alrededor de 1590, observaban diversos objetos pequeños.

En 1673, Anton van Leeuwenhoek (1632-1723), un inquieto comerciante de telas de origen holandés, perfeccionó el diseño de los Janssen. Construyó un microscopio óptico en el que combinó lentes que aumentaban la imagen de un objeto casi 300 veces. Leeuwenhoek observó gotas de agua, semen, sangre, y describió pequeñas "partículas", "glóbulos" y "animáculos" que hoy conocemos como protozoos, espermatozoides y glóbulos rojos, entre otros tipos de células.

Al registrar en el microscopio las observaciones de una muestra de agua tomada de un lago, Leeuwenhoek escribió: [...] encontré flotando en ella partículas de tierra y ciertas bandas verdes enrolladas en espiral [...] Otras partículas tenían solo el extremo de estas bandas, pero en conjunto no consistían más que en unos glóbulos verdes muy pequeños unidos entre sí [...] Entre ellos nadaban gran cantidad de animáculos, algunos de los cuales eran redondeados mientras que otros, un poco más gruesos, eran ovalados. Vi que estos últimos tenían dos pequeñas patas cerca de la cabeza y dos aletas en el extremo del cuerpo. [...]



► Microscopio utilizado por Leeuwenhoek junto a una de sus ilustraciones.

El desarrollo de la microscopía tuvo mayor impulso durante los siglos XIX y XX.

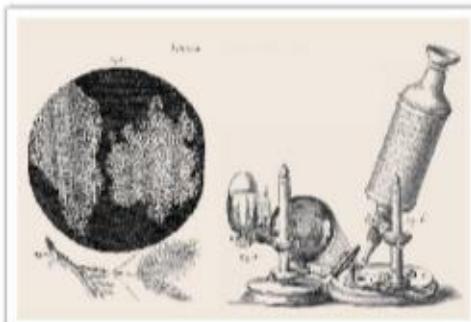
En la actualidad, existen sofisticados instrumentos ópticos que permiten obtener imágenes muy nítidas y ampliadas.

### El surgimiento del término célula

Según la mayoría de los historiadores, quien por primera vez utilizó el nombre "célula" fue el físico, astrónomo y filósofo naturalista inglés Robert Hooke (1635-1703), en 1667.

Al recabar información acerca del origen del corcho, descubrió que era una parte de la corteza de ciertos árboles. La observó con aumento y vio pequeñas celdillas. Entonces, decidió examinar en el microscopio fragmentos de vegetales y encontró que, en todos ellos, se veía la misma apariencia porosa. Hooke se propuso investigar si la organización microscópica podría permitir encontrar estructuras comunes entre animales y vegetales.

Las descripciones y propuestas de este y otros investigadores del siglo XVII dieron comienzo a un nuevo modo de exploración de la naturaleza, pues incluían los organismos extremadamente pequeños. No obstante, nada decían aún acerca del contenido de las celdillas (*cells*, en inglés) que había observado Hooke, ya que el término que usó este investigador, y que se puede traducir como "célula", hacia referencia únicamente a un contorno.



► Robert Hooke examinó en el microscopio una lámina muy delgada de corcho, y escribió: Pude [...] darme cuenta con toda claridad de que estaba perforada y llena de poros como un panal.



### De la célula como unidad, a la teoría celular

Durante el siglo XVIII, no hubo avances notorios en el estudio de las células; no todas las personas que investigaban interpretaban lo que veían como células, muchas pensaban que el microscopio distorsionaba las observaciones y que no era eficaz.

Aun así, quienes postulaban ideas acerca de la existencia de una estructura microscópica común a todos los seres vivos continuaban con sus estudios.

Durante la primera mitad del siglo XIX, las investigaciones cobraron nuevo impulso. Influyó en ello el rápido desarrollo de los instrumentos, especialmente, los microscopios. Se lograron diferentes aumentos y mayor precisión, se identificaron errores provocados por las técnicas de preparación de las muestras y se acordaron pautas para la interpretación de las imágenes.

En 1838, Matthias J. Schleiden (1804-1881) estudió la estructura de los vegetales. Ese mismo año, Friedrich Theodor Schwann (1810-1882) realizó estudios en animales y encontró una gran similitud con las células vegetales descritas por su antecesor.

Schwann tenía la firme convicción de que todos los tejidos animales estaban formados por células; no solo estudió los tejidos de animales en su estadio adulto, sino que los investigó desde las primeras etapas de su desarrollo. Y observó células en todos ellos. Ese hallazgo fortaleció su idea de que la célula posee todos los atributos de la vida. Su obra, publicada en 1839, es considerada el nacimiento de la teoría celular.

Sin embargo, algunas ideas en torno de la estructura celular aún seguían en debate, por ejemplo, la respuesta a la pregunta “¿Cómo se originan nuevas células?”. Numerosos investigadores de la época, entre ellos Schwann, sostienen la teoría de la “generación espontánea”, según la cual las células se forman a partir de materia no viva. En este debate, los aportes de Rudolf Virchow (1821-1902) y Louis Pasteur (1822-1895) permitieron descartar las explicaciones de la generación espontánea y afianzar la teoría hoy aceptada por todos.

Virchow trabajó con tejidos y, en 1857, fue el primero en proponer que, donde aparece una célula, debe haber existido otra célula. Pero sus investigaciones no permitían descartar la idea de que los organismos simples y microscópicos se originaban por generación espontánea. Pasteur, en 1861, llevó a cabo estudios y experimentos que permitieron dejar de lado esa teoría definitivamente. La autorreproducción celular se considera desde entonces un carácter esencial de los seres vivos.

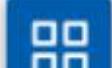


► Rudolf Virchow (1821-1902).

### LA TEORÍA CELULAR

Con estos conocimientos como base y los avances producidos en biología celular y molecular y en genética en el siglo XX, se formularon los cuatro postulados de la teoría celular:

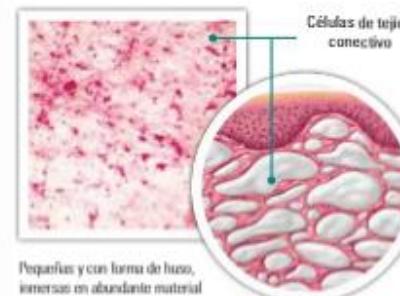
- Todos los seres vivos están formados, al menos, por una célula. La célula es la unidad estructural de los organismos.
- En cada célula, se llevan a cabo las funciones vitales que caracterizan la vida. La célula es la unidad funcional de todo ser vivo. Una célula puede ser estudiada como un sistema abierto que intercambia materia y energía con el medio que la rodea.
- Las células se originan a partir de otras preexistentes. Todo ser vivo proviene de otro ser vivo.
- Las células son portadoras del material que contiene la información genética. Esto permite la transmisión de las características hereditarias de una generación a la siguiente.



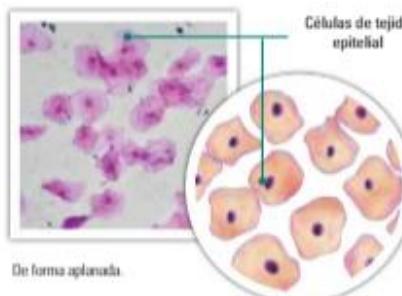
### Diferentes teorías sobre la constitución de los seres vivos

En el bloque anterior, se estudiaron algunos tejidos y órganos del cuerpo humano. Los ejemplos que se presentan a continuación muestran

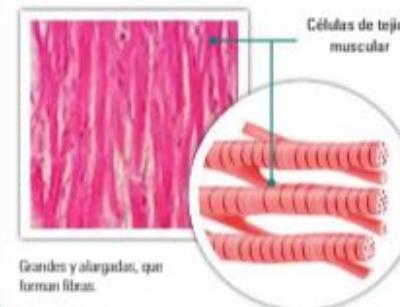
solo una pequeña porción de la diversidad de formas y tamaños de las células que integran los tejidos de animales y de plantas.



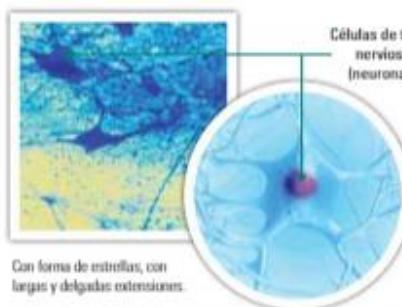
Pequeñas y con forma de hueso, sumergidas en abundante material intercelular.



De forma aplana.



Grandes y alargadas, que forman fibras.



Con forma de estrella, con largas y delgadas extensiones.

Estas imágenes muestran solo un ejemplo de cada uno de los cuatro grupos que incluyen diversos tipos de tejidos animales, constituidos por células de formas y tamaños diferentes. Las que se ven a través del microscopio no son tan claras como los esquemas que las representan. Para poder distinguir las células y sus formas, se requiere de un

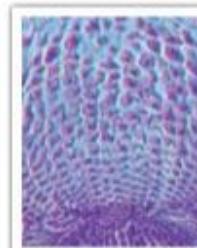
conocimiento que permita interpretar las imágenes. La observación microscópica por sí sola no permite “ver” células. Este conocimiento se produce después de realizar diversos estudios, relacionar resultados y sacar conclusiones, y también, mediante debates y acuerdos de la comunidad científica.



Tejido de las hojas de una planta. En esta fotografía se pueden observar las células fotosintetizantes.



Células del tejido interno de un tallo. Las partes más oscuras son los tejidos de los vasos de conducción.



Tejido de crecimiento en el extremo superior de un tallo. Células pequeñas y más definidas.

► En los tejidos de los vegetales, las células se distinguen mejor que en los de animales porque sus formas son más definidas.

## Las ventajas de estar formados por células microscópicas

Entre los organismos multicelulares, es posible encontrar animales de gran tamaño y complejidad, insectos muy pequeños, musgos o árboles enormes. No obstante, en esa diversidad de formas de vida, las células que componen todos los organismos son de un tamaño bastante similar, y este ha permanecido sin grandes variaciones a lo largo de la evolución.

Las células son, en su mayoría, tan pequeñas que es imposible verlas a simple vista. Por lo general, miden entre unos 20 y 30 micrones y, aunque varían según el tipo de célula, la mayor parte de ellas no excede los 100 micrones.

Unidad	Equivalencia	Notación
Micrón o micrómetro	Milésima parte de un metro	$\mu\text{m}$ : $10^{-6}\text{ m}$

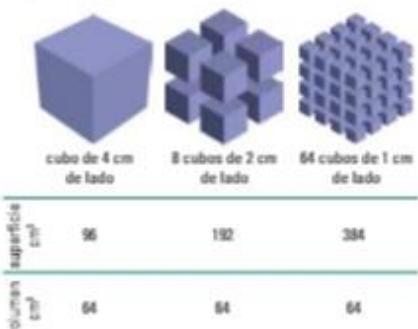
El tamaño de un órgano o de un organismo no depende del tamaño de sus células, sino de la cantidad que posea. Así, por ejemplo, las células del hígado de un elefante y las del hígado de un ratón son muy parecidas, pero existen muchas más células en el primero que en el segundo.

¿Qué ventaja puede representar para los organismos multicelulares poseer el cuerpo constituido por numerosas células de muy pequeñas dimensiones?

Los materiales necesarios para satisfacer los requerimientos de cualquier ser vivo provienen del medio externo. En los animales, por ejemplo, los nutrientes y el agua ingresan a través de la boca, y el oxígeno puede ser incorporado mediante órganos, como los pulmones o las branquias, o a través de la piel. Una vez que ingresan en el organismo, estos materiales deben llegar a todas las células que lo constituyen. Lo mismo sucede con los desechos que se producen en las células, pero en sentido inverso: deben llegar desde el interior del organismo hasta ser eliminados hacia el medio externo.

Los materiales entran y salen de cada una de las células a través de su superficie. Es así que, cuanto mayor sea esa superficie, más eficaz será

el intercambio. Para comprender la importancia del tamaño de una célula en relación con su funcionamiento, se puede utilizar un modelo como el que se representa en la imagen.



En este modelo, los cubos representan células. El primero tiene  $4\text{ cm}^3$ , el segundo está dividido en ocho cubos de  $2\text{ cm}^3$  y el tercero en sesenta y cuatro cubos de  $1\text{ cm}^3$  cada uno. En los tres casos, el volumen total que ocupan es el mismo,  $64\text{ cm}^3$ . Pero al calcular la superficie total, se verifica que, a medida que el cubo se divide en bloques más pequeños, el área total que queda expuesta al ambiente es mayor.



► El tamaño de las células de un musgo y el de las de un árbol es similar. El árbol es un organismo mucho más grande porque tiene más células.

## La observación de las células en la actualidad

Los microscopios que se utilizan actualmente se clasifican en microscopios ópticos y microscopios electrónicos. Los primeros utilizan luz blanca o visible y los segundos, haces de electrones.

Cuando se utiliza un microscopio para observar estructuras celulares, deben tenerse en cuenta dos factores: el aumento, es decir, el número de veces que está magnificado el tamaño real del objeto y el poder de resolución, que permite distinguir dos objetos separados. El ojo humano puede distinguir objetos que están separados por una distancia mínima de 100 micrómetros. Si los objetos están más juntos, los percibe como uno solo.



A. El microscopio óptico está formado por dos sistemas de lentes: la que está cerca del objeto se denomina objetivo; las lentes a las que se acercan los ojos se llaman oculares; algunos microscopios tienen cámaras que se conectan a monitores.



B. Microscopio electrónico de barrido (MEB). Las imágenes se registran directamente en pantallas de computadoras conectadas al microscopio.

### Características estructurales de todas las células

Actualmente, se conoce que todas las células poseen tres componentes básicos:

- Están rodeadas por una membrana celular que las separa de su ambiente externo y a través de ella se realizan los distintos intercambios.
- Poseen en su interior una sustancia viscosa llamada citoplasma.
- Cada célula lleva la información genética que le permite autorregular su funcionamiento y transmitir sus características a la descendencia.

A través del MO, es posible observar el núcleo de las células eucariotas y otras organelas de mayor tamaño. También, se puede ver células procariontes individuales. Con los microscopios electrónicos, es posible observar membranas, organelas y, sus estructuras internas. El MEB, además, permite obtener imágenes de células completas o de estructuras internas en tres dimensiones.



► Glóbulos rojos a través de: A. MO, B. MEB y C. MEB.



## Tipos de células

Todas las células comparten las tres características básicas mencionadas anteriormente. No obstante, en la enorme diversidad de seres vivos, es posible identificar una gran variedad de tipos celulares. Esta diversidad puede apreciarse, por ejemplo, en los tejidos de los organismos pluricelulares. En ellos, los diferentes tipos de células que los forman cumplen funciones diferentes y tienen distintas formas y tamaños. También, pueden tener distintos componentes.

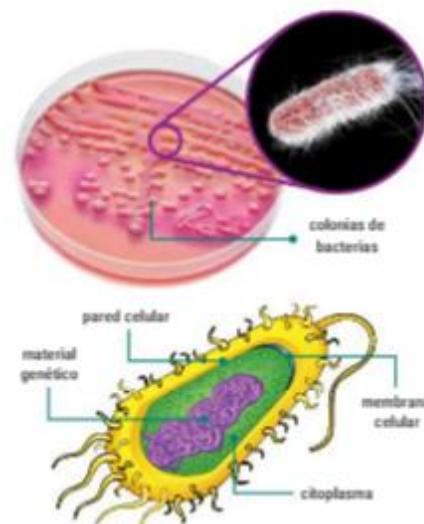
A pesar de sus diferencias, todas las células de los organismos pluricelulares, y las de muchos organismos unicelulares pertenecen a un mismo grupo de células: las células eucariotas, que se caracterizan por poseer compartimentos internos rodeados por membranas. Uno de estos compartimentos es el núcleo.

Las células procariotas, en cambio, no están compartimentadas, no tienen un núcleo delimitado espacialmente del resto de la célula, y están presentes solo en los seres vivos unicelulares.

Según el registro fósil, los primeros organismos eran células relativamente simples, semejantes a las procariotas actuales. Los biólogos estiman que estos organismos vivieron hace 3.500 millones de años. Esta estimación se basa en estudios del material genético de los procariotas actuales y de la antigüedad de las rocas en que se encuentran los fósiles, entre otros. En cambio, estudios similares referidos a organismos con células eucariotas permiten estimar que se originaron hace unos 1.600 millones de años. Es por eso que se considera que, en el proceso de evolución, las células procariotas son antecesoras de las eucariotas.

## Estructura de las células procariotas

En las células procariotas (del griego *pro*, 'antes de'; y *karyon*, 'nuez o núcleo'), el material genético consiste en un único cromosoma circular que está en contacto directo con el citoplasma debido a que no hay membranas internas que delimiten compartimentos. Estas células son mucho más pequeñas que las eucariotas y tienen una pared que rodea la membrana celular, cuya composición es propia de este tipo de células.



► Las bacterias son organismos unicelulares procariotas. Las colonias se observan a simple vista porque cada una está formada por millones de individuos microscópicos. Para observar una sola bacteria y su estructura interna, es necesario un aumento de 20.000X.



► Las bacterias se pueden clasificar en estos grupos según su forma.

### ACTIVIDADES

1. ¿Cuál de las microfotografías no fue obtenida mediante un microscopio electrónico de barrido? ¿En qué te basaste para responder?

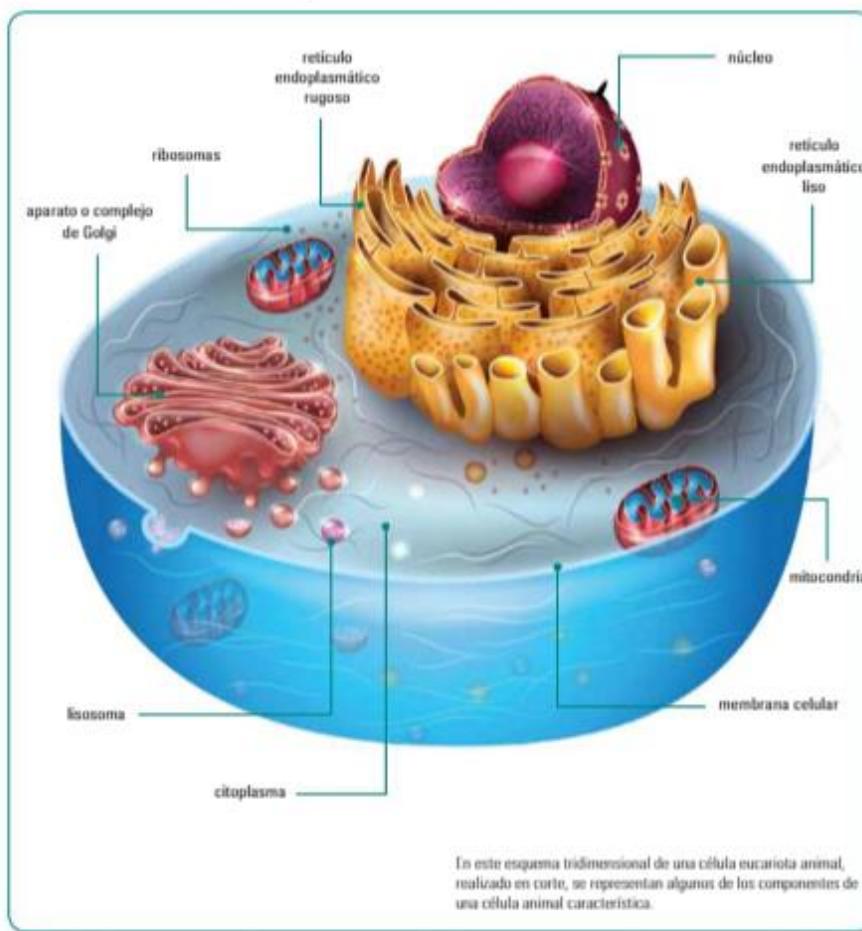
## Estructura de las células eucariotas

Las células eucariotas (del griego *eukarion*: 'verdadero' y *karyon*: 'núcleo') tienen, como su nombre lo indica, un núcleo delimitado en el que se encuentra el material genético. El citoplasma está compartimentado en estructuras rodeadas por membranas, llamadas organelas. Las células de las plantas, los animales y los hongos, así como las de las algas y las de los protozoos son eucariotas.

Las células eucariotas presentan una estructura compleja. Cada una puede ser estudiada como un sistema cuyos componentes cumplen distintas funciones de manera interdependiente y coordinada.

Las organelas presentes en la gran mayoría de las células eucariotas son las mitocondrias, el retículo endoplasmático, los ribosomas, el aparato o complejo de Golgi y los lisosomas. Las células vegetales poseen también plástidos, como los cloroplastos; vacuolas con agua y sustancias disueltas; y una pared que rodea la membrana celular. Cabe destacar que esta pared celular posee una estructura y una composición diferentes de las de la pared de las células procariotas.

En las páginas que siguen, primero, se describirán los componentes de las células animales y, después, las estructuras que caracterizan las células vegetales.

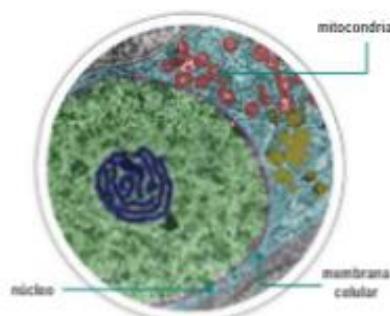


En este esquema tridimensional de una célula eucariota animal, realizado en corte, se representan algunos de los componentes de una célula animal característica.



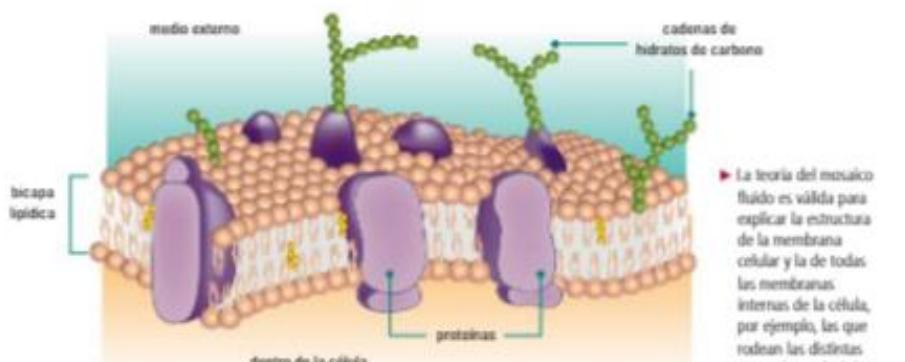
## Componentes de las células animales

Los conocimientos relativos a los componentes celulares cambiaron mucho a partir de 1940. Mediante técnicas especiales, se pudo separar las organelas. Esto permitió observarlas detalladamente a través del microscopio electrónico y elaborar modelos de cada una, así como también, de las membranas.



### La membrana celular

La membrana celular, también llamada plasmática, define los límites de la célula. Todos los materiales que entran y salen de la célula atraviesan esa membrana. Algunos lo hacen con facilidad; otros la atraviesan mediante procesos de transporte que requieren el aporte de energía y la participación activa de determinados componentes de la membrana que actúan como transportadores.



Esta propiedad de regular los intercambios entre el medio interno y el externo se denomina permeabilidad selectiva.

Uno de los temas que ha interesado, especialmente, a quienes investigan en el campo de la biología celular ha sido dilucidar cómo es la estructura que permite explicar el comportamiento selectivo de esta membrana. La principal conclusión a la que arribaron es que, en la composición química de la membrana, participan fundamentalmente lípidos y proteínas dispuestos de una forma particular.

En la actualidad, la comunidad científica acepta el modelo que fue descripto en 1972 por los científicos estadounidenses Garth Nicholson y Seymour Jonathan Singer. Según este modelo, denominado de mosaico fluido, la estructura de la membrana celular no es rígida. Las moléculas que la forman tienen cierta movilidad y pueden desplazarse hacia los lados.

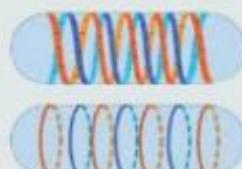
Los lípidos se disponen en una doble capa, llamada bicapa lipídica. Algunas proteínas que componen la membrana forman canales por los que pasan sustancias que, por sus propiedades químicas, no atraviesan la bicapa. Otras proteínas se disponen transversalmente y asoman hacia el exterior y el interior de la célula. Ellas transportan materiales de manera muy específica y activa. Del mismo modo, hay carbohidratos fijados a la superficie externa de la membrana que sirven como lugares de reconocimiento de células y moléculas que hay en el entorno.

## El citoplasma

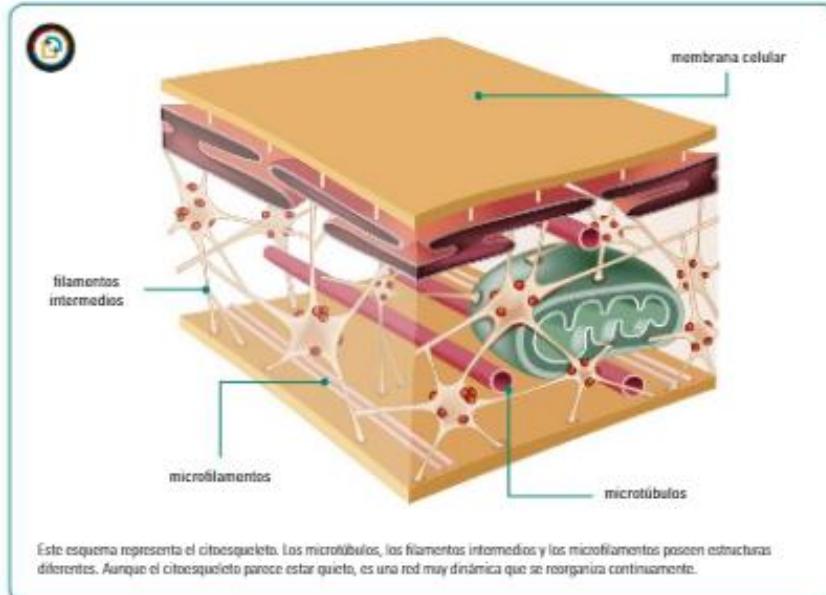
Es el material que se encuentra entre el núcleo y la membrana plasmática, y que contiene las organelas. Está constituido por un fluido similar a una gelatina blanda, llamado citosol, compuesto principalmente por agua y materiales disueltos, como sales y azúcares. Estos materiales participan en procesos que se desarrollan fuera de las organelas.

El citoplasma de las células eucariotas está surcado por miles de filamentos entrelazados que forman una trama llamada citoesqueleto. Esta red de filamentos da sostén a las organelas, mantiene la forma de la célula, hace posible los movimientos internos del contenido celular, y es responsable de los movimientos de la célula.

Durante muchos años, en la comunidad científica, se aceptó que el citoesqueleto solo está presente en las células eucariotas. Actualmente, se conocen células procariotas que contienen filamentos citoplásmicos que desempeñan actividades similares a las del citoesqueleto. Este hallazgo llevó a quienes investigan estos temas a pensar que esta estructura tiene su origen evolutivo en organismos procariotas ancestrales.



► Esquema de una de las estructuras del citoplasma de una célula procariota.



## ACTIVIDADES

1. ¿A qué se debe la denominación de "mosaico fluido" al modelo que explica la estructura de las membranas celulares? Podés complementar la información de este texto con la que aporta la animación "Membrana celular" en: <https://rebrand.ly/0twz4l>

2. ¿Por qué se refieren al "modelo" del mosaico fluido, en lugar de afirmar que las membranas son mosaicos fluidos?
3. ¿Qué función cumplen los modelos como estos en el estudio de los seres vivos?

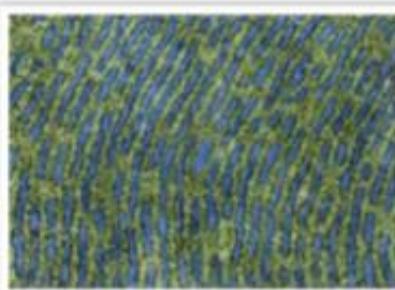
### Sistemas de membranas internas

Si se observa el citoplasma con un microscopio electrónico, se puede distinguir un complejo sistema de membranas internas o endomembranas que delimitan la célula eucariota en distintos compartimentos. Este sistema de endomembranas está constituido por el retículo endoplasmático y el aparato o complejo de Golgi.

El retículo endoplasmático está formado por una serie de túbulos, sacos aplastados y vesículas. Una parte de este sistema de membranas, llamada retículo endoplasmático rugoso (RER), tiene aspecto granuloso debido a que sobre él se distribuyen pequeños orgánulos llamados ribosomas, que también están presentes en las células procariotas. La porción sin ribosomas se denomina retículo endoplasmático liso. El retículo endoplasmático se encuentra unido, en algunas partes, al núcleo celular.

El retículo endoplasmático participa en la síntesis y transporte de proteínas que serán utilizadas fuera de la célula o que permanecerán en la membrana celular.

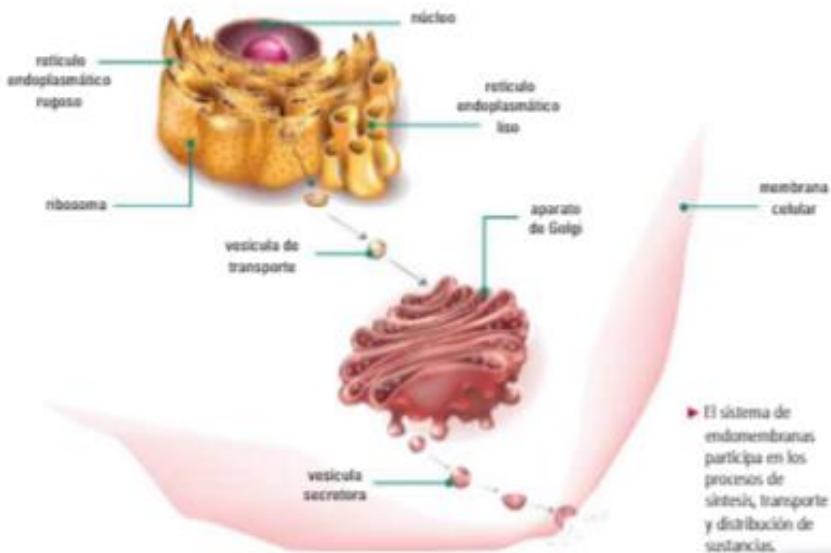
Una vez sintetizadas, las proteínas pasan del retículo endoplasmático al interior de los sacos aplastados del complejo de Golgi. Allí se forman unas



► En esta micrografía electrónica de transmisión, se observan ribosomas (puntos oscuros) sobre la membrana del retículo endoplasmático rugoso.

pequeñas vesículas a su alrededor. Estas vesículas se desplazan y llevan su contenido a otros lugares de la célula, a la membrana plasmática o al exterior. Eso depende del tipo de proteína que transportan y de la función que cumplen.

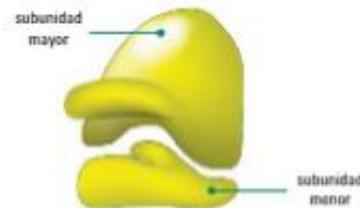
Los lisosomas son un tipo especial de vesículas que se forman en el aparato de Golgi. Se trata de pequeñísimas bolsas que contienen sustancias que cumplen una importante función en la digestión de partículas de alimentos. También, contribuyen con la defensa de la célula, pues pueden capturar y degradar bacterias y otros agentes infecciosos.



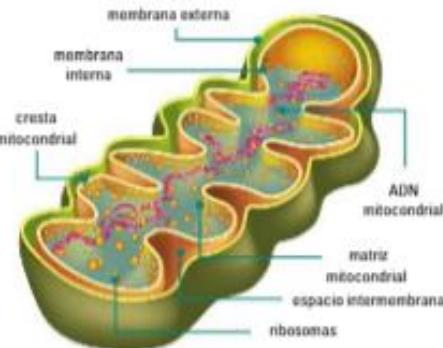
© Ediciones SM - Pág. 120 • La estructura celular • 11/121

### Los ribosomas

Estas estructuras intervienen en la síntesis de las proteínas de la célula. El número de ribosomas que hay en cada tipo de célula depende de la función que esta desempeña. Además de estar adheridos a las membranas del RER, los ribosomas también pueden estar libres en el citoplasma. Las proteínas que se fabrican en los ribosomas libres participan en procesos internos de la célula, las que se fabrican en el retículo endoplasmático son liberadas al medio externo y cumplen funciones por fuera de la célula.



► Esquema de un ribosoma. Cada ribosoma está formado por dos partes, llamadas subunidades.



A. Imagen de una mitocondria tomada con un microscopio electrónico de transmisión (corte transversal). La muestra está tratada para que se puedan distinguir las membranas. B. El esquema representa una mitocondria en corte para mostrar cómo es su estructura interna (corte longitudinal).

### Las mitocondrias

Todas las células eucariotas tienen mitocondrias. Estas organelas están formadas por una doble membrana: una membrana externa lisa y una interna con unos pliegues, llamados crestas. En el interior de las mitocondrias, hay una sustancia llamada matriz mitocondrial. Las mitocondrias cumplen una importante función, pues en ellas se lleva a cabo uno de los procesos de obtención de energía a partir de la glucosa. Este proceso se llama respiración celular, y será estudiado en el Capítulo 7.

Estas organelas poseen su propia información genética, similar a la de las células procariotas. También tienen ribosomas.

El número de mitocondrias que hay en una célula depende de la cantidad de energía que requiere esa célula para cumplir sus funciones. Por ejemplo, las células de las fibras musculares utilizan más energía que las células de la piel y contienen más mitocondrias.

Las mitocondrias tienen su propio material genético, ribosomas, y pueden replicarse por sí mismas de un modo similar al de las bacterias. Estas características han sido estudiadas por la bióloga Lynn Margulis, quien propuso una teoría acerca del origen de las células eucariotas. Según esta teoría, hace unos 2000 millones de años, un tipo de célula procariota habría habitado en el interior del citoplasma de células muy simples, procariotas o con núcleos poco diferenciados. En esta inclusión, se habría establecido una relación de beneficio mutuo que otorgó algunas ventajas a las células hospedadoras que contenían células procariotas capaces de obtener energía de forma más eficiente (que habrían dado origen a las mitocondrias). A lo largo de la evolución, dichas ventajas por sobre otras células pudieron haber favorecido una reproducción más eficaz de las células eucariotas con mitocondrias, y así habrían consolidado su presencia en el planeta.



### El núcleo celular

El núcleo celular es el componente más voluminoso de las células eucariotas animales. Con el microscopio electrónico, puede observarse que está envuelto por una doble membrana: la membrana nuclear. Esta no es continua, ya que presenta poros a través de los cuales entran y salen sustancias desde y hacia el citoplasma.

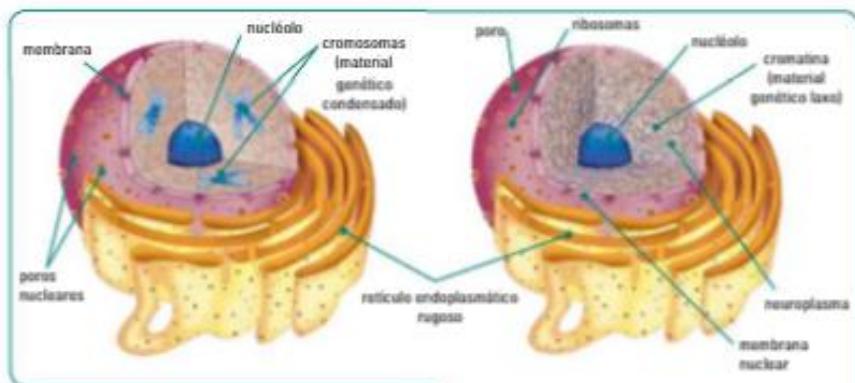
El núcleo lleva a cabo dos importantes funciones:

- Contiene la información genética. Esta información es la que hace posible la síntesis de casi todas las proteínas de la célula. La síntesis

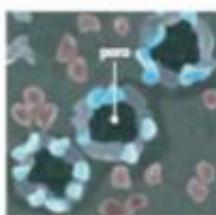
se lleva a cabo en los ribosomas que están libres en el citoplasma o en los que están sobre el retículo endoplasmático rugoso.

- Se organiza y coordina el proceso de división celular. La organización del material genético durante este proceso hace posible que la información se transfiera correctamente de una generación a otra.

El interior del núcleo cambia notoriamente según se encuentre en las etapas previas a la división celular o no. Los esquemas que siguen muestran algunas de estas diferencias.

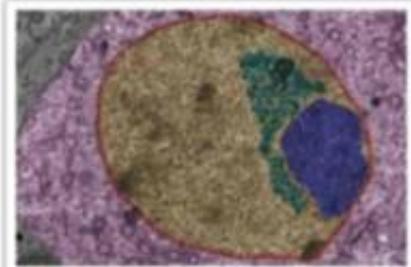


► Cada poro del núcleo está rodeado por unas proteínas que participan activamente en el transporte de materiales a través de ellos. Esta ilustración fue realizada sobre la base de una imagen tomada con un microscopio.



En el interior del núcleo celular, se encuentran una o más estructuras globulares llamadas nucelólos. Allí se originan los ribosomas, que participan en el proceso de síntesis de proteínas. Cuando la célula no está en etapa de división, el material genético está disperso y se denomina cromatina. Cuando la célula está a punto de comenzar el proceso de multiplicación, los nucelólos adquieren formas menos definidas y la cromatina se organiza en cromosomas. La cromatina está formada por un tipo de compuesto llamado ácido desoxirribonucleico (ADN). Cuando la cromatina adopta la forma de cromosomas, se organiza de una forma particular, característica de cada especie. Esta organización es posible debido a la presencia de proteínas alrededor de las cuales se enrolla el ADN.

Observando el esquema, es posible apreciar la conexión que existe entre la membrana nuclear y el retículo endoplasmático rugoso.



► Núcleo celular observado con un microscopio electrónico de transmisión. Está teñido para distinguir sus partes.

### ACTIVIDADES

1. En 1833 el inglés Robert Brown (1773-1858) identificó y nombró al nucelólo de las células. ¿Fue antes o después de que Schleiden y Schwann enunciaron sus ideas acerca de la célula como unidad de todos los seres vivos?
2. ¿Qué diferencia hay entre la membrana nuclear doble y la membrana formada por una doble capa lipídica?

### Las células vegetales

Las células vegetales tienen formas más regulares que las de los animales. Esto se debe a que poseen una pared que rodea la membrana celular, formada principalmente por celulosa, un hidrato de carbono. Este material es suficientemente rígido como para mantener la forma de la célula. En algunos tipos de células vegetales, como las que constituyen la corteza de los árboles, la pared celular está compuesta, además, de sustancias duras que perduran en la planta aún después que las células mueren. Estas paredes celulares conforman los troncos y ramas leñosas de árboles y arbustos.

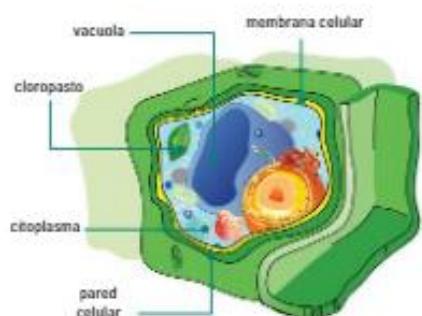
Las células vegetales poseen una organela delimitada por una membrana, llamada vacuola. La vacuola contiene principalmente agua, sales y otras sustancias que son almacenadas y digeridas allí. Es pequeña en las células jóvenes, y se va agrandando a medida que crecen. En una célula madura, la vacuola ocupa la mayor parte del espacio interior y cumple al mismo tiempo la función de mantener el volumen celular.

Las células vegetales poseen, además de la vacuola, otro tipo de organelas que no están presentes en las células animales. Se denominan plástidos, y tienen una apariencia globosa con membranas internas. Se distinguen dos tipos de plástidos:

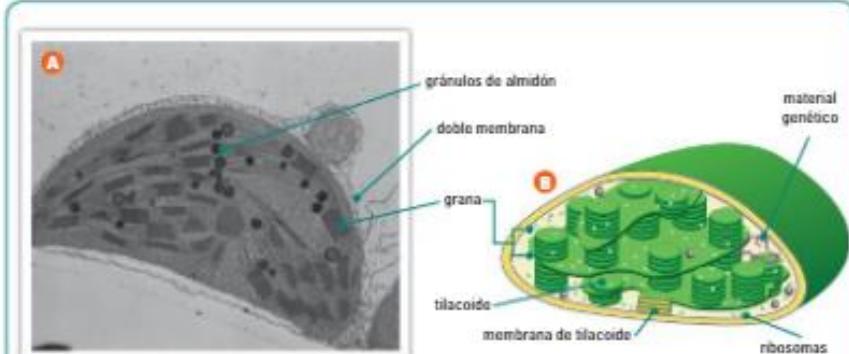
- los leucoplastos (*leuco*, del griego, 'blanco'), que tienen función de almacenamiento, sobre todo, de almidón.

- los cromoplastos (*cromo*, del griego *chroma*, 'color'), que contienen pigmentos responsables de los colores de flores y frutos, o de las tonalidades de las hojas en otoño. Un tipo muy especial de cromoplastos son los cloroplastos (*cloro*, del griego *khloros*, 'verde claro', 'verde amarillento'), que contienen clorofila y en ellos se lleva a cabo el proceso de fotosíntesis.

Los cloroplastos tienen material genético y ribosomas propios, y pudieron haber sido incorporados a las células eucariotas por un proceso de endosimbiosis similar al ocurrido con las mitocondrias. En este caso, la simbiosis habría ocurrido con un procariota capaz de fotosíntesis, similar a las cianobacterias actuales.



► La vacuola ocupa gran parte del espacio intracelular; el citoplasma, el nucelólo y las organelas se encuentran en la periferia.

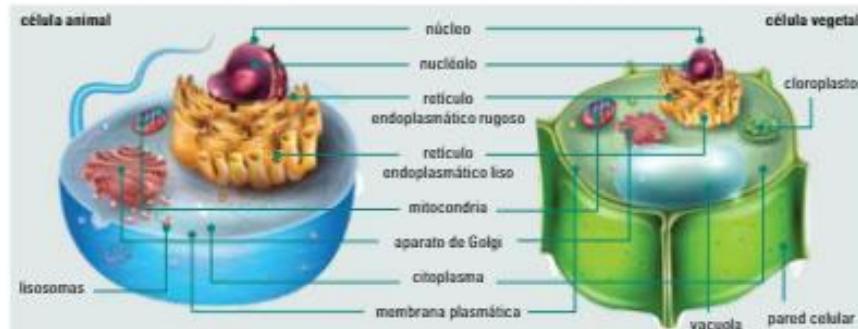


La microfotografía de un cloroplasto (A) muestra algunas estructuras internas, que se representan en el esquema (B). En la foto, también, se observan gránulos de almidón, que es el hidrato de carbono que se forma a partir de la glucosa elaborada en la fotosíntesis.

## Diferencias entre células animales y vegetales

Estos esquemas son representaciones de células "tipo" animal y vegetal, respectivamente.

Si bien ambos tipos comparten muchas características, se diferencian en algunos aspectos.



	Célula animal	Célula vegetal
Membrana celular	Sí	Sí
Pared celular	No	Sí
Mitocondrias	Sí	Sí
Lisosomas	Sí	No
Cloroplastos	No	Sí
Vacuola con agua	No	Sí

	Célula animal	Célula vegetal
Núcleo	Sí	Sí
Nucleolo	Sí	Sí
Retículo endoplasmático rugoso	Sí	Sí
Retículo endoplasmático liso	Sí	Sí
Aparato de Golgi	Sí	Sí

© Editorial Ekaré S.A. - Producción de Fotocopia Ley 11.723

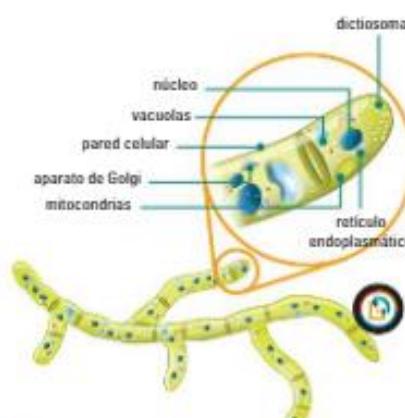
## Las células de los hongos

Los hongos son organismos eucariotas que, por sus características particulares, se agrupan en un reino aparte llamado Fungi. Unas pocas especies de hongos del grupo de las levaduras son unicelulares; el resto son pluricelulares. Estos últimos están formados por numerosos filamentos que crecen y se entrelazan sobre el sustrato que les sirve de alimento. Esto origina el micelio, una masa que suele tener aspecto algodonoso o esponjoso.

Las células de los hongos tienen una pared celular distinta de la de las células vegetales y procariotas.

Los filamentos de la mayor parte de los hongos pluricelulares están formados por células con dos o más núcleos, entre las que hay tabiques o septos. Los septos son membranas celulares que tienen unas perforaciones por donde fluye el citoplasma, pero no las organelas.

Como otras células eucariotas, las de los hongos poseen también mitocondrias, sistema de endomembranas y ribosomas.



► Los hongos están constituidos por células eucariotas diferentes de las de los animales y de las de las plantas.

## ACTIVIDADES

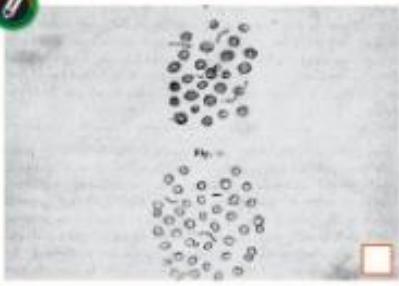
- Según lo que aprendiste acerca de los componentes celulares, ¿qué dirías sobre la presencia o ausencia de ribosomas en las células vegetales?



1. Escribi un texto que explique por qué se sostiene que la célula es la unidad estructural y funcional de los seres vivos.

2. Los dibujos fueron realizados por tres de los investigadores que hicieron importantes contribuciones a la teoría celular.

- En la carpeta, completá la información de cada imagen con estos datos:
  - Concepto que enunció cada autor.
  - Año en que cada autor arribó a las conclusiones que actualmente se aceptan.
- ¿Están ordenadas cronológicamente estas tres imágenes? Si opinás que no, numeralas de acuerdo con un orden cronológico.



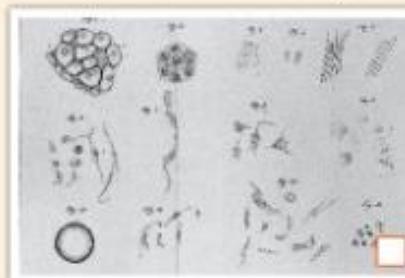
► Dibujos realizados por Louis Pasteur.

3. Se tienen dos cubos de gelatina incolora de 4 cm de lado. A uno de ellos (cubo A) se lo corta en 64 bloques de 1 cm de lado; al otro (cubo B) se lo deja entero.

Se preparan 2 vasos con idéntica cantidad de agua coloreada. En el primer vaso, se coloca el cubo A (cortado en bloques); y en el otro, el cubo B (entero), ambos quedan completamente sumergidos en el líquido. Los bloques del cubo A quedan separados dentro del agua coloreada a pequeñas distancias entre sí. Se deja los cubos en reposo unos 20 minutos; después, se observa que el colorante tiñó la gelatina. Se retiran los dos cubos.

Se fracciona el cubo B en bloques de 1 cm de lado, y se compara la tinción de los bloques pequeños de ambos cubos.

- ¿Qué diferencia esperarías encontrar?
- ¿A qué conclusión te permite arribar esta experiencia?
- ¿Qué concepto permite explicar esta diferencia en la tinción?



► Dibujos realizados por T. Schwann.



► Dibujos realizados por Rudolf Virchow.

4. ¿Qué diferencia hay entre la cromatina y los cromosomas?

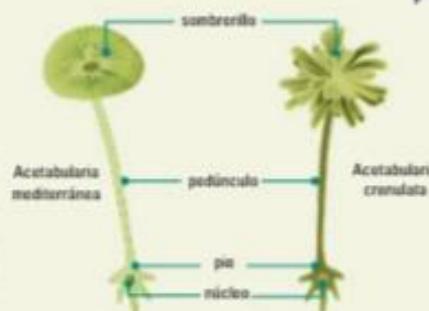
5. ¿Qué tipo de organismo se puede clasificar por su forma en los cuatro grupos que se representan en estos dibujos? ¿Se trata de células eucariotas o procariotas?



a. Indicá el nombre de cada grupo.

### Las funciones del núcleo celular

La pregunta acerca de dónde guardan las células la información hereditaria no fue fácil de resolver. Durante el siglo XX, distintos investigadores diseñaron experiencias que permitieron aportar evidencias acerca de las funciones del núcleo de las células. En esta actividad, se propone analizar una de estas experiencias, realizada por Joachim Hämmerling (1901-1980). A principios de la década del 1930, este biólogo danés diseñó y realizó un experimento con el alga unicelular del género *Acetabularia*.



El cuerpo de la acetabularia, que mide entre 2 a 5 centímetros, está formado por un pie, un pedúnculo y un sombrero. El núcleo celular se ubica en la posición denominada pie.

### Experimento de Hämmerling

#### Primera parte

Hämmerling cortó el "sombro" del alga y observó que, a partir de la porción del pie y el pedúnculo, se regeneraba el alga completa. En cambio, en la parte del sombrero no ocurría lo mismo.

Sobre la base de estos resultados concluyó que la información hereditaria estaba contenida en el pie.

#### Segunda parte

• Seleccionó individuos de dos especies, cuyos "sombros" se diferenciaban notablemente: la especie *Acetabularia mediterránea*, que tiene un sombrero en forma de sombrilla, y la *Acetabularia crenulata*, cuyo sombrero parece formado por pétalos separados.

• Tomó el pie de la *Acetabularia crenulata*, que contiene el núcleo de la célula, y lo implantó en una

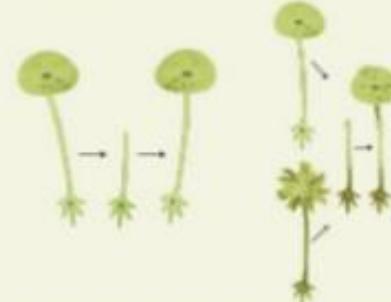
célula de la *Acetabularia mediterránea*, de la cual había eliminado antes el pie y el sombrero.

- Observó que el sombrero regenerado tenía una forma intermedia entre ambas especies.
- Cortó el nuevo sombrero regenerado y observó que el siguiente que se regeneraba era como el de la *Acetabularia crenulata*.

Hämmerling concluyó que, bajo la dirección del núcleo, se producen sustancias que viajan por el citoplasma y determinan la formación del sombrero. La primera regeneración, en la que se formó un sombrero con características de ambas especies, se debió a que estas sustancias permanecen en el citoplasma durante un tiempo. Cuando se originó el segundo sombrero, igual al de la *A. crenulata*, solo estaban en el citoplasma las sustancias determinadas por el núcleo correspondiente a esta especie.

#### 1. Preguntas para interpretar el experimento.

- Observa las imágenes e indica qué párrafo o párrafos del texto que explica el experimento usarías para explicar cada una.



- ¿Alcanzan estas dos imágenes para representar el experimento completo? Si consideras que no, identifica la parte que falta, dibújala y agrega una descripción.

#### 2. Preguntas para analizar el experimento.

- ¿Cuál sería la hipótesis que orientó a Hämmerling para el diseño de su primer experimento?
- ¿Para qué diseñó el segundo experimento?
- Tomando en cuenta lo que estudiaste acerca de la estructura interna del núcleo celular, ¿consideras que siguen siendo válidas las conclusiones de Hämmerling? Fundamenta tu respuesta.

### Pasos para la observación microscópica

1. Iluminación: utilicen una lámpara o ubiquen el microscopio en la proximidad de una fuente de luz, y orienten el espejo de modo que direccione la luz hasta que vean el campo iluminado. 2. Coloquen el preparado en la platina y desplácenlo hasta que vean que se ubica sobre la zona por donde pasa la luz. 3. Coloquen el objetivo de menos aumento. 4. Mientras observan por el ocular, acerquen el preparado a la lente objetivo, para ello, utilicen el tornillo macrométrico. Cuando vean alguna imagen semejante a la esperada, utilicen el tornillo micrométrico hasta que sea lo más nítida que puedan lograr.

Para calcular con cuánto aumento están viendo la imagen, deben multiplicar el número señalado en la lente ocular por el que indica la lente objetivo. Por ejemplo, si el ocular está marcado con 10X y el objetivo con 10X, estarán viendo la imagen 100 veces aumentada. El símbolo "X" significa aumentos.



• Este microscopio tiene un espejo que refleja la luz de una fuente externa; otros, en cambio, tienen una fuente de luz propia. Asimismo, hay diferencias en la platina: en este, es fija, mientras que otras tienen un "carrizo" que se maneja con tornillos para desplazar el preparado.

#### • Preguntas para la discusión

- ¿Qué estructuras les fue posible observar?
- ¿En qué se basan para afirmar que se trata de estructuras celulares y no de manchas de colorante, de burbujas de aire o de partículas extrañas al preparado?

3. ¿Qué forma tienen las células observadas? ¿Qué componentes celulares contribuyen a mantener la forma y el volumen de las células vegetales?

## La composición química de las células



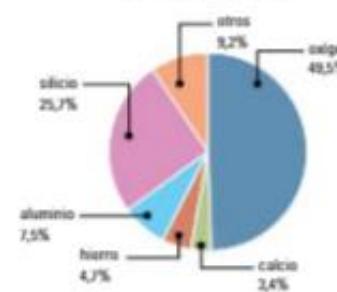
Toda la materia conocida está constituida por la combinación de alrededor de 92 elementos químicos naturales. Solo unos 25 forman parte de los seres vivos. En los organismos, estos elementos se encuentran en proporciones diferentes a las del resto del planeta y están organizados en forma de moléculas complejas que componen las estructuras celulares. Estas moléculas son elaboradas a partir de los nutrientes y participan de todos los procesos que hacen posible la vida.

### La composición química de los seres vivos

Algunos de los elementos químicos presentes en toda la materia que integra el planeta Tierra son el carbono (C), el oxígeno (O), el cloro (Cl), el sodio (Na), el calcio (Ca), el hierro (Fe) y el hidrógeno (H). Los átomos que constituyen los diferentes elementos pueden combinarse y formar una gran diversidad de compuestos cuyas moléculas poseen una forma, un volumen y una masa que las caracterizan. Algunas de esas moléculas son sencillas y pequeñas, como las que componen el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) y el oxígeno ( $\text{O}_2$ ), que forman parte del aire, el agua ( $\text{H}_2\text{O}$ ), el cloro (Cl) y el cloruro de sodio ( $\text{NaCl}$ ). Otras son más complejas, de mayor masa y volumen, como la glucosa ( $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ ), fuente de energía fundamental de muchos seres vivos.

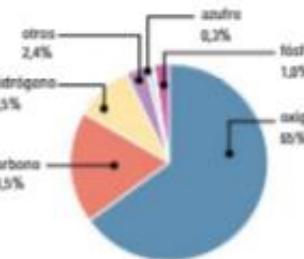
Si se compara la composición química de la corteza terrestre, los mares y la atmósfera con la de los seres vivos que habitan la biosfera, es posible constatar que las proporciones de los elementos existentes son muy diferentes. Más del 96% de la composición de todos los seres vivos conocidos está constituida por solo cuatro de los elementos existentes en la Tierra: carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno. Aproximadamente, el 4% restante está compuesto por fósforo, azufre, calcio, potasio y otros elementos.

COMPOSICIÓN DE CORTEZA, MARES Y ATMOSFERA



© Editorial Eléctiva S.A. - Permite su uso libre bajo el uso 11.03

COMPOSICIÓN DE LOS SERES VIVOS



Estos gráficos permiten comparar la composición de los seres vivos con la del resto del planeta. Fuera de los organismos, la proporción de carbono, nitrógeno y hidrógeno es tan baja que se los incluye en el grupo de "otros", mientras que, en los seres vivos, estos tres elementos están presentes en altas proporciones.



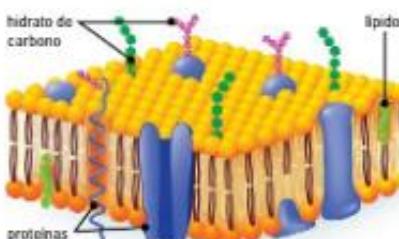
### Las moléculas de importancia biológica: las biomoléculas

Los compuestos presentes en todos los seres vivos y, por lo tanto en cada una de las células que los componen, se pueden clasificar en dos grupos: los inorgánicos, como el agua y algunos minerales, y los orgánicos, principalmente carbohidratos, proteínas, lípidos y ácidos nucleicos.

El agua es el componente mayoritario de las células y representa entre el 70% y el 95% de su contenido total.

Las estructuras celulares de los seres vivos están conformadas por un grupo de compuestos orgánicos denominados biomoléculas. Estas son consideradas moléculas de importancia biológica porque desempeñan una o varias de las funciones que se describen a continuación.

- **Función estructural o constructiva:** las biomoléculas constituyen todas las estructuras celulares.



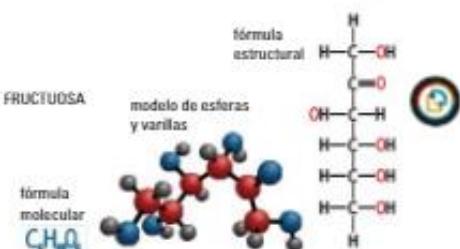
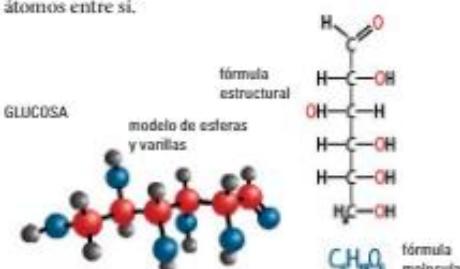
► Las membranas celulares están constituidas por ciertos tipos de lípidos, proteínas y carbohidratos, dispuestos de una manera particular.

- **Función energética:** algunas biomoléculas aportan la energía necesaria para mantener la organización y el funcionamiento del organismo. Los carbohidratos, en especial la glucosa, son la principal fuente de energía de las células.
- **Función reguladora:** algunas biomoléculas, como las enzimas, controlan y regulan las diferentes reacciones químicas que, en su conjunto, conforman el metabolismo celular. Las enzimas son un tipo de proteínas.

### Modelos moleculares

Cada sustancia que existe en la naturaleza posee propiedades que la distinguen del resto. Esas propiedades están dadas por el tipo de átomos que la constituyen, la proporción entre unos y otros y su disposición espacial.

En el campo de la química, se utilizan diversos modelos para expresar la estructura de las sustancias. El más común es el de las fórmulas químicas, que informan acerca del tipo y la proporción de átomos que constituyen sus moléculas. La glucosa y la fructosa, por ejemplo, pueden representarse mediante la fórmula química molecular  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ . Esta fórmula indica que, en ambos azúcares, por cada seis átomos de carbono, hay doce de hidrógeno y seis de oxígeno. Sin embargo, aunque haya la misma proporción de átomos de los mismos tres elementos, se trata de sustancias diferentes. Esto se debe a que los átomos se disponen de manera distinta. Para diferenciarlas, se utilizan las fórmulas estructurales, que indican además cómo están enlazados los átomos entre sí.



► Las fórmulas estructurales y los modelos de esteras permiten identificar las diferencias entre dos compuestos que tienen igual composición química, pero que sus átomos se combinan y disponen de modo diferente.

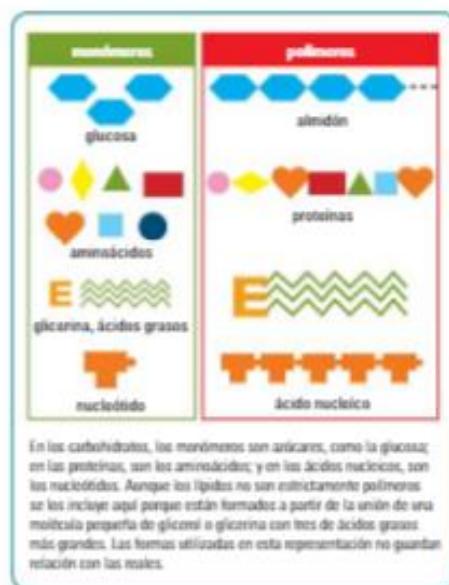
### Las macromoléculas

Las moléculas orgánicas, entre las que se encuentran las biomoléculas, se caracterizan por tener una estructura central formada por una o más cadenas de átomos de carbono unidos entre sí, a los que se unen los átomos de oxígeno y los de hidrógeno. Estas cadenas pueden estar constituidas por unos pocos átomos de carbono o por un gran número de ellos y pueden ramificarse, plegarse y adoptar varias formas. Es por ello que existe una enorme diversidad de moléculas orgánicas con diferentes tamaños, pesos y formas, cada una con propiedades particulares.

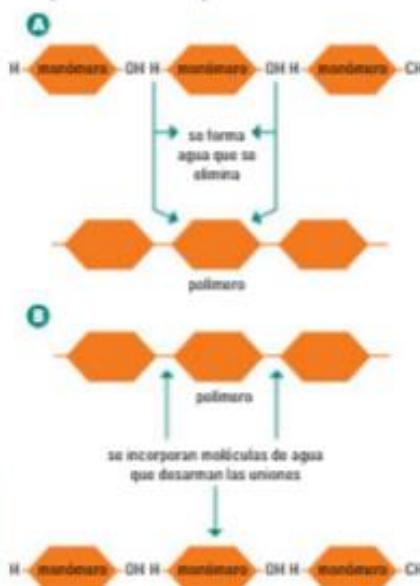
Algunas biomoléculas tienen la particularidad de ser muy grandes dentro de la escala molecular y, por eso, se las llama macromoléculas.

La mayor parte de las macromoléculas se forma a partir de moléculas más pequeñas similares entre sí, denominadas monómeros (*mono* = uno; *meros* = partes). Debido a esta característica estructural, se las llama polímeros (*polys* = muchos, *meros* = partes). Todas las proteínas y los ácidos nucleicos, y algunos carbohidratos son polímeros.

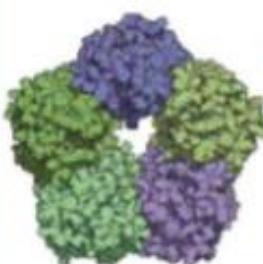
Los lípidos son macromoléculas de menor tamaño que las anteriores y, en su formación, participan moléculas de dos tipos diferentes.



Los polímeros se forman mediante un tipo de reacción química llamada condensación. También, ocurre el proceso inverso, es decir, a partir de un polímero se obtienen los monómeros por medio de reacciones de hidrólisis. Las reacciones de condensación son anabólicas, ya que el producto es más complejo que los reactivos, y se requiere energía para que ocurran. Las reacciones de hidrólisis, por el contrario, son catabólicas: liberan energía y se forman productos más simples.



► A. En las reacciones de condensación o deshidratación, se libera agua y se forma un nuevo enlace entre monómeros. Esto da por resultado un polímero. B. En las reacciones de hidrólisis, una molécula de agua reacciona con cada enlace que unen a los monómeros entre sí y los rompe.



► En este modelo de una proteína, un tipo de macromolécula, cada bolita representa un átomo. La molécula de agua solo tiene 3 átomos.

### Las proteínas

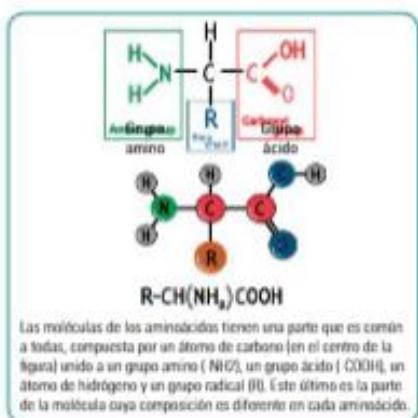
Las proteínas son biomoléculas que constituyen alrededor del 50% del peso seco de las células, es decir del peso al que se le ha descontado el agua. Todas las proteínas tienen una estructura química similar: son polímeros constituidos a partir de la unión de aminoácidos. Sin embargo, existe una enorme diversidad de proteínas, con formas y tamaños diferentes, que cumplen funciones muy variadas. La célula de una bacteria, por ejemplo, puede tener 800 tipos de proteínas; mientras que, en una célula humana, pueden encontrarse 10.000 clases diferentes de estas macromoléculas.

La fabricación (o síntesis) de proteínas se lleva a cabo en los ribosomas, tanto en los que se encuentran en el retículo endoplasmático rugoso como en los que están libres en el citoplasma.

### Composición química de las proteínas

Una proteína está constituida fundamentalmente por una o más cadenas de aminoácidos. Cada cadena recibe el nombre de polipéptido. Las moléculas de aminoácidos, a su vez, están constituidas por carbono (C), hidrógeno (H), oxígeno (O) y nitrógeno (N); la mayoría contiene azufre (S), y algunas poseen fósforo (P), hierro (Fe), cinc (Zn) o cobre (Cu).

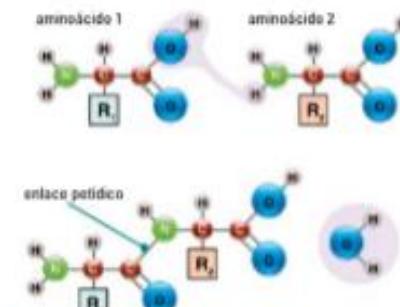
La enorme diversidad de proteínas se debe a que, aunque solo existen 20 aminoácidos distintos, estos pueden combinarse en cualquier orden



Las moléculas de los aminoácidos tienen una parte que es común a todas, compuesta por un átomo de carbono (en el centro de la figura) unido a un grupo amino ( $\text{NH}_2$ ), un grupo ácido ( $\text{COOH}$ ), un atomo de hidrógeno y un grupo radical ( $\text{R}$ ). Este último es la parte de la molécula cuya composición es diferente en cada aminoácido.

y estar presentes repetidas veces. Cada proteína se caracteriza por la cantidad y los tipos de aminoácidos que la componen y por el orden o secuencia en que ellos se disponen. La información de la secuencia propia de cada proteína está contenida en el material genético de la célula.

Una serie de aminoácidos unidos constituye un polipéptido, las proteínas están constituidas por cadenas polipeptídicas que se forman a partir de reacciones de condensación entre los aminoácidos. Estos se unen mediante un enlace conocido como enlace peptídico, que se establece entre el grupo ácido de un aminoácido y el grupo amino del otro aminoácido.



► Reacción de condensación entre dos aminoácidos. El enlace que se forma se llama peptídico. En la reacción, se libera una molécula de agua.

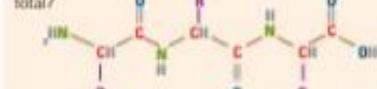
Solo once de los veinte aminoácidos que conforman las proteínas pueden ser sintetizados en las células humanas. Los nueve restantes solo se obtienen a través de la dieta; y por eso, se los denomina aminoácidos esenciales. El huevo y la leche son alimentos que aportan todos los aminoácidos esenciales, y en mayor cantidad. Los alimentos de origen vegetal son incompletos en este tipo de aminoácidos, entonces, deben combinarse apropiadamente para obtener todos los necesarios.

### ACTIVIDADES

1. ¿Cuántos enlaces peptídicos hay en esta cadena?

a. ¿A partir de cuántos aminoácidos se formó?

b. ¿Cuántas moléculas de agua se habrán liberado en total?



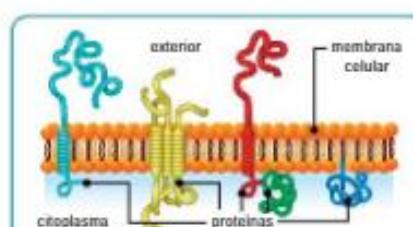
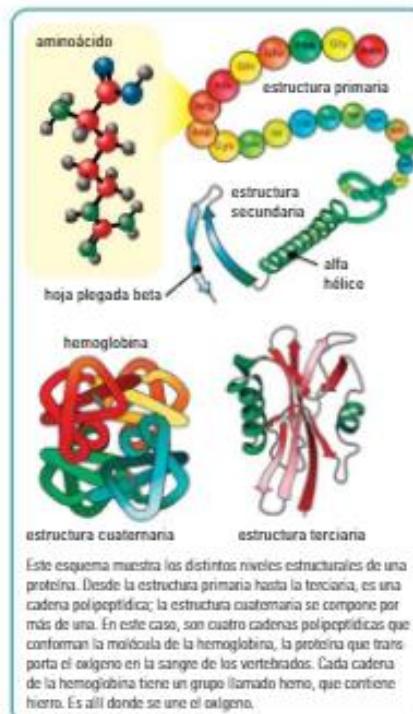
### La estructura de las proteínas

La estructura de las proteínas está dada inicialmente por su composición química. Pero las cadenas polipeptídicas tienen además la propiedad de enrollarse y plegarse sobre sí mismas. De ese modo, adoptan una forma tridimensional particular que es fundamental para la función que desempeñan. Esta estructura tridimensional está condicionada, en primera instancia, por la secuencia de sus aminoácidos. Un cambio en uno o más aminoácidos de la cadena puede modificar la forma de la molécula y afectar su función.

De acuerdo con esta propiedad particular de enrollarse y plegarse sobre sí mismas, es posible distinguir distintos niveles estructurales de las proteínas:

- La estructura primaria, que está dada por los aminoácidos que componen la secuencia y el orden en que estos se encuentran en la proteína.
- La estructura secundaria, que es la forma que adopta la cadena en el espacio como consecuencia de enlaces que se establecen entre algunos átomos de la propia cadena de aminoácidos. Esta forma puede ser producto de un plegamiento o de un enrollamiento a modo de hélice.
- La estructura terciaria, que es resultado de un plegamiento de la estructura secundaria, mediante el cual adopta la forma tridimensional que determina las propiedades y funciones de la proteína.
- Estructura cuaternaria: se da en proteínas que están compuestas por más de una cadena polipeptídica. Esta estructura depende del modo en que se unen esas cadenas entre sí o con moléculas no proteicas.

Las temperaturas elevadas y algunas sustancias, como ácidos y alcoholes, pueden modificar las estructuras tridimensionales de las proteínas y, por lo tanto, su función. Este proceso se denomina desnaturalización, y puede ser reversible o irreversible. Si se produjo lentamente y fue parcial, las moléculas pueden retomar su forma original una vez que las condiciones del medio se hayan reestablecido. Cuando el proceso de desnaturalización de una proteína es irreversible, se dice que ocurrió una coagulación.



La importancia de la estructura tridimensional de las proteínas se pone de manifiesto en los canales proteicos y en las proteínas transportadoras de las membranas celulares. Estas solo cumplen su función si tienen una determinada estructura espacial, que está dada por los plegamientos de la molécula.



### Las funciones biológicas de las proteínas

Las proteínas que se elaboran en la célula desempeñan numerosas y variadas funciones. Algunas son estructurales y forman parte de todos los componentes celulares; otras, como las enzimas, son reguladoras; otras transportan sustancias. Hay proteínas que intervienen en los mecanismos de defensa contra agentes extraños, y otras tienen la propiedad de contraerse y relajarse para posibilitar la movilidad de la célula, tejido u órgano. En algunos organismos, las proteínas son sustancias de reserva de nutrientes. En el cuadro que sigue, se presentan algunos ejemplos.

Funciones	Ejemplos
De reserva	Albúmina, alimento del embrión durante el desarrollo.
De transporte	Proteínas con pines, presentes en las membranas; hemoglobina que transporta oxígeno en la sangre.
Contractil	Actina y miosina, componentes de las células musculares.
Protectora o de defensa	Immunoglobulinas, acción contra agentes infecciosos.
Humoral	Insulina, participa en la regulación del metabolismo de la glucosa.
Estructural	Componentes de las membranas celulares, colágeno.
Inmúnica	Hidrolasas, catalizan reacciones de separación en moléculas más simples; ligasas, catalizan reacciones de unión de moléculas.

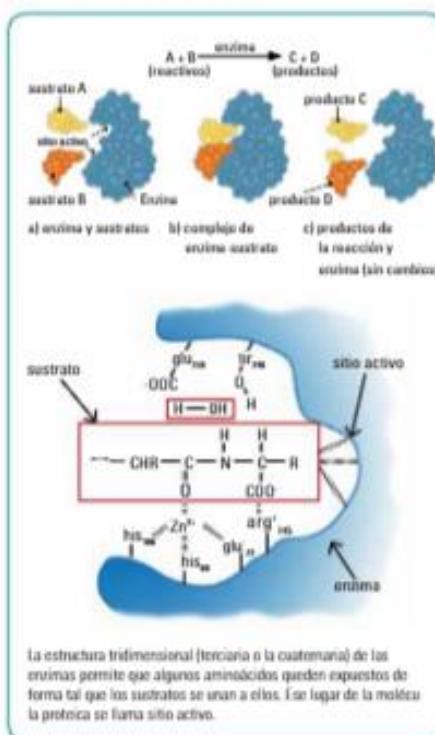
La información genética, contenida en el *gen* de cada célula de un organismo, determina la composición de cada proteína y, por lo tanto, también su estructura. Debido a la gran diversidad de funciones que cumplen en los seres vivos, las proteínas son las que determinan en mayor medida las características propias de cada especie y de cada individuo. Esto explica por qué la información genética es tan importante en los procesos biológicos.

### Las enzimas

Las enzimas merecen una mención especial, pues son un tipo de proteínas de gran importancia. Su acción hace posible que se lleven a cabo las reacciones químicas propias de los seres vivos dentro del rango de temperaturas del planeta Tierra. Sin las enzimas, estos procesos ocurrirían tan lentamente que la vida, tal como se desarrolla en el planeta, sería imposible.

Este proceso, llamado catalización biológica, pone de manifiesto la importancia que tiene la forma de una proteína en relación con la función que cumple. La forma tridimensional de cada enzima es lo que permite que se una con las moléculas que participan de la reacción química que cataliza y se formen los productos.

Cada enzima que existe actúa específicamente en una reacción química. Una vez formado, el producto se desprende de la enzima y esta queda disponible para seguir actuando con otras moléculas del reactivo.



### ACTIVIDADES

1. El video [¿Qué son las enzimas?](http://cor.to/Gtb1) (<http://cor.to/Gtb1>) es una animación que representa cómo actúan estas proteínas. ¿Qué información de ese video seleccionarias para agregar a la que se aporta acerca de las enzimas en estas páginas?



## Los carbohidratos

Este grupo de biomoléculas se conoce con el nombre de hidratos de carbono o glúcidos. Las moléculas de los carbohidratos están formadas por átomos de carbono, hidrógeno y oxígeno, que se combinan en cantidades y formas variadas y dan lugar a la formación de una gran diversidad de sustancias.

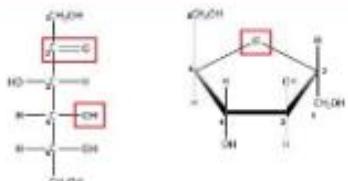
### Composición y estructura de los carbohidratos

Según la complejidad de su estructura, los carbohidratos se clasifican en monosacáridos, disacáridos y polisacáridos.

Los monosacáridos son los carbohidratos de menor tamaño molecular y estructura más sencilla, sus moléculas pueden tener entre 3 y 7 átomos de carbono. Los que poseen seis átomos de carbono, como la glucosa, la fructosa y la galactosa, son los más abundantes en la naturaleza. La glucosa es el azúcar que los organismos autótrofos fabrican en el proceso de la fotosíntesis a partir de la combinación del dióxido de carbono y del agua que incorporan del entorno. Este monosacárido es indispensable para que se lleven a cabo los procesos de obtención de energía en las células de casi todos los seres vivos.

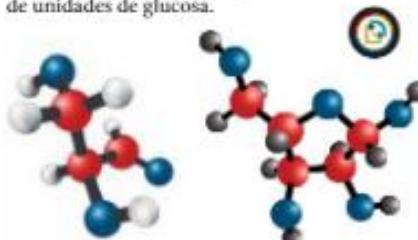
Cuando los monosacáridos se encuentran en un medio acuoso, como es el interior de las células, las cadenas de carbono adoptan formas cíclicas, también llamadas "en anillo".

Los disacáridos se forman a partir de dos monosacáridos. La sacarosa, que es el azúcar que más se utiliza para endulzar los alimentos, es un disacárido.

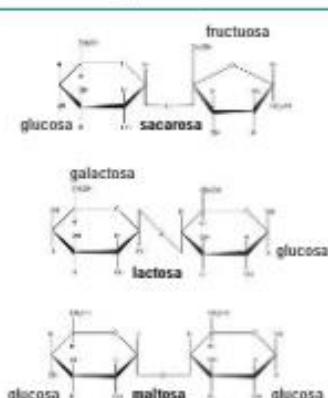


Fórmulas estructurales de la fructosa. La fructosa es un monosacárido del grupo de las hexosas (su cadena carbonada es de seis átomos). Aquí se destacan el grupo  $-C=O$  y  $-OH$ , las partes másativas de la molécula. Cuando reaccionan entre sí, la molécula se cierra y adopta una estructura cíclica, unida por un átomo de oxígeno.

Como se vio anteriormente, los polisacáridos son macromoléculas formadas a partir de numerosas moléculas de monosacáridos, mediante reacciones de condensación. Algunos ejemplos de polisacáridos son el almidón, el glucógeno y la celulosa, que se forman por la unión de miles de unidades de glucosa.



► A la izquierda, se representa un monosacárido de tres carbonos (riboza), llamado gliceraldehído; a la derecha, un monosacárido de cinco carbonos (pentosa), llamado ribosa. Modelos de esferas y palos.



La sacarosa se forma a partir de la condensación de dos monosacáridos diferentes, la glucosa y la fructosa. Otro ejemplo de disacárido es la lactosa, el principal glúcidico de la leche de los mamíferos. Está formado por una molécula de glucosa y una de galactosa. La maltosa es un disacárido formado por dos moléculas de glucosa. Aquí se representan sus fórmulas estructurales.

El nombre glúcidos proviene de la palabra griega *glykys*, que significa "dulce", hace referencia al gusto que tienen algunas de estas sustancias, como la glucosa, la fructosa y la sacarosa. Por lo general, los glúcidos más simples son los que tienen sabor dulce; en cambio, los polisacáridos no lo poseen. Es por eso que los alimentos con alto contenido en polisacáridos pero sin glúcidos simples, como las papas o el arroz, no son dulces.

### Las funciones biológicas de los carbohidratos

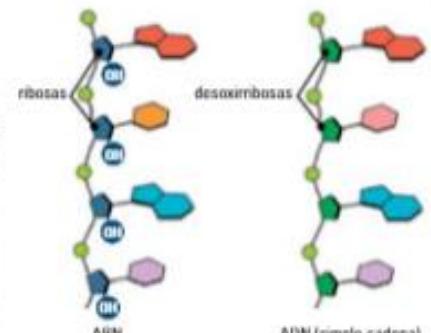
Los carbohidratos cumplen diversas funciones. Algunos participan en diferentes procesos celulares y aportan energía; otros forman parte de estructuras, como las membranas celulares; y otros integran moléculas complejas de gran importancia biológica.

Como se dijo anteriormente, la glucosa es el principal glúcidico con función energética, pues a partir de ella, la mayoría de los seres vivos obtienen energía en forma inmediata. Los procesos que permiten obtener energía a partir de la glucosa son la respiración celular (en presencia de oxígeno) y la fermentación (en ausencia de oxígeno).

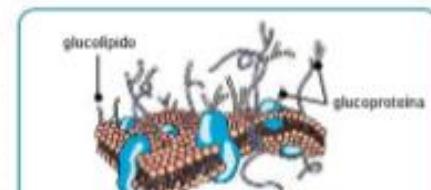
La función principal de los polisacáridos es la de reserva de energía. El almidón en las plantas y el glucógeno en los animales se forman a partir de la glucosa que no es utilizada de inmediato y que se almacena en las células. Cuando la cantidad de glucosa es insuficiente o, si la actividad celular demanda un aporte extra de energía, los polisacáridos se separan mediante reacciones de hidrólisis y se obtienen numerosas moléculas de glucosa.

Algunos carbohidratos desempeñan funciones estructurales, como materiales de construcción y de sostén de las células. Un ejemplo es la celulosa, un polisacárido que es el componente principal de la pared que rodea las células vegetales y las de las partes fibrosas y leñosas de las plantas. La madera, por ejemplo, está constituida en más de un 50% por celulosa; el algodón, casi en un 100%. Otro ejemplo es el polisacárido denominado quitina, que forma parte de la cubierta exterior (exoesqueleto) de diversos grupos de insectos, arácnidos y crustáceos.

Algunos glúcidos se unen a otras biomoléculas. La ribosa y la desoxirribosa son dos pentosas que forman parte de los monómeros que constituyen al ARN y al ADN, respectivamente, dos ácidos nucleicos. Otros glúcidos se combinan con proteínas y juntos forman glucoproteínas; y otros con lípidos, y así, dan origen a los glucolípidos, que se encuentran en la membrana celular.



► Las moléculas de *RNA* (izquierda) contienen ribosa, mientras que las de *ADN* (derecha) poseen desoxirribosa.



En esta representación del modelo de membrana celular, se destaca la presencia de glucidos asociados a proteínas [glucoproteínas] y a lípidos [glucolípidos]. Estas moléculas se encuentran del lado externo de la membrana celular y cumplen principalmente la función de reconocer sustancias presentes en el medio que rodea la célula o en la superficie de células vecinas. Los grupos sanguíneos, por ejemplo, están determinados por un tipo de glucoproteínas que contiene la membrana de los glóbulos rojos.

## ACTIVIDADES

- Observá ambas imágenes, relee los textos que consideres necesario y resolvé las consignas que están a continuación.



- ¿Qué organela se muestra en la microfotografía A? ¿Qué información permite responder esta pregunta?
- ¿Qué proceso se lleva a cabo en esa organela?
- ¿Cuál es el principal producto de ese proceso? ¿Cuál es el polisacárido que se almacena en esta organela?
- La célula de la microfotografía B ¿es animal o vegetal?
- ¿Cuando aumenta la demanda de glucosa, ¿se producen reacciones de condensación o de hidrólisis? ¿En qué consiste cada una de estas reacciones?

## Los lípidos

Bajo el nombre de lípidos se agrupa un conjunto heterogéneo de biomoléculas que tienen una propiedad en común: son hidrofóbicos, es decir, insolubles en agua. Forman parte de este grupo las grasas, los aceites, los fosfolípidos, los esteroides, las ceras y el colesterol.

### Estructura y funciones biológicas de los lípidos

Las grasas y los aceites están formados por largas cadenas de ácidos grasos unidas a una molécula de un alcohol llamado glicerol (o glicerina), por eso también se los denomina triglicéridos. Según el tipo de ácidos grasos que las forman, estas sustancias se encuentran sólidas a temperatura ambiente (20 °C), como las grasas animales; o líquidas, como los aceites vegetales.

Los fosfolípidos son lípidos de estructura compleja. Tienen una "cola" hidrofóbica formada por dos ácidos grasos y una cabeza hidrofílica (soluble en agua) que contiene un grupo fosfato.

Los esteroides son un tipo especial de lípidos con gran importancia biológica. Dentro de este grupo, se encuentran las hormonas sexuales, el cortisol, los ácidos biliares, la vitamina D y el colesterol.

Las ceras son lípidos que se encuentran en estado sólido a temperatura ambiente y se ablandan con el calor. Existen ceras de origen vegetal y de origen animal. Las de origen vegetal forman una lámina que recubre las hojas de las plantas y las protege de la desecación. Asimismo, se las puede encontrar en la superficie de los frutos. Dentro de las ceras animales, se puede mencionar la lanolina, que proviene de la lana de las ovejas, y la cera que producen las abejas, entre otras.

El colesterol es un lípido que se sintetiza en el hígado a partir de ciertos ácidos grasos y, también, se obtiene por ingestión de alimentos de origen animal.

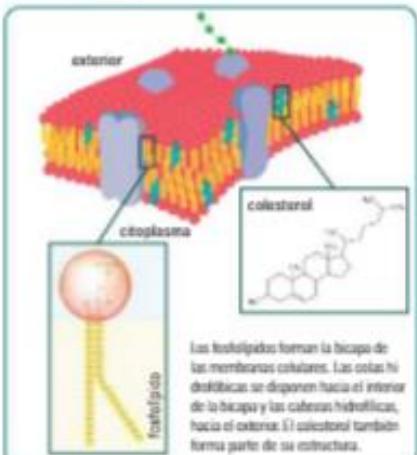
Los lípidos cumplen diversas funciones. Por ejemplo, los fosfolípidos, el colesterol y los glucolípidos forman parte de las membranas celulares.

El colesterol también integra la vaina de mielina de las células nerviosas.

Algunos esteroides cumplen funciones de regulación, como las hormonas sexuales y el cortisol, que es una hormona que regula el metabolismo de otras biomoléculas e interviene en la regulación del equilibrio hídrico.

Los aceites y grasas constituyen una importante reserva energética, especialmente, en los animales. Se almacenan en las células del tejido adiposo y, cuando hay pocos glucidos disponibles, esos lípidos son utilizados como materia prima de procesos en los que se obtiene glucosa.

► Las grasas y aceites no se disuelven en agua debido a su naturaleza hidrofóbica. Esta propiedad está dada por las largas cadenas de ácidos grasos que poseen las moléculas de estos lípidos.



Los fosfolípidos forman la bicapa de las membranas celulares. Las colas hidrofóbicas se disponen hacia el interior de la bicapa y las cabezas hidrofílicas, hacia el exterior. El colesterol también forma parte de su estructura.

En los animales que hibernan, los lípidos almacenados en su tejido adiposo son procesados lentamente durante el período de latencia. Como resultado de este procesamiento, se obtiene grasa y otros nutrientes necesarios para mantener las funciones vitales. Es por eso que, durante la hibernación, estos animales pierden un alto porcentaje de peso y se los observa más flacos en la primavera.

## Los ácidos nucleicos

Como se vio anteriormente, todos los seres vivos tienen en sus células dos tipos de ácidos nucleicos, el ácido desoxirribonucleico (ADN) y el ácido ribonucleico (ARN).

Aunque las funciones que desempeñan ambas biomoléculas son diferentes, en conjunto, son responsables del almacenamiento, la transmisión y la expresión de la información genética en los seres vivos.

### Composición y estructura de los ácidos nucleicos

Las moléculas de ADN y de ARN son polímeros cuyas largas cadenas están formadas a partir de monómeros llamados nucleótidos. Cada nucleótido, a su vez, está formado por un azúcar, un grupo fosfato y una base nitrogenada.

En el ADN, existen cuatro tipos de nucleótidos, que se diferencian por la base nitrogenada que los compone. Estas bases son la adenina (A), la guanina (G), la citosina (C) y la timina (T). El azúcar que forma parte de estos nucleótidos es la desoxirribosa.

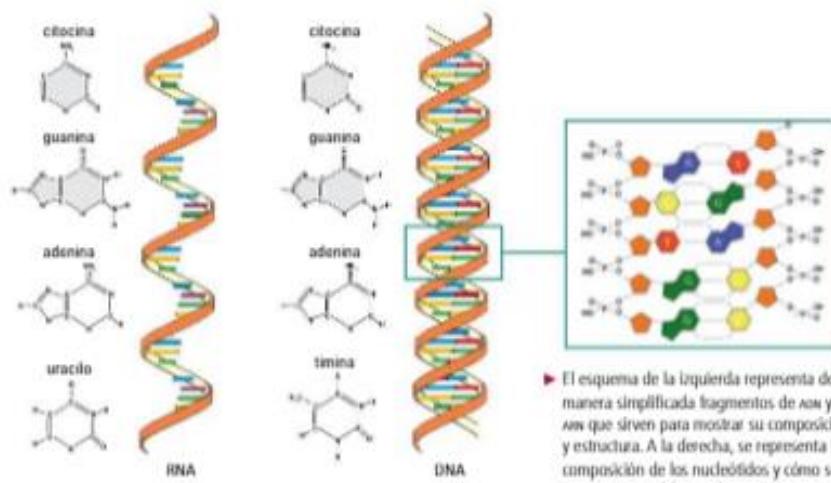
Cada molécula de ADN está constituida por dos cadenas de nucleótidos enfrentadas. La forma del ADN en el espacio se asemeja a una larga

escalera de caracol, donde las bases nitrogenadas de los nucleótidos se orientan hacia el interior de la molécula. Las bases nitrogenadas se enlanzan de a pares, y esos enlaces mantienen unidas ambas cadenas. Los pares de bases son complementarios: la adenina (A) siempre se enlaza con la timina (T), y la guanina (G) con la citosina (C). Las uniones entre las bases son relativamente débiles en comparación con otros enlaces químicos. Se llaman puentes de hidrógeno y se producen debido a la atracción existente entre átomos de nitrógeno de una de las bases y átomos de hidrógeno de la base complementaria.

Este modelo tridimensional de la molécula de ADN se denomina modelo de la "doble hélice" y fue descrito en 1953 por los científicos James Watson y Francis Crick.

Cada molécula de ARN está formada además por cuatro nucleótidos cuya composición difiere de la de los nucleótidos del ADN: el azúcar que integra cada monómero es la ribosa en lugar de desoxirribosa, y solo tres de las bases nitrogenadas son iguales (A, C, G). El ARN no contiene timina, sino otra base llamada uracilo (U).

El ARN está formado por una sola cadena de nucleótidos, pero puede plegarse sobre sí misma y formar segmentos dobles.

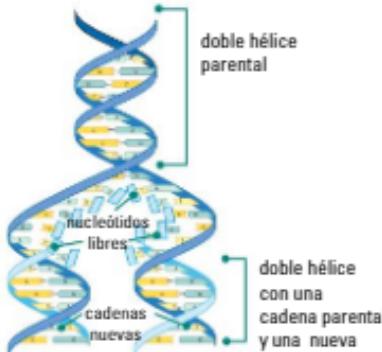


## Las funciones biológicas de los ácidos nucleicos

El ADN se encuentra fundamentalmente en forma de cromosomas lineales dentro del núcleo de células eucariotas y como moléculas circulares en el citoplasma de células procariotas. Este ácido nucleico es el portador de la información genética, es decir que, en sus moléculas, están contenidas las instrucciones a partir de las cuales se sintetizan todas las proteínas de la célula. Esta información está dada por la secuencia de bases de sus cadenas.

El ADN tiene la propiedad de autoduplicarse, es decir de elaborar copias de sí mismo a partir de los nucleótidos que hay en la célula. Esta propiedad posibilita la transmisión de la información genética de generación en generación durante el proceso de multiplicación celular y de reproducción de los organismos. Por lo tanto, el ADN es la molécula que hace posible la continuidad de cada especie.

También, hay ADN en los cloroplastos y las mitocondrias de las células eucariotas. Este ADN contiene la información que posibilita la multiplicación autónoma de estas organelas en el momento de la reproducción celular.



► Durante la duplicación del ADN, las cadenas se separan y, sobre cada una de ellas, se forma una nueva cadena complementaria. El resultado es dos nuevas moléculas, cada una con una cadena original y una nueva.

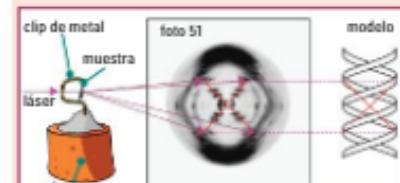
El ARN, también, interviene en la síntesis de proteínas. Las células poseen tres tipos de ARN y cada uno cumple una función particular en ese proceso celular.

- ARN ribosomal es la sustancia que compone los ribosomas. Estos son el soporte sobre el que se realiza la síntesis de las proteínas;
- ARN mensajero es copiado a partir del fragmento de ADN que contiene la información de la proteína que se va a sintetizar, y se traslada desde el núcleo hacia el citoplasma. La secuencia del ARN mensajero determina el orden en que los aminoácidos se unirán entre sí durante la síntesis de la proteína;
- ARN de transferencia. Son cadenas cortas de nucleótidos con una forma particular, que cumplen la función de "captar" los aminoácidos que se encuentran en el citoplasma y de trasladarlos hacia el ARN ribosomal cuando este se ha unido el ARN mensajero. El ARN de transferencia se ubica en el lugar exacto en el que debe ensamblarse cada aminoácido en la cadena que formará la proteína sintetizada.

La síntesis de proteínas (que será explicada en el Capítulo 7) da como resultado la conformación de una secuencia específica de aminoácidos que proviene de la información contenida en el ADN.

### WATSON, CRICK Y FRANKLIN

En 1953, fue elaborado el modelo de la molécula de ADN gracias al trabajo de James Watson (1928), Francis Crick (1916-2004) y Rosalind Franklin (1920-1958). El modelo de la doble hélice permitió explicar muchas de las propiedades del ADN y comprender el mecanismo por el cual la información genética puede copiarse y transmitirse de una célula a otra. Los autores más reconocidos en la elaboración de este modelo son Watson y Crick. Esto se debe a que ellos publicaron sus primeros artículos sin incluir a Rosalind Franklin, a pesar de que ella había aportado datos fundamentales para la definición de la estructura. En 1962, se otorgó el Premio Nobel de Medicina y Fisiología a ambos científicos. Franklin había fallecido cuatro años antes.



► Esquema que explica cómo fue tomada la fotografía de Rosalind Franklin y cómo la interpretaron Watson y Crick.

## Otras sustancias de importancia biológica

El normal funcionamiento de las células y de los organismos que ellas componen no solo depende de las biomoléculas. Existen otras sustancias cuya participación es esencial, entre ellas, los minerales y las vitaminas. Estos nutrientes son necesarios en cantidades muy pequeñas, pero su presencia es fundamental para que se lleven a cabo ciertos procesos metabólicos.

### Los minerales

Algunos minerales están presentes en todos los seres vivos y se encuentran en proporciones considerables (en conjunto representan alrededor del 4% del peso de los organismos). Ellos son el sodio, el potasio, el calcio, el fósforo, el magnesio, el azufre.

Otros minerales, como el cromo, el cobre, el yodo, el hierro, el flúor, son requeridos por los seres vivos en muy pequeñas cantidades, y por eso, se los llama oligoelementos (oligo: del griego, poco). Algunos oligoelementos están presentes en todos los seres vivos y otros, como el yodo, solo en ciertas especies.

Los minerales pueden estar disueltos en el citoplasma de las células o en los fluidos extracelulares de los organismos multicelulares, como el potasio, el sodio y el calcio, que intervienen en la transmisión del impulso nervioso en las células de los animales.



► El calcio está presente en estructuras biológicas tan importantes como los huesos y la cáscara de los huevos de los vertebrados, y en el caparazón de varios invertebrados.

Asimismo, pueden encontrarse como parte de compuestos complejos, como el hierro, que está presente en la hemoglobina de la sangre de los animales vertebrados, y el magnesio, que forma parte de la molécula de clorofila, el pigmento verde de las plantas.

### Las vitaminas

Las vitaminas constituyen un grupo heterogéneo de sustancias que difieren unas de otras tanto en su estructura química como en su función. Se las agrupa bajo la misma denominación debido a que todas ellas son esenciales en cantidades infinitas para que se lleven a cabo reacciones químicas muy específicas, y porque actúan en asociación con las enzimas.

Las vitaminas no se utilizan como fuente de energía ni como componentes estructurales, sino que cumplen funciones reguladoras. Tanto la carencia como el exceso de vitaminas pueden causar trastornos en el funcionamiento del organismo.

Se han identificado alrededor de 15 vitaminas diferentes, que se pueden clasificar en dos grupos: solubles en grasas o liposolubles y solubles en agua o hidrosolubles.



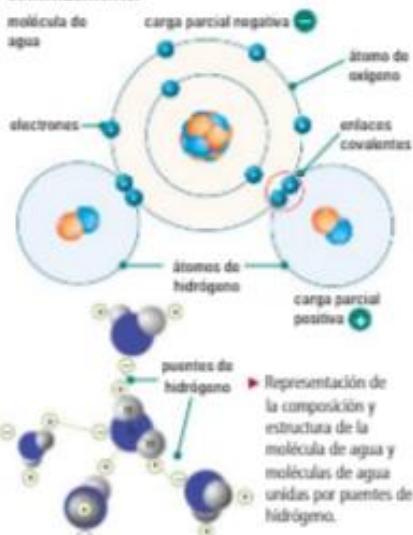
## El agua en las células

El agua es la sustancia más abundante en la biosfera. Según las teorías más aceptadas, la vida se originó en el agua y evolucionó en ese medio. No es de extrañar, entonces, que las funciones metabólicas sean absolutamente dependientes de ella.

## Composición y estructura del agua

Cada molécula de agua está constituida por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno. Cada átomo de hidrógeno está unido al átomo de oxígeno por un enlace covalente, es decir, cada átomo comparte un electrón con el otro. Si bien la molécula de agua en su conjunto tiene carga neutra, los electrones compartidos se encuentran atraídos con más fuerza por el núcleo de oxígeno que por los de hidrógeno. Esto da como resultado que las regiones cercanas a los núcleos de hidrógeno sean débilmente positivas y la próxima al núcleo de oxígeno sea negativa. Esta característica de la molécula se denomina polaridad.

Debido a su polaridad, cuando el agua se encuentra en estado líquido o sólido, las moléculas se atraen entre sí. Esto se debe a que se forman puentes de hidrógeno. En el estado líquido, estas uniones débiles se rompen y se vuelven a formar continuamente.



## Las propiedades del agua

La posibilidad de establecer puentes de hidrógeno confiere al agua propiedades particulares:

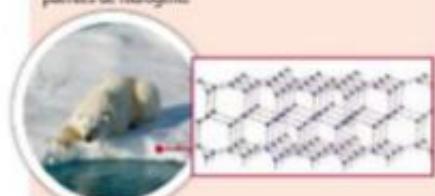
- Es muy buen disolvente.
- Actúa como termorregulador y contribuye al mantenimiento de las temperaturas aptas para la vida.

Debido a estas dos propiedades, el agua es el medio más propicio para que se lleven a cabo en las células todas las reacciones químicas.

- Posee una gran capacidad de reaccionar con otras sustancias y, por eso, participa en numerosos procesos del metabolismo celular.
- Colabora en el mantenimiento de la forma y la estructura de las células, principalmente de las vegetales.
- Posee una elevada capacidad de cohesión entre sus moléculas, y también de adhesión a moléculas de otras sustancias. Esta propiedad hace posible la formación de películas en la superficie y de columnas continuas de agua, respectivamente. La formación de columnas continuas favorece, por ejemplo, el ingreso del agua en las raíces y el transporte dentro de los vasos conductores de las plantas.

### ¿POR QUÉ FLOTA EL HIELO EN EL AGUA LÍQUIDA?

El agua es la única sustancia que tiene menor densidad en estado sólido que en estado líquido. Esta característica se debe a la polaridad de su molécula y a la formación de puentes de hidrógeno.

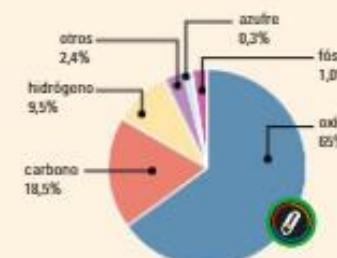


Por debajo de los 0 °C, las moléculas de agua quedan unidas por los puentes de hidrógeno y forman cristales. Ordenadas en esa estructura, las moléculas se disponen a distancias mayores que cuando se encuentran en movimiento en estado líquido entre 0 °C y 4 °C. Es por eso que el hielo tiene menor densidad (ocupa más espacio) que el agua líquida a esas temperaturas y flota en ella. Por encima de los 4 °C, el agua líquida es menos densa que el hielo, y por eso, este se funde durante el bache lento en que se mantiene sólido a esa temperatura.

## Propuesta de actividades

### 1. Observen el siguiente gráfico.

- ¿Qué representa?
- Mencínen biomoléculas que contengan cada uno de los elementos señalados.
- Den un ejemplo de los elementos que se incluyen en el gráfico como "otros": 2,4%, y mencínen en qué proceso intervienen.



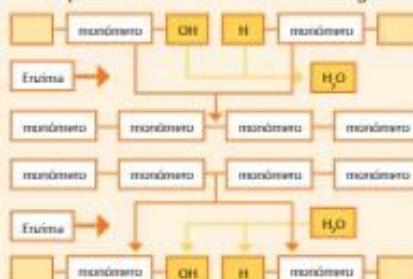
### 2. Completá el cuadro.

Tipo de función	Proteínas		Acidos nucleicos
Estructural	Forman parte de la membrana celular, asociados a otras biomoléculas.	Algunos conforman la bicapa de la membrana celular.	
Energética	Algunas aportan energía de utilización inmediata. Otros son de reserva energética.		
Reguladora			

- Los huesos de los vertebrados están constituidos en un 45% por sales de calcio y de fósforo, que les aportan dureza y resistencia. El calcio suele estar presente en los lácteos y se absorbe en el intestino delgado, pero esto ocurre solamente si en el medio hay una cantidad adecuada de vitamina D. ¿A qué tipo de función del calcio y del fósforo se hace referencia en este párrafo? ¿Y respecto de la vitamina D?

- Si la glucosa y la fructosa tienen la misma fórmula molecular, ¿a qué se debe que sean dos azúcares diferentes?

- La celulosa es el polisacárido que conforma las paredes celulares de las células vegetales.



- ¿Cuál de las dos reacciones químicas representadas en la figura debe producirse para obtener glucosa a partir de celulosa? ¿Cuál es el nombre de esta reacción química? ¿Es anabólica o catabólica?

- Solo algunas especies de bacterias y de hongos y muy pocos insectos producen las enzimas que participan en esta reacción química de la celulosa (llamadas celulosas). En el estómago de los animales herbívoros, habitan numerosas especies de bacterias y hongos productores de celulosas, y esta presencia resulta beneficiosa para ellos. En el sistema digestivo de la especie humana, no hay microorganismos productores de celulosa. ¿Cuál será la consecuencia para los herbívoros? ¿Y para los humanos?

- El ADN de todos los seres vivos se forma a partir de solo cuatro tipos de nucleótidos. ¿Cómo se explica el hecho de que con solo cuatro tipos de monómeros se pueda originar la enorme diversidad de seres vivos que se conoce?

- Entre los siguientes términos y expresiones, seleccionen los que consideren pertinentes para explicar la composición y función de las moléculas portadoras de la información genética y elaboren un breve texto que los incluya:

  - núcleo celular
  - ADN
  - cromosomas
  - cloroplastos
  - síntesis de proteínas
  - células eucariotas
  - membrana celular
  - características de las especies
  - mitocondrias
  - ribosomas
  - nucleótidos
  - polisacáridos
  - reproducción
  - enzimas
  - glucosa
  - colesterol
  - células procariotas
  - vitaminas
  - lisosomas
  - agua
  - ADN
  - glucógeno
  - ácidos nucleicos
  - aminoácidos
  - herencia
  - bases nitrogenadas

## Propuesta de actividades

9. Lean el texto. A partir de la información que brinda, en grupo, resuelvan las consignas que están a continuación.

### La acción del jabón

El agua sola no siempre resulta eficaz para quitar manchas, ya que algunas, como las provocadas por sustancias grasas, no se disuelven en ella. En cambio, si se usa jabón, se puede lograr un mejor efecto limpiador.

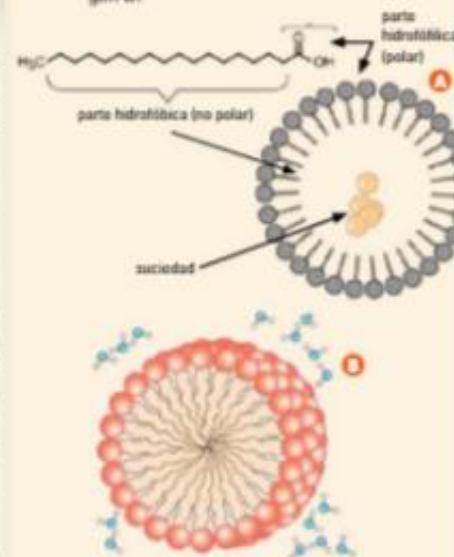
Desde hace miles de años, se prepara jabón en forma artesanal hirviendo cenizas vegetales y grasas animales. En la actualidad, se lo fabrica industrialmente mediante un proceso que se realiza en grandes calderas, en él, las grasas animales se reemplazan por aceites animales o vegetales, como los aceites de palma, de oliva o de coco, que se combinan con una sustancia denominada hidróxido de sodio, en lugar de las cenizas. La reacción química que da lugar a la formación de jabón se conoce como saponificación. En tratamientos posteriores, el jabón se purifica y se refina y, en muchos casos, se adicionan colorantes, perfumes o desinfectantes, que aportan otras propiedades al producto.

Las propiedades limpiadoras del jabón se deben a su estructura química. Una molécula de jabón consta de dos porciones, una hidrofílica y una hidrofóbica, que es afín a las sustancias grasas.

Cuando se agrega jabón al agua para limpiar, por ejemplo, una mancha de aceite sobre una tela, las colas hidrofóbicas de las moléculas de jabón se unen a las moléculas de aceite de la mancha, mientras que las cabezas hidrofílicas del jabón se orientan hacia fuera, arraízadas por las moléculas de agua. La agitación de la tela (por el lavado a mano o a máquina) favorece el desprendimiento de las gotas de aceite, que quedan flotando en el agua y se eliminan por arrastre con el lavado.

En la actualidad, muchos de los productos limpiadores son detergentes no jabonosos y se fabrican de manera sintética, es decir, sin utilizar aceites naturales. Pero estos productos sintéticos, al no poder ser degradados por los seres vivos, se acumulan en el agua y la contaminan. Para evitarlo, se desarrollaron detergentes biodegradables que se fabrican a partir de sustancias que pueden ser degradadas por microorganismos y reutilizadas por otros seres vivos.

- a. ¿Qué información aporta la imagen B que no se encuentra en la A? ¿Qué sustancia está representada mediante los modelos moleculares que están dispersos en la imagen B?

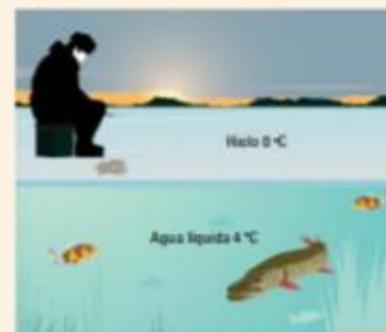


© Editorial Eureka S.A. - Propiedad de Fonsa S.A. Ley 17.323

- b. Seleccionen la información del texto que consideren apropiada para elaborar un epígrafe para ambas imágenes.

- a. ¿Qué son los detergentes biodegradables?  
b. ¿En qué se asemeja este proceso con la composición y estructura de las membranas celulares?

10. Indiquen qué propiedades del agua permiten explicar este fenómeno:



© Editorial Eureka S.A. - Propiedad de Fonsa S.A. Ley 17.323

## Propuesta de actividades

### Identificación química de biomoléculas

Las biomoléculas, al igual que otras sustancias, no pueden reconocerse a simple vista. Se han desarrollado métodos experimentales que hacen posible identificarlas.

#### Propósito de la actividad

Analizar el diseño experimental y los resultados de una actividad basada en el uso de indicadores que permiten identificar proteínas y un polisacárido, el almidón, en una serie de muestras incógnita. Lean la descripción completa de la actividad, luego realicen las actividades.

- En la tabla, se describen los indicadores que hacen evidente la presencia de almidón y de proteínas. También, los cambios que se espera obtener en la muestra si la detección fuera positiva.

Biomolécula	Indicador	Color del indicador	Indicador en presencia del biomaterial
Polisacáridos	Lugol	Caramelo	Negro anulado
Proteínas	Biuret	Celeste	Rojo o violáceo

- Para constatar si hay cambios, cuando se agregan los indicadores a las muestras incógnita, se preparan las muestras testigo. Ellas contienen los biomateriales que se busca identificar (almidón y una proteína conocida: la gelatina). Las muestras testigo deben prepararse en las mismas condiciones

#### Resuelvan las siguientes consignas.

1. Una vez que interpretaron el diseño experimental, realicen un esquema o dibujo que complemente la explicación.

2. Respondan las preguntas y completen las casillas correspondientes del cuadro.

- a. Según los resultados de las pruebas, la clara de huevo y aceite de girasol ¿contienen proteínas y/o almidón?

- b. Busquen información de la composición nutricional de la fécula de maíz, el azúcar común y la harina de trigo. ¿Cuáles son los resultados esperados para cada una de las pruebas con esos alimentos?

que las muestras incógnita.

- Muestras incógnita (no se sabe si contienen almidón y/o proteínas):

1. Clara de huevo. 4. Fécula de maíz.  
2. Harina de trigo. 5. Aceite de girasol.  
3. Azúcar común.

#### Procedimiento

Para las muestras incógnita, se arman dos series iguales de 5 tubos cada una. En los primeros cinco tubos, se colocan 2 mililitros de agua y se los rotula con el nombre de cada muestra que se analizará y con la palabra "proteínas".

Luego, a cada tubo se le agrega la muestra que corresponda. En el caso de las muestras sólidas, la cantidad que se agrega es una punta de espátula (o de un cuchillo). Para las muestras líquidas (aceite y clara), se coloca una gota de material en cada caso. En todos los casos, se agita hasta disolver.

Se repite el procedimiento con los otros cinco tubos, pero en lugar de "proteínas", se los rotula como "almidón".

#### Serie proteínas:

- Se agrega a cada tubo 10 gotas de reactivio Biuret y se agita.

#### Serie almidón:

- Se agrega a cada tubo 10 gotas de reactivio Lugol y se agita.

Muestras	Proteínas	Almidón	Resultados esperados	
			• Biuret	• Lugol
Testigo 1 Gelatina sin sabor	Contiene		Rojo	Sin cambios
Testigo 2 Almidón		Contiene	Sin cambios	Negro anulado
• Clara de huevo			Rojo	Sin cambios
• Aceite de girasol			Sin cambios	Sin cambios
• Fécula de maíz			Sin cambios	Sin cambios
• Azúcar común			Sin cambios	Sin cambios
• Harina de trigo			Sin cambios	Sin cambios



## Metabolismo celular



Las células poseen una composición química y una organización estructural y funcional que las caracteriza. Si bien las estructuras se mantienen durante su vida, las biomoléculas que las constituyen se renuevan continuamente, y esto implica un gasto de energía. También, el mantenimiento de las funciones vitales requiere de un aporte constante de energía. En este capítulo, se describirán cuáles son los principales procesos que les permiten a las células obtener y transformar los materiales y la energía que utilizan.

### Las células, sistemas abiertos

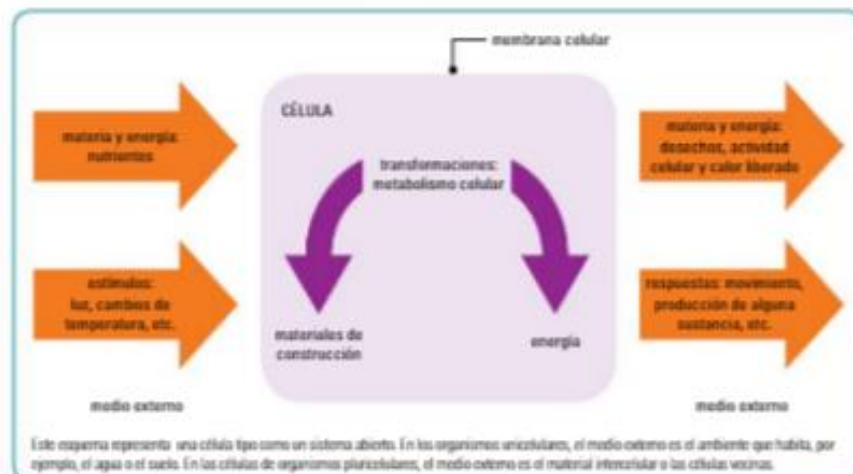
Las células se consideran sistemas abiertos, debido a los intercambios de materia y energía que establecen con el entorno.

Las células requieren diferentes nutrientes. Las moléculas que los conforman ingresan en las células a través de la membrana celular o membrana plasmática. Una vez allí, esas moléculas pueden ser utilizadas para cumplir dos grandes

tipos de funciones:

- como materia prima para el crecimiento y la reproducción celular y para reponer las estructuras celulares que se desgastan (función constructiva);
- como fuente de la energía necesaria para mantener las funciones vitales (función energética).

Como todo ser vivo, las células reciben estímulos del exterior, además de materia y energía, y responden a ellos de diversas formas.



© Ediciones SM, S.A. - Pueden hacerse copias a un 110%

### El pasaje de sustancias a través de la membrana celular

Todos los intercambios entre el interior de una célula y el medio externo se producen a través de la membrana celular. Esta membrana es semipermeable, es decir, algunas moléculas pasan sin dificultad a través de ella, mientras que otras lo hacen mediante mecanismos más o menos complejos que, en algunos casos, requieren de un aporte de energía. El modelo del mosaico fluido, estudiado en capítulos anteriores para explicar la estructura de la membrana celular, también, ayuda a comprender su funcionamiento y cómo se transportan las sustancias a través de ella.

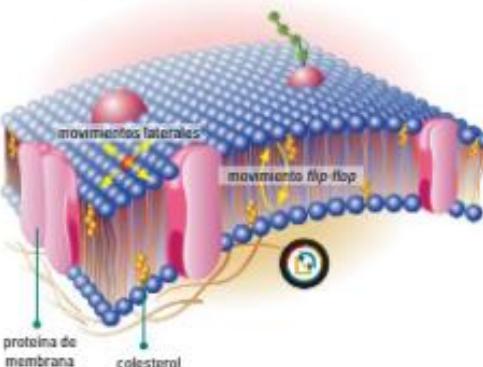
La semipermeabilidad de la membrana se debe a que la bicapa de fosfolípidos es hidrofóbica en su interior e hidrofílica en sus caras externas. De acuerdo con esta propiedad, el pasaje de una sustancia está condicionado por las siguientes propiedades:

- su afinidad con el agua,
- el tamaño de sus moléculas,
- la carga eléctrica de sus moléculas,
- su concentración en el medio externo e interno de la célula.

La fluidez de la membrana celular es la movilidad que tienen las moléculas que la forman, y esta movilidad se relaciona con las propiedades hidrofóbicas e hidrofílicas. La fluidez de la membrana determina, en gran medida, su semipermeabilidad. En la bicapa, los fosfolípidos se desplazan lateralmente, y también, lo hacen algunas proteínas constituyentes de la membrana. Los fosfolípidos, además, pueden pasar de una capa a la otra de la membrana. Estos desplazamientos, llamados *flip-flop*, son mucho menos frecuentes que los movimientos laterales.

La fluidez se modifica con la temperatura: a medida que esta desciende, la membrana se vuelve más rígida. Esto se debe a que, cuanto menor es la temperatura, los fosfolípidos se disponen en grupos compactos. Cuando la membrana se vuelve muy rígida, las proteínas que contiene pueden inactivarse. En las células animales, el colesterol se dispone a modo de cuña entre las colas hidrofóbicas

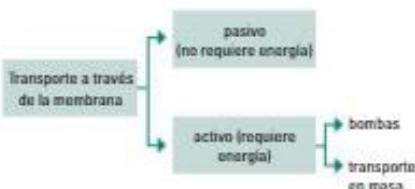
y modera el efecto de la temperatura: a temperaturas elevadas, restringe el movimiento de los fosfolípidos y reduce la fluidez; a temperaturas muy bajas, evita el agrupamiento compacto.



Las membranas celulares no son rígidas ni estáticas, sino que, en ellas, se producen desplazamientos laterales y movimientos tipo *flip-flop*.

Según las propiedades y condiciones mencionadas, el transporte a través de la membrana celular se clasifica en dos grandes tipos: el transporte pasivo y el activo.

- **Transporte pasivo:** una sustancia entra o sale de la célula sin que haya gasto de energía. Incluye los mecanismos de difusión y de difusión facilitada.
- **Transporte activo:** una sustancia entra o sale de la célula mediante mecanismos que requieren un gasto de energía. Incluye dos tipos de mecanismos: el de bombas transportadoras y el transporte masivo. Este consiste en la formación de vesículas que engloban partículas muy grandes o en abundante cantidad como para que pasen de otra forma a través de la membrana.



## El transporte pasivo

Como se dijo antes, el transporte pasivo es el pasaje de sustancias hacia y desde las células que se produce sin gasto de energía. El fenómeno de difusión permite explicar cómo se producen estos intercambios.

### La difusión

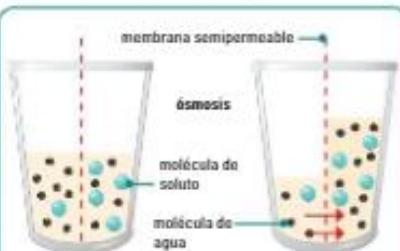
Las partículas que integran las sustancias están moviéndose continuamente en todas direcciones. Este movimiento es más veloz cuanto mayor es la temperatura a la que se encuentra el material.

Cuando una sustancia está en estado líquido o gaseoso, sus moléculas tienden a distribuirse y a ocupar el espacio de manera uniforme. Se denomina difusión al fenómeno por el cual las partículas de una sustancia se desplazan desde donde está se encuentra a mayor concentración hacia donde está menos concentrada. La diferencia de concentración de una sustancia en distintos puntos se denomina gradiente de concentración; y cuanto mayor sea el gradiente, más rápida será la difusión. Cuando la concentración de la sustancia es igual en todos los puntos, el gradiente es cero.

La difusión se pone en evidencia, por ejemplo, cuando se observa cómo se dispersa una gota de colorante en agua.



La difusión también se produce a través de membranas permeables a las sustancias que participan del proceso. Cuando una solución está separada por una membrana que solo es permeable al agua, el fenómeno se denomina ósmosis. En este caso, las concentraciones de la solución a ambos lados de la membrana se igualan por la difusión de las moléculas de agua.



Este esquema representa dos soluciones, de distinta concentración, de azúcar en agua, separadas por una membrana que solo permite el pasaje de agua. Inicialmente, la solución que está a la derecha de la membrana tiene más concentración de azúcar que la otra. Se dice que esta es hipertónica (más - más), mientras que la otra es hipotónica (menos - menos). El volumen inicial de ambas soluciones es el mismo.

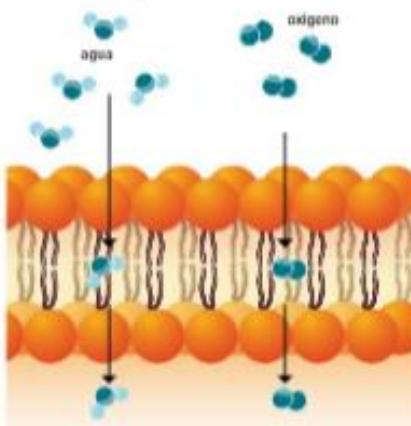
Mediante el proceso de ósmosis, ambas soluciones alcanzan la misma concentración, es decir, son isotónicas (iso - igual). Pero el volumen ya no es igual, dado que las concentraciones se igualaron por el pasaje neto de agua a través de la membrana.

© Editorial Eliezer S.A. - Prohibida su explotación económica.

### Transporte por difusión simple y por ósmosis

Solo algunas sustancias atraviesan la membrana celular por difusión simple. Un grupo de ellas son las que se encuentran en estado gaseoso bajo condiciones ambientales normales, como el dióxido de carbono y el oxígeno. Otro grupo, en el que se encuentran el agua y otras sustancias hidrofílicas (o polares), la atraviesan porque sus pequeñas moléculas pueden pasar por la zona hidrofóbica de la bicapa lipídica. Y un último grupo lo constituyen las sustancias hidrofóbicas (no polares), que son solubles en lípidos.

Las moléculas grandes, tales como la glucosa y los aminoácidos, no pasan por difusión simple. Las moléculas cargadas (o iones), como el sodio ( $Na^+$ ), el cloro ( $Cl^-$ ) o el calcio ( $Ca^{2+}$ ), no pueden atravesarla debido a que establecen interacciones fuertes con el agua a ambos lados de la membrana.

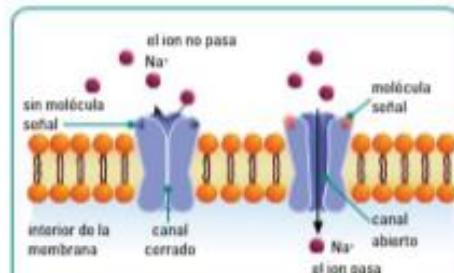


► En estas representaciones, el oxígeno y el agua ingresan a la célula por difusión simple.

### Difusión facilitada

Las sustancias que no atraviesan la membrana por difusión simple, como la glucosa o los iones, la cruzan a través de canales o de proteínas transportadoras. Ambos están formados por proteínas (o grupos de proteínas) integradas a la membrana. Este proceso es conocido como difusión facilitada. Su nombre se debe a que, si bien el

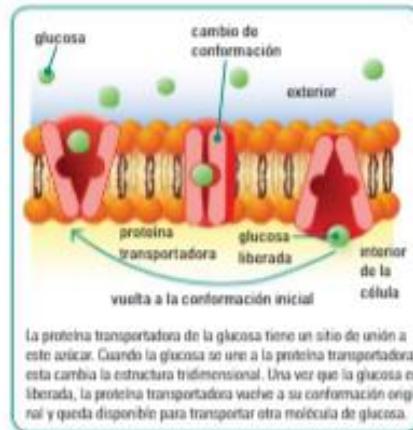
pasaje de sustancias se realiza según su gradiente de concentración y, por lo tanto, no requiere un gasto de energía por parte de la célula, debe ser facilitado por proteínas asociadas a la bicapa de lípidos.



Los canales iónicos permiten el pasaje de ciertos iones hacia el interior o el exterior de la célula. La entrada a los canales está regulada, ya que solo se abre ante una señal que consiste en la unión de una molécula específica con la proteína del canal. Una vez abierto el canal, pueden atravesarlo millones de iones por segundo.

El movimiento de los iones, hacia uno y otro lado de la célula, es importante en muchos procesos biológicos, como la contracción muscular y los relacionados con la transmisión de los impulsos del sistema nervioso.

Otro tipo de difusión facilitada se produce mediante la unión de la sustancia transportada a una proteína específica de la membrana que recibe el nombre de proteína transportadora. La glucosa y los aminoácidos atraviesan la membrana celular de este modo.



La proteína transportadora de la glucosa tiene un sitio de unión a este azúcar. Cuando la glucosa se une a la proteína transportadora, esta cambia la estructura tridimensional. Una vez que la glucosa es liberada, la proteína transportadora vuelve a su conformación original y queda disponible para transportar otra molécula de glucosa.

## El transporte activo

En muchas situaciones, el transporte de partículas se realiza en contra del gradiente de concentración, o bien se incorporan partículas de gran tamaño. En estos casos, se requiere un gasto de energía, por eso, recibe el nombre de transporte activo.

### El transporte mediado por "bombas"

Las llamadas bombas son proteínas transportadoras que se caracterizan por la capacidad de romper enlaces de alto contenido energético y transportar iones en contra de su gradiente de concentración. Estas bombas pueden transportar una, dos o más sustancias a la vez, y hacerlo en uno o en ambos sentidos. Un ejemplo de este tipo de transporte activo es la bomba de sodio y potasio.



► La bomba de sodio ( $\text{Na}^+$ ) y potasio ( $\text{K}^+$ ) incorpora iones sodio y libera iones potasio en contra de ambos gradientes de concentración. Lo hace gracias la energía que aportan los enlaces de una molécula de ATP.

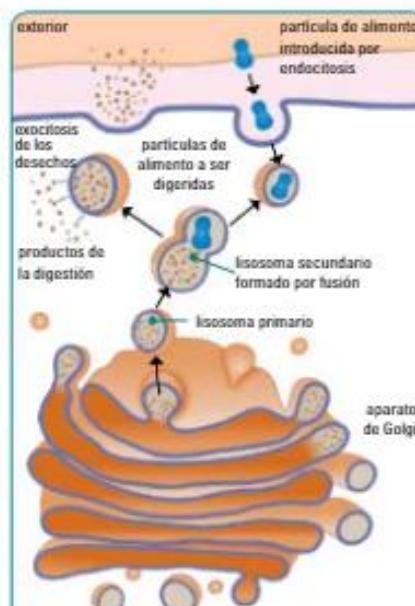
### El transporte en masa: endocitosis y exocitosis

Las macromoléculas y las partículas de gran tamaño, como fragmentos de células o pequeños microorganismos, entran y salen de la célula mediante procesos de formación de vesículas. En la

mayoría de los casos, el transporte en masa comprende una secuencia conocida como fagocitosis. En ella, se incorporan partículas alimenticias o pequeñas células hacia el interior de la célula (endocitosis), estas son digeridas y los desechos se eliminan hacia el exterior (exocitosis).

La fagocitosis es utilizada por organismos unicelulares heterótrofos como proceso de alimentación y, también, por algunos glóbulos blancos de animales vertebrados como mecanismo de defensa contra células y sustancias extrañas.

El proceso de exocitosis es el que utilizan las células cuando secretan proteínas u otras biomoléculas que sintetizan en el citoplasma y que son utilizadas en otras células o en los fluidos extracelulares.



Durante la endocitosis, la membrana plasmática forma una pequeña depresión en su lado externo, que se profundiza hasta estrangularse. Así, se forma una vesícula llamada fagosoma, que lleva en su interior el material que ingresa a la célula, en este caso, una partícula de alimento. Esta vesícula se une con un lisosoma, cuyas enzimas degradan las partículas fagocitadas. Luego, los productos de la digestión difunden hacia el citoplasma y los materiales no digeridos son eliminados al exterior por medio del proceso de exocitosis. Durante la exocitosis, la membrana celular y la de la vesícula se funden, la vesícula se abre y libera las sustancias de desecho. La membrana de la vesícula vuelve a formar parte de la membrana celular.

## Los procesos metabólicos

En el interior de una célula, se producen continuamente numerosas y variadas reacciones químicas que, en su conjunto, se denominan metabolismo celular. En una célula en actividad, ocurren miles de reacciones químicas de manera ensamblada y regulada. Las sustancias incorporadas del entorno son la materia prima de estas reacciones, los productos obtenidos pueden ser utilizados de muy diversas formas: como materiales de construcción de las organelas y de otras estructuras celulares, como fuente de energía o como reactivos de otras transformaciones químicas mediante las que se obtendrá nuevos productos.

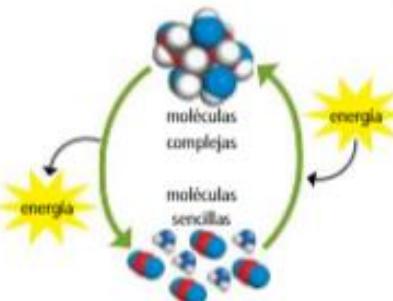
En ese entramado de síntesis y degradación de moléculas, es posible delinear vías metabólicas, es decir, series de reacciones en las que, a partir de determinado reactivo, se obtiene uno o más productos, y cada reacción está catalizada por una enzima.

Esas vías metabólicas se agrupan en anabólicas y catabólicas. En las vías anabólicas, los productos son moléculas más complejas que los reactivos. Las reacciones químicas anabólicas requieren del aporte de la energía que queda almacenada en los enlaces de las moléculas que se sintetizan. Debido a esta última característica, se denominan reacciones endergónicas.

Por el contrario, en las vías catabólicas, se degradan moléculas complejas y se obtienen otras más simples. En las reacciones catabólicas, se libera la energía contenida en los enlaces químicos y, por eso, se las denomina exergónicas.

Antes de analizar estos procesos, es necesario comprender algunos conceptos.

- En las células, se producen transformaciones de energía.
- El ATP es la moneda energética de las células.
- En muchas reacciones metabólicas, se produce un pasaje de electrones entre los reactivos: unos se oxidan y otros se reducen.
- Los procesos metabólicos se llevan a cabo gracias a la acción catalizadora de moléculas llamadas enzimas.



► La energía que una célula obtiene mediante las reacciones catabólicas es transformada y utilizada en todas las actividades celulares. Solo una parte de esa energía es aprovechable, pues un porcentaje siempre se pierde en forma de calor.

### En las células, se producen transformaciones de energía

Como ya se dijo, los procesos que se desarrollan en las células son posibles debido a que disponen de una cantidad de energía aprovechable. Para comprender cómo llega esa energía a cada célula, es necesario pensar, primero, en el flujo de energía que se produce a través de la biosfera.



La energía que mantiene la vida en la Tierra proviene de la luz solar. Esta energía lumínica es transformada en energía química a través del proceso de fotosíntesis. Una vez contenida en las biomoléculas de los organismos fotosintetizadores, pasa al resto de los seres vivos mediante los diversos procesos de alimentación.

La energía contenida en las biomoléculas es transformada en cada célula de un organismo en energía mecánica (de movimiento y, también, es aprovechada para mantener la actividad metabólica y permitir el crecimiento y la reproducción celular).

No toda la energía que fluye en la biosfera es aprovechada por los organismos, una parte de ella se transfiere al ambiente como calor.

## El adenosin trifosfato (ATP): moneda energética de las células

La energía necesaria para mantener la actividad celular proviene, como ya se dijo, de la degradación de las biomoléculas que la célula obtiene por medio del proceso de nutrición que utilice. La energía que se libera en los procesos catabólicos se utiliza para formar un compuesto llamado adenosin trifosfato (ATP). El ATP es un nucleótido formado por una base nitrogenada (la adenina), un azúcar simple (la ribosa) y tres grupos fosfato.

El ATP permite tener a disposición una gran cantidad de energía que puede ser utilizada dónde y cuándo se la necesite. Las características que hacen de esta molécula la moneda energética de todos los seres vivos es que las dos últimas uniones entre fosfatos requieren mucha energía para producirse y, por eso, forman enlaces altamente energéticos. Y como estas uniones son al mismo tiempo muy inestables, se rompen con relativa facilidad.

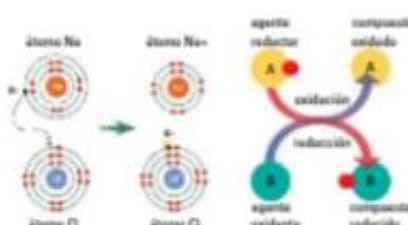
Cuando se rompe el último enlace entre grupos fosfato (que es el más energético de ambos), se forma adenosin difosfato (ADP), se separa un ion fosfato y la energía de ese enlace queda disponible para que se produzca una reacción anabólica. La síntesis de ATP a partir de ADP recibe el nombre de fosforilación.

## Reacciones de oxidación y reducción

¿A qué se debe que las vías catabólicas en las cuales se degrada glucosa aporten energía a las células? Esto se puede explicar mediante el proceso de transferencia de electrones que ocurre entre los reactivos de un tipo de reacciones llamadas redox (o de óxido-reducción).

En una reacción redox, uno de los compuestos cede electrones, se dice que se oxida; y esos electrones son aceptados por el otro reactivo, que se reduce. En este proceso de transferencia, el compuesto que cede los electrones libera energía.

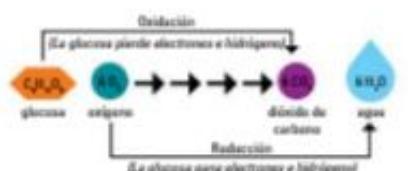
El esquema que sigue representa la reacción de óxido-reducción que se produce entre el sodio y el cloro, los componentes de la sal común.



El atomo de sodio cede un electrón al atomo de cloro. El sodio se oxida, y esto origina una partícula cargada (ión) positivamente; el cloro se reduce a un ion con carga negativa.

Todas las reacciones redox son acopladas, pues requieren de un donador y un aceptor de electrones.

En el proceso de respiración celular, la glucosa es el agente reductor y, por lo tanto, se oxida; el oxígeno es el agente oxidante, y se reduce. La oxidación de la glucosa provoca la separación de sus enlaces carbono-carbono y, como consecuencia, se libera la energía contenida en ellos.

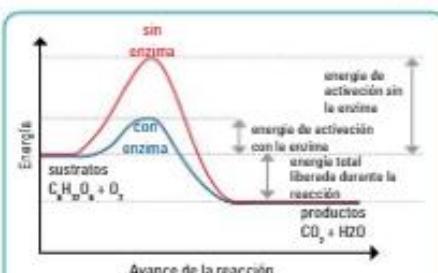


En el proceso de respiración celular, como consecuencia de la oxidación de la glucosa, se forma dióxido de carbono. El oxígeno se combina con el hidrógeno proveniente de la glucosa, y se forma agua. Se dice que las reacciones en las que se forma o se degrada un ion están asociadas a cada reacción anabólica o catabólica en la cual se libera o se utiliza energía.

## Las enzimas son catalizadores biológicos

Las enzimas son proteínas que posibilitan los procesos celulares en el rango de temperaturas de la Tierra.

Un ejemplo permite entender la acción de las enzimas: para prender la llama de un encendedor, el butano contenido en él debe reaccionar con el oxígeno del aire y entrar en combustión. Para que esto ocurra, es necesario generar una chispa que proporcione una cantidad de energía inicial sin la cual no se enciende la llama. Esta energía inicial es indispensable para que se produzca una reacción química, y se conoce como energía de activación.



Estas curvas representan el progreso de dos reacciones químicas, una está catalizada por una enzima y la otra no está catalizada. La energía de activación que requiere la reacción en la que interviene la enzima es notoriamente menor.

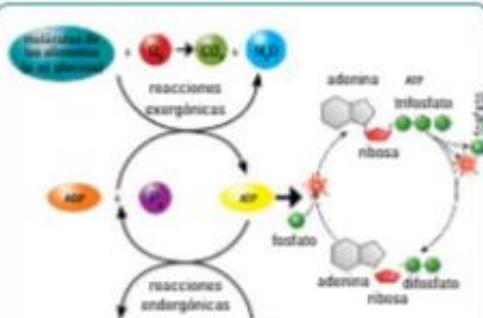
## LAS ENZIMAS Y LA BIOQUÍMICA MODERNA

Uno de los procesos que más contribuyó al conocimiento acerca de las enzimas fue la fermentación alcohólica, el proceso que da por resultado la producción de alcohol a partir de azúcares.

En el siglo xix, quienes estudiaban la fermentación sabían que las levaduras, un tipo de hongos unicelulares, participaban de algún modo en la obtención de alcohol, pero no sabían cómo. Se preguntaban si las células tendrían que estar vivas para que se llevara a cabo el proceso. Luis Pasteur concluyó que había una relación directa entre la fermentación y el desarrollo de las levaduras. Él sostuvo que era indispensable que estas permanecieran vivas para que el proceso ocurriera.

En 1897, el investigador Eduard Buchner (1860-1917) encontró que un extracto de levadura era capaz de llevar a cabo la fermentación alcohólica. Hans Buchner, hermano de Eduard, investigaba extractos de levaduras y, con el objeto de mejorar la preservación de las muestras, agregó a los extractos sacarosa en alta concentración. Se produjo una fermentación, y Eduard Buchner interpretó lo sucedido: la fermentación se había llevado a cabo en ausencia de células vivas por la acción de lo que llamó "zimas". El término enzima fue aceptado entrado el siglo xx.

Poco tiempo después de darse a conocer el trabajo de Buchner, la investigadora rusa María Manasseina (1843-1903) reclamó la primacía del hallazgo. Ella había encontrado que la fermentación alcohólica era posible en una suspensión sin células vivas de levadura y lo había publicado en su tesis doctoral en 1872 (25 años antes que Buchner). Sin embargo, su publicación apenas tuvo trascendencia y fue Buchner quien obtuvo el reconocimiento por el nacimiento de la enzimología y la bioquímica moderna. Sus trabajos constituyeron un punto de partida para investigar la función catalítica de dichas moléculas, su regulación y su asociación con otras enzimas y con las estructuras celulares.



En este esquema, se usa como ejemplo el proceso que permite obtener energía a partir de la glucosa. En las reacciones exergónicas que componen esta vía metabólica, se forma  $\text{NADH} + \text{H}^+$  a partir de  $\text{NAD}^+$  y un ion fosfato. El ion fosfato fosfato se agrega al  $\text{NADH} + \text{H}^+$  conforme gran cantidad de energía. El proceso inverso sucede durante la síntesis de biomoléculas complejas: la energía que se requiere se obtiene mediante la rotura del enlace fosfato-fosfato del  $\text{NADH} + \text{H}^+$ , y se obtiene nuevamente  $\text{NAD}^+$  y fosfato. Se dice que las reacciones en las que se forma o se degrada un ion están asociadas a cada reacción anabólica o catabólica en la cual se libera o se utiliza energía.

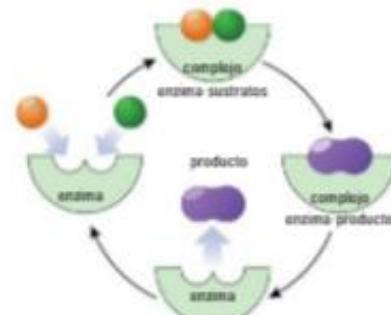


## ¿Cómo actúa una enzima?

Las moléculas sobre las que actúa una enzima reciben el nombre de sustrato. Por ejemplo, la sacarosa (un disacárido) es el sustrato sobre el que actúa la enzima sacarasa. Esta enzima cataliza la reacción de hidrólisis de la sacarosa, y los productos que se obtienen son dos monosacáridos, la glucosa y la fructosa. Para nombrar a las enzimas, se emplea, generalmente, el nombre del sustrato y la terminación "asa". Así, las enzimas que actúan en reacciones en que se degradan lípidos se llaman lipasas, y a las que catalizan reacciones en las que intervienen proteínas se las denomina proteasas.

En el funcionamiento de una enzima, se puede distinguir tres etapas:

- En la primera etapa, la enzima reconoce una molécula de sustrato. Este se fija en un lugar definido de la enzima, que se denomina sitio activo, de modo que se forma el complejo enzima-sustrato. Cada enzima es específica para un sustrato determinado y no actúa sobre otro que no se ajuste a su sitio activo.
- En la segunda etapa, se produce la reacción química que la enzima cataliza, y se forman los productos.
- En la tercera etapa, se separa el producto de la enzima, y esta recupera la estructura que tenía antes de comenzar la reacción. De este modo, queda disponible para catalizar la reacción con otras moléculas de reactivos. Una sola molécula de una enzima puede catalizar una reacción química decenas de miles de veces en pocos segundos.



► El esquema representa el ciclo de acción de una enzima que cataliza una reacción anabólica.

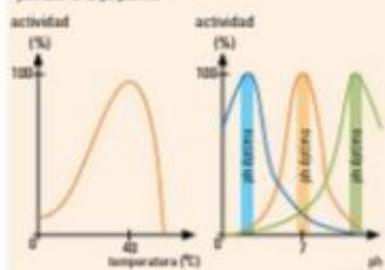
La velocidad con la que se produce una reacción química catalizada por una enzima está influida por la concentración del sustrato. Es decir, cuanto mayor sea la concentración del sustrato, más rápidamente se producirá la reacción. Sin embargo, esta velocidad no aumenta de manera indefinida, pues una vez que los sitios activos de todas las moléculas de la enzima están ocupados, la velocidad de la reacción se estabiliza.

Asimismo, la actividad enzimática se incrementa por un aumento de la temperatura, pero hasta un cierto límite; pasado este, la enzima deja de actuar. Por ejemplo, para la mayoría de las enzimas humanas, la temperatura óptima se halla en los 37 °C. Cuando la temperatura está por encima de la óptima para el funcionamiento de determinada enzima, se altera su estructura terciaria y se pierde el sitio activo. Las temperaturas inferiores a la óptima hacen que pierda su movilidad y, por ende, la probabilidad de que se una al sustrato.

La actividad de las enzimas varía también con el grado de acidez o de alcalinidad (pH) del medio en que se encuentran. La mayoría de las enzimas son eficientes en un pH ligeramente alcalino (mayor a 7), pero existen excepciones. La pepsina, enzima del jugo gástrico de los vertebrados, requiere un medio fuertemente ácido para actuar.

## ACTIVIDADES

- Los gráficos representan los cambios en la actividad enzimática en relación con los tres factores explicados en el texto anterior.
- a. Identifiquen en el texto la explicación correspondiente al gráfico 1.
- b. En el gráfico 2, ¿cuál de las curvas podría corresponder a la pepsina?



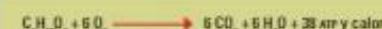
## Procesos catabólicos aeróbicos y anaeróbicos

De todos los procesos catabólicos que se llevan a cabo en las células, los más generalizados en la diversidad biológica son los que permiten obtener energía mediante la degradación de la glucosa: la glucólisis, la respiración celular aeróbica (es decir, en presencia de oxígeno) y la fermentación, un proceso anaeróbico.

La respiración celular aeróbica implica una larga serie de reacciones químicas, y cada una está catalizada por una enzima. Para comprender mejor algunos aspectos de este proceso, se lo puede comparar con una combustión.

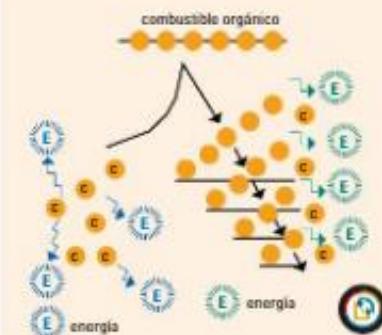
compuestos más simples, cuyos enlaces contienen menos energía que en los combustibles. La que sigue es una representación de la reacción de combustión del gas butano.

En el proceso de respiración celular, la glucosa se oxida al igual que en una combustión, también, se producen dióxido de carbono y agua y se libera energía. Pero esta liberación de energía no es rápida y explosiva, sino que sigue una secuencia de pasos que son catalizados por distintas enzimas. Esto es lo que permite que sea lenta y gradual. Este proceso se representa globalmente mediante una ecuación general:



## ACTIVIDADES

- ¿Qué parte de este esquema representa una combustión? ¿y cuál la respiración celular? ¿Qué tuviste en cuenta para identificarlas? ¿Qué formas de energía se obtienen en cada caso?



Cuando un papel, un trozo de madera o el gas de un encendedor o de la cocina entran en combustión, se produce una reacción química con el oxígeno del aire en la que estos materiales se "queman". En esta reacción de oxidación, se libera muy rápidamente energía lumínica y calorífica. Teniendo en cuenta que la energía no se crea ni se destruye, sino que está en constante transformación, ¿de dónde proviene esta energía? Antes de que ocurra la combustión, se encontraba en forma de energía química en los enlaces entre los átomos de carbono de los compuestos que actúan como combustibles.

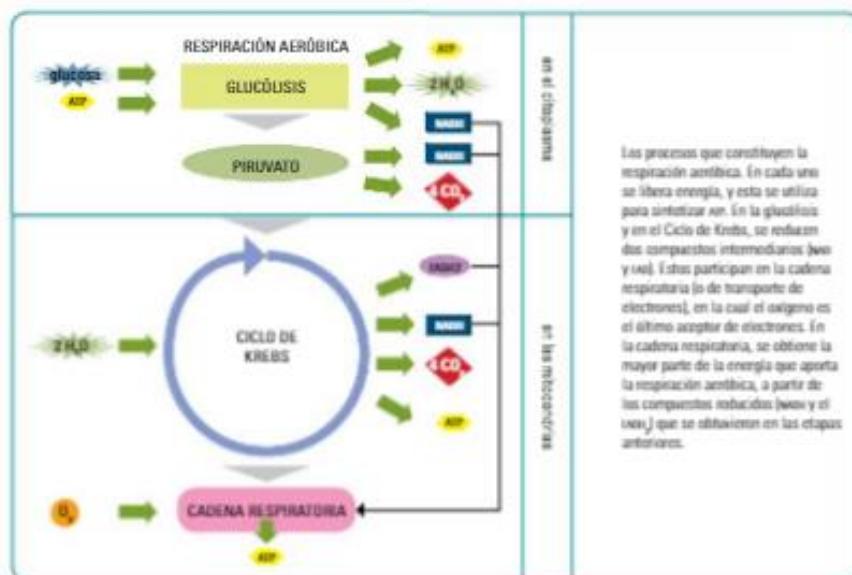
Cabe preguntarse además qué sucede con los átomos que formaban parte de las moléculas de combustible una vez que este se quema, dado que la materia tampoco se crea ni se pierde. Como consecuencia de la combustión, los átomos se reorganizan y se combinan entre sí y forman



## Glucólisis y respiración celular

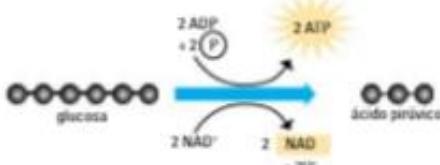
Los procesos aeróbicos de obtención de energía a partir de la glucosa se producen en dos etapas principales: la glucólisis y la respiración celular. Este último comprende, a su vez, tres procesos: la oxidación del ácido pirúvico, el ciclo de

Krebs y la cadena de transporte de electrones. El esquema muestra el orden en que se desarrollan estos procesos y una primera visión general de los reactivos, los productos y la energía que se obtiene. Cada proceso se ampliará en los apartados que siguen.



### La glucólisis

Este proceso consiste en una serie de reacciones que convierten cada molécula de glucosa (de seis átomos de carbono) en dos moléculas de un compuesto llamado ácido pirúvico, que contiene tres átomos de carbono. Cada uno de los pasos de la glucólisis es catalizado por enzimas específicas. La glucólisis no requiere de la presencia de oxígeno.



### GLUCÓLISIS Y EVOLUCIÓN

La glucólisis es un proceso de obtención de energía que no requiere de oxígeno; se lleva a cabo en el citoplasma y está muy generalizado en los seres vivos. Estas tres características permiten suponer que se trata de un proceso surgido en los comienzos de la evolución biológica. Es muy probable que las primeras células procariotas que habitaban el planeta, cuya atmósfera carecía de oxígeno, hayan utilizado esta vía metabólica para obtener energía. La ausencia de organelas en estas células primitivas permitiría explicar que la glucólisis se lleva a cabo en el citoplasma de las células, aun en las eucariotas.

Por otra parte, existen bacterias que utilizan un proceso similar al ciclo de Krebs. Este hecho sería una evidencia, entre otras, del origen endosimbótico de las mitocondrias.

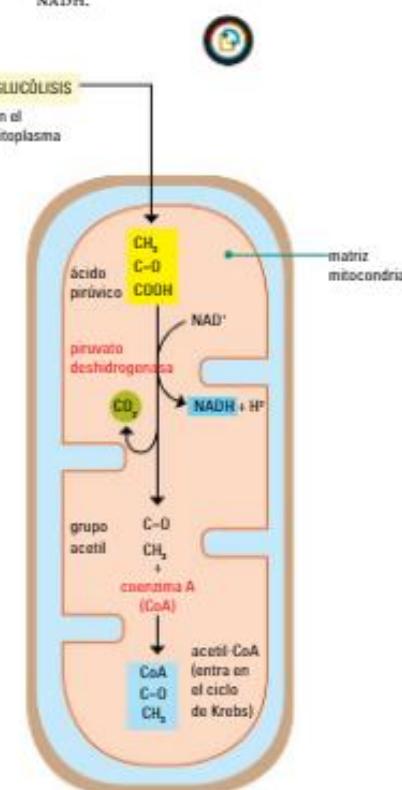
► El NAD actúa como acceptor de hidrógeno y electrones, y se transforma en NADH (NAD reducido). En la degradación de la glucosa a ácido pirúvico, se forman 2 NADH.

## La respiración celular

La respiración celular comprende tres procesos: la oxidación del ácido pirúvico, el ciclo de Krebs y la cadena de transporte de electrones.

### • La oxidación de ácido pirúvico

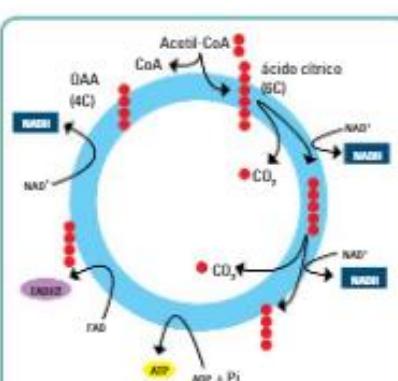
En presencia de oxígeno, el ácido pirúvico ingresa a la matriz mitocondrial. Allí interviene en una reacción de oxidación, en la que se forma un compuesto de dos átomos de carbono llamado acetil coenzima A, y se forma una molécula de dióxido de carbono, que se elimina. La oxidación del ácido pirúvico es una reacción redox. El compuesto acceptor de electrones es nuevamente el NAD, que se reduce a NADH.



► Representación de la oxidación del ácido pirúvico, en la que se obtiene acetil-coenzima A (acetil-CoA).

### • El ciclo de Krebs

En las células eucariotas, el ciclo de Krebs se desarrolla en la matriz mitocondrial. En las bacterias que utilizan la glucosa como fuente de energía, se lleva a cabo un proceso muy similar a este, que ocurre en el citoplasma. En este paso de la respiración celular, la oxidación de la molécula de acetil-CoA está acoplada a la reducción de los compuestos intermedios NAD y FAD. También, se obtiene una molécula de ATP.



Esquema simplificado del ciclo de Krebs. Cada pequeño círculo representa un átomo de carbono. La molécula de acetil CoA se combina con un compuesto de cuatro átomos de carbono y se forma ácido citrónico. A partir de esta reacción, comienza este proceso cíclico en el cual se liberan dos moléculas de dióxido de carbono y se reducen compuestos intermedios que serán reactivos en la cadena respiratoria.

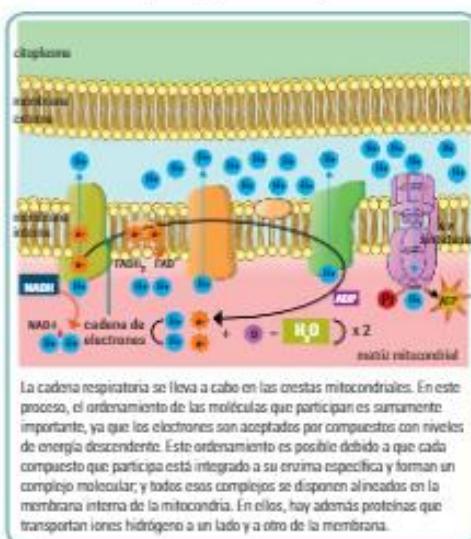
## BALANCE PARCIAL

Como resultado de las tres etapas anteriores (glucólisis, oxidación del ácido pirúvico y ciclo de Krebs), por cada molécula de glucosa que se escinde, se liberan 6 moléculas de dióxido de carbono. Como se puede ver, esto no ocurre en forma directa y rápida. Se trata de procesos complejos en los cuales los compuestos intermedios que se forman a partir de la glucosa se van oxidando en forma gradual. Al finalizar estos tres procesos, la célula ganó energía en forma de 2 moléculas de ATP, y además, obtuvo moléculas reducidas (NADH y FADH2), que aceptaron los electrones del hidrógeno que formaba parte de la glucosa. Esos electrones serán transferidos sucesivamente a otros compuestos que participan en la cadena respiratoria.



- La cadena respiratoria o transporte de electrones

La transferencia de electrones que se produce en la cadena respiratoria puede compararse con una pelotita de tenis que cae por una escalera: al descender de un escalón al otro, la energía potencial de la pelotita va disminuyendo. Los electrones van pasando a través de compuestos transportadores de niveles de energía cada vez más bajos. El último acceptor de electrones es el oxígeno que la célula incorpora del medio. El oxígeno se combina con los átomos de hidrógeno provenientes de las moléculas de  $\text{NADH} + \text{FADH}_2$ , y se forma agua.



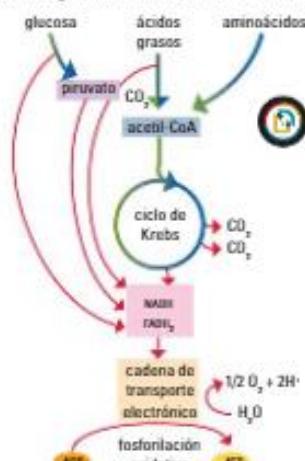
La cadena respiratoria se lleva a cabo en las crestas mitocondriales. En este proceso, el ordenamiento de las moléculas que participan es sumamente importante, ya que los electrones son aceptados por compuestos con niveles de energía descendente. Este ordenamiento es posible debido a que cada compuesto que participa está integrado a su enzima específica y forman un complejo molecular; y todos esos complejos se disponen alineados en la membrana interna de la mitocondria. En ellos, hay además proteínas que transportan iones hidrógeno a un lado y a otro de la membrana.

## Conexiones de la respiración celular con otras vías catabólicas

La glucosa es la principal biomolécula a partir de la cual se obtiene energía mediante los procesos de respiración celular y fermentación. Sin embargo, la dieta de los seres vivos y, por tanto, las biomoléculas que ingresan a las células, no están compuestas solo por este monosacárido.

Existen numerosas vías catabólicas. En cada vía, se obtienen moléculas simples a partir de una determinada macromolécula: las vías de degradación de las proteínas, de los polisacáridos y de los

lípidos dan como resultado azúcares, aminoácidos y glicerina y ácidos grasos, respectivamente. Estos productos, también, pueden participar de los procesos catabólicos de obtención de energía cuando la glucosa es insuficiente en las células.



Los aminoácidos y los ácidos grasos pueden intervenir también en el proceso de glucólisis mediante una reacción en la que se obtiene acetyl-CoA. Algunos aminoácidos participan directamente en las transformaciones del ciclo de Krebs.

## BALANCE FINAL

Para calcular cuánta energía aporta el proceso completo de respiración celular aeróbica es necesario considerar que cada molécula de  $\text{NADH}$  que ingresa a la cadena transportadora de electrones rinde 3 moléculas de  $\text{ATP}$ , y que cada  $\text{O}_2$  rinde 2  $\text{ATP}$ .

La lectura del cuadro permite visualizar el rendimiento completo:

Proceso	producción de moléculas en		
	citoplasma	matriz mitocondrial	transporte electrónico
Glucólisis	2 $\text{ATP}$	2 $\text{ATP}$	2 $\text{ATP}$
Respiración aeróbica	2 $\text{ATP}$	2 $\text{ATP}$	6 $\text{ATP}$
Acido pirúvico a acetyl-CoA		2 x (1 $\text{ATP}$ )	2 x (3 $\text{ATP}$ )
Acido de Krebs		2 x (1 $\text{ATP}$ )	2 x (3 $\text{ATP}$ )
		2 x (1 $\text{ATP}$ )	2 x (2 $\text{ATP}$ )
Total:			38 $\text{ATP}$

Para interpretar el cuadro, es necesario recordar que, por cada molécula de glucosa, se obtiene dos de ácido pirúvico. En el proceso completo, se forman en total 38 moléculas de  $\text{ATP}$  por cada molécula de glucosa.

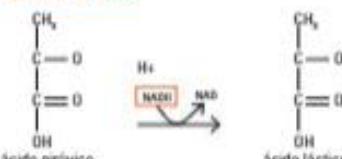
Sin embargo, el ingreso de cada  $\text{NADH}$  obtenido en la glucólisis hacia la matriz de la mitocondria, gasta un  $\text{ATP}$ . Es por eso que el balance final es de 36  $\text{ATP}$ .

## La fermentación: un proceso catabólico anaeróbico

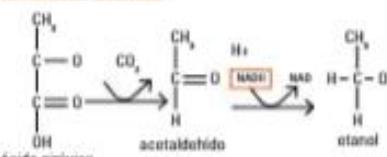
Algunas células tienen la capacidad de obtener energía proveniente de procesos catabólicos anaeróbicos, es decir, que no requieren la participación del oxígeno como agente oxidante. La fermentación es uno de esos procesos.

En ausencia de oxígeno, el ácido pirúvico, proveniente de la glucólisis, puede participar de distintos tipos de procesos fermentativos según la presencia o no de las enzimas que participan en cada uno. Los más comunes son la fermentación alcohólica, la acética y la láctica.

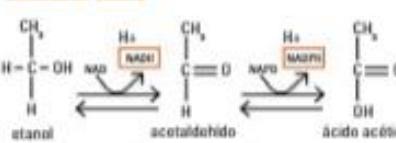
### fermentación láctica



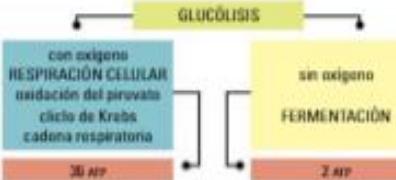
### fermentación alcohólica



### fermentación acética



► En los tres tipos de fermentación, el  $\text{NADH}$  que se obtiene en la glucólisis es utilizado como agente reduciente del ácido pirúvico. Solo en la fermentación alcohólica, se libera dióxido de carbono.



► La fermentación aporta a las células una cantidad menor de energía que la respiración aeróbica. Aun así, cubre las necesidades energéticas de los organismos unicelulares que utilizan esta vía metabólica.

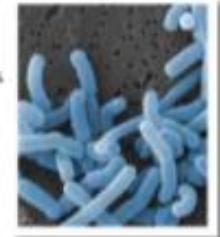
Algunas células como, por ejemplo, las levaduras utilizan la fermentación como vía alternativa de obtención de energía a partir de la glucosa en ausencia de oxígeno. Estos hongos unicelulares realizan fermentación alcohólica, en la cual se obtiene alcohol etílico (también, llamado etanol) a partir del ácido pirúvico y se libera dióxido de carbono. La fermentación alcohólica que llevan a cabo las levaduras es aprovechada desde hace siglos para la elaboración de productos, bebidas alcohólicas, alimentos panificados, combustibles y desinfectantes.

Ciertas bacterias llamadas *Acetobacter*, a partir del etanol obtenido mediante la fermentación alcohólica, producen ácido acético. Este proceso, denominado fermentación acética, es aprovechado para la elaboración de vinagre.

Algunas bacterias, como las del grupo de los lactobacilos, realizan fermentación láctica. En este caso, a partir del ácido pirúvico obtenido en la glucólisis, se obtiene ácido láctico. La producción de ácido láctico que realizan estas bacterias es aprovechada para la elaboración del yogur. Asimismo, algunas células de animales realizan este tipo de fermentación cuando el oxígeno es insuficiente en relación con la demanda de energía. Es el caso de las células musculares, en situaciones de actividad física intensa.



► Microfotografía de levaduras. Estos microorganismos utilizan la respiración aeróbica cuando hay oxígeno en el medio, y la fermentación alcohólica cuando no hay oxígeno o cuando es escaso. A los organismos que tienen este tipo de metabolismo se los llama facultativos.



► Microfotografía de lactobacilos. Algunas especies de estas bacterias habitan en el intestino humano. Su presencia allí es beneficiosa, pues generan un ambiente ácido que inhibe el desarrollo de bacterias patógenas.

## Los procesos anabólicos

Mediante el anabolismo, la célula sintetiza biomoléculas a partir de los materiales que incorpora del entorno y de la energía que obtiene principalmente de los procesos catabólicos. Las proteínas se sintetizan a partir de aminoácidos; los lípidos, a partir de ácidos grasos y glicerol; y los polisacáridos, a partir de azúcares sencillos.

En las células de los organismos autótrofos, además de las vías anabólicas antes mencionadas, se lleva a cabo la fotosíntesis. Este proceso consiste en la síntesis de moléculas orgánicas (glucosa) a partir de moléculas sencillas, como el agua y el dióxido de carbono. En este capítulo, se desarrollará la síntesis de proteínas, como un ejemplo de síntesis de polímeros, y la fotosíntesis.

### La síntesis de proteínas

El ADN es el portador de la información genética, es decir que, en sus moléculas, están contenidas las instrucciones a partir de las cuales se sintetizan las proteínas de la célula. En las células eucariotas, el ADN se presenta en forma de cromosomas lineales dentro del núcleo, y también, está presente en las mitocondrias y en los cloroplastos (en las células vegetales). En las células procariotas, el ADN es una molécula circular y se encuentra en el citoplasma.

Otro ácido nucleico que interviene en la síntesis de proteínas es el ARN en sus tres tipos: ribosomal, mensajero y de transferencia.

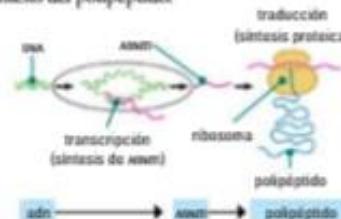


▶ Este proceso es característico de las células eucariotas. En las células procariotas, el ARN mensajero funcional es directamente el que se transcribe del ADN.

### La traducción

Las instrucciones genéticas para la síntesis de una cadena polipeptídica están "escritas" como una serie de "palabras", cada una formada por tres nucleótidos (tríplete). Este modo de contener y transmitir la información se conoce como código genético, y es el mismo en todos los seres vivos. Al copiarse el ARN mensajero sobre la secuencia de ADN, los triplete son complementarios y se denominan codones.

En el proceso de síntesis de proteínas, se puede diferenciar dos etapas: la transcripción, que es la síntesis del ARN mensajero, y la traducción, que es la síntesis del polipéptido.



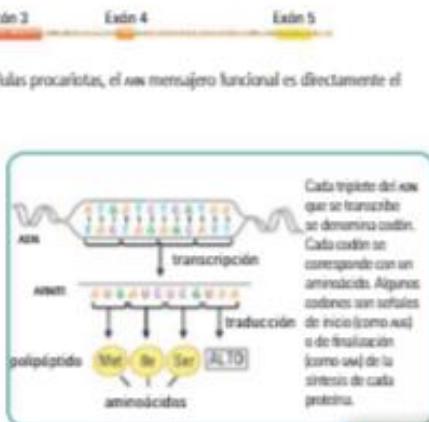
▶ En las células procariotas, todo el proceso se desarrolla en el citoplasma. En las células eucariotas, la transcripción se realiza en el núcleo y la traducción, en el citoplasma.

### La transcripción y los genes

Se denomina gen a una secuencia de ADN que contiene la información para un determinado polipéptido. Un gen contiene dos tipos de fragmentos de ADN: los llamados exones, que son los que contienen información para la proteína que va a sintetizarse; los llamados intrones, que contienen secuencias que no corresponden a esa proteína. El ARN mensajero se copia sobre la secuencia completa, pero posteriormente, es procesado y se recortan y descartan los intrones. El ARN maduro queda conformado por los exones y unos fragmentos específicos que dan la señal de iniciación y de finalización de la síntesis de la proteína.

© Ediciones Pirámide S.A. - Pág. 167 - ISBN 978-84-368-1112-2

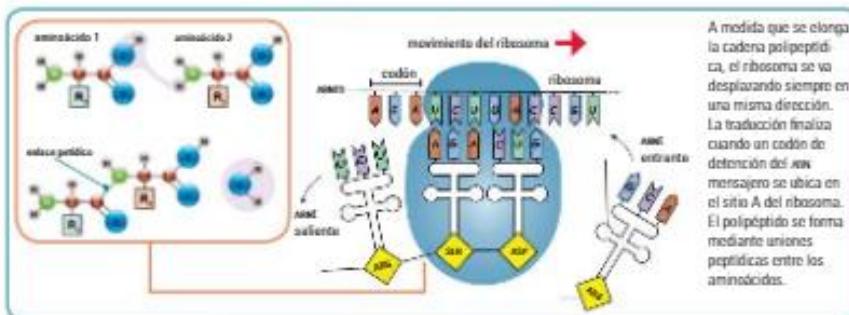
© Ediciones Pirámide S.A. - Pág. 167 - ISBN 978-84-368-1112-2



Durante la traducción, la secuencia de codones del ARN mensajero se decodifica en la secuencia de aminoácidos que conformará el polipéptido. Los ribosomas aportan los sitios sobre los cuales se producen todos los pasos de la traducción: un sitio específico de unión con el ARN mensajero y dos para el ARN de transferencia.

Cada ARN de transferencia tiene expuestos tres nucleótidos que son complementarios de alguno de los codones del ARN mensajero. Por eso, se llaman anticodones. Cada aminoácido que será trasladado al ARN mensajero se une a un extremo de una molécula de ARN de transferencia.

La etapa inicial de la traducción consiste en la unión del ARN mensajero a la subunidad menor del ribosoma, el acople del primer ARN de transferencia y la unión de la subunidad ribosomal mayor.

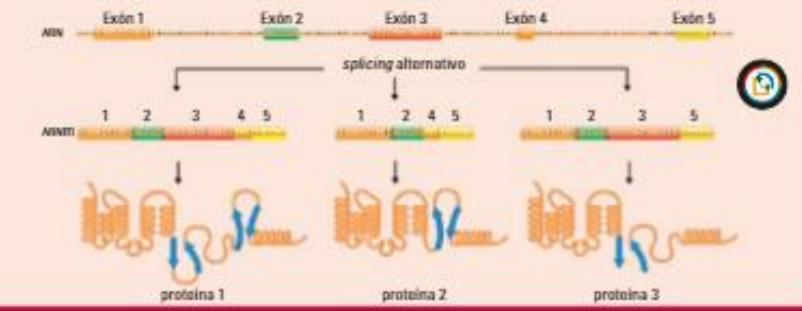


A medida que se elargan las cadenas polipeptídicas, el ribosoma se desplaza siempre en una misma dirección. La traducción finaliza cuando un codón de detención del ARN mensajero se ubica en el sitio A del ribosoma. El polipéptido se forma mediante uniones peptídicas entre los aminoácidos.

### UN GEN, DISTINTAS PROTEÍNAS

Por muchos años, el consenso científico establecía que, por cada gen, se sintetizaba una proteína. Sin embargo, en la década de 1980, se descubrió que, en diferentes tejidos y a partir de distintos estímulos, un ARN transcripto puede procesarse de diferentes maneras y dar origen a diversos ARN me-

sajeros. De esta forma, es posible que un mismo gen porte la información para sintetizar más de una proteína. Este proceso se conoce como ensamblaje (o splicing) alternativo. Y es uno de los procesos que estudian científicos argentinos como Alberto Komlith y Mariano Allo.



## La fotosíntesis

La fotosíntesis es el principal proceso anabólico por el cual se sintetizan biomoléculas a partir de sustancias simples, como el dióxido de carbono y el agua. Es posible afirmar que la vida en la Tierra depende de los organismos fotosintetizadores, debido a que son los únicos capaces de transformar la energía lumínica en energía química, es decir, "capturarla" en los enlaces químicos de las biomoléculas que sintetizan. La energía química es la única que los seres vivos pueden retransformar y aprovechar.

La fotosíntesis se lleva a cabo en las células de las partes herbáceas de las plantas, del mismo modo que en las algas y en algunas bacterias. En las células eucariotas, la fotosíntesis se produce en los cloroplastos, especialmente, en sus membranas internas. Las células procariotas, aunque no poseen estas organelas, tienen unas membranas llamadas laminillas fotosintetizadoras. En ambos tipos de células, se encuentran los pigmentos y las enzimas necesarias para que se lleve a cabo el proceso.



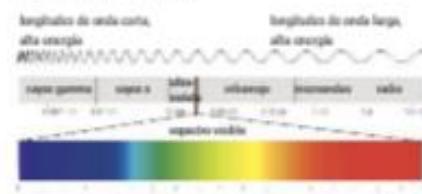
Organismos unicelulares que hacen fotosíntesis: A. cianobacterias, cuyas células son procariotas; B. Chlorella, alga cuyas células son eucariotas.

## La naturaleza de la luz

Para comprender de qué manera interviene la luz en el proceso de fotosíntesis, resultará útil conocer algunos aspectos de su naturaleza física.

Según las teorías actualmente aceptadas, la luz es considerada un fenómeno dual. Esto significa que algunos aspectos de su comportamiento pueden ser explicados mediante un modelo de partículas y otros, en cambio, son consistentes con un modelo ondulatorio. Ambos se complementan, y es por eso

que se dice que la luz es a la vez onda y partículas: en cuanto a su propagación, se comporta como onda y se propaga en el vacío, pero su energía es transportada, junto con la onda lumínica, por unas pequeñas partículas que se denominan fotones. La naturaleza corpuscular (de corpúsculo o partícula) permite explicar las interacciones de la luz con la materia (emisión y absorción).



► La luz visible es la pequeña porción del espectro electromagnético que puede ser detectada por el ojo humano, pero este espectro se extiende más allá de los estrechos límites de la sensibilidad humana.



► Cuando un haz de luz blanca atraviesa un prisma, se descompone en haces con distintas longitudes de onda, que las personas perciben como colores: violeta, azul, verde, amarillo, anaranjado y rojo.

Cuando la luz interacciona con un material, puede ser reflejada, transmitida o absorbida. Las sustancias que absorben luz visible se denominan pigmentos. Los colores son una manifestación de cómo incide la luz blanca sobre los pigmentos de los materiales. Un objeto iluminado se verá del color correspondiente a las longitudes de onda que no son absorbidas (y son reflejadas) por los pigmentos que hay en dicho objeto. Si un pigmento absorbe todas las longitudes de onda, se verá negro; si por el contrario refleja todas, se verá blanco. El hecho de que los humanos puedan distinguir colores se debe a que poseen un sistema fotorreceptor, que conforman la retina del ojo y el cerebro.

## Los pigmentos fotosintéticos

En los organismos fotosintetizadores, la energía lumínica es absorbida por un tipo particular de pigmentos, entre los que se destaca la clorofila, pues está presente en todas las plantas del planeta. Cada pigmento absorbe ciertas longitudes de onda y refleja otras. La clorofila presenta su mayor absorción en la banda de longitudes de onda del color rojo (660 nm). La energía asociada a la luz verde, que es la que refleja, no es adecuada para la fotosíntesis.



► Si las ondas reflejadas alcanzan el ojo, serán interpretadas como verdes, y esto es lo que debemos entender cuando decimos que "la clorofila es verde".

que absorben radiaciones de esa longitud de onda. La energía captada por estos pigmentos es luego transferida a la clorofila, que está también presente en estas algas.

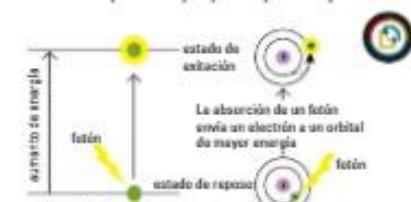
Las cianobacterias tienen clorofila *b*, al igual que las células eucariotas, pero otras bacterias fotosintetizadoras poseen un pigmento diferente, llamado bacterioclorofila.



► En otoño, las hojas dejan de sintetizar clorofila, pero siguen produciendo carotenoides. Estos pigmentos dan a las plantas los colores amarillos, anaranjados y rojos típicos de esta estación del año.

## ¿Cómo actúan los pigmentos en la fotosíntesis?

Cuando una molécula de clorofila absorbe un fotón de luz, la energía proveniente de ese fotón provoca que uno de los electrones "salte" hacia un nivel energético superior. En ese nivel de mayor energía, el electrón se encuentra inestable. Es por esta razón que, si las moléculas del pigmento estuvieran aisladas, el electrón rápidamente volvería al nivel energético anterior y liberaría en forma de calor la energía absorbida. Sin embargo, los pigmentos fotosintéticos no están dispersos, sino que están organizados en fotosistemas ubicados sobre las membranas tilacoides de los cloroplastos o sobre las membranas celulares de los organismos procariotas. Es por eso que los electrones, al volver al nivel energético anterior, desencadenan un proceso de transferencia de energía hacia los electrones de los otros compuestos que participan del proceso.



► Representación simplificada de lo que sucede cuando una molécula de un pigmento absorbe un fotón de luz.

### Etapas de la fotosíntesis

La descripción de la fotosíntesis que se puede realizar actualmente tiene una larga historia. Las investigaciones tuvieron en su origen una pregunta: ¿de qué se alimentan las plantas? A partir de ella, se fueron abriendo nuevas preguntas y diversos caminos en la búsqueda de respuestas.

Hacia mediados del siglo XIX, los conocimientos acerca del metabolismo de las plantas eran los suficientes como para arribar a algunas conclusiones.

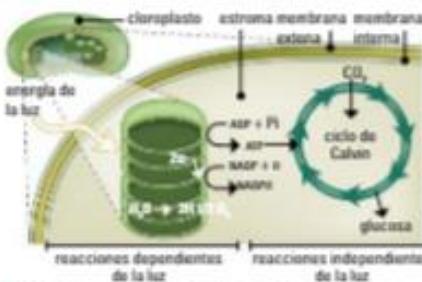
- En las plantas terrestres, el agua utilizada en la fotosíntesis proviene del suelo. Esta sustancia es absorbida por las raíces y, a través de los tejidos de conducción, llega hasta los órganos fotosintetizadores.
- El dióxido de carbono captado por las plantas penetra a través de los estomas, pequeños orificios que se encuentran en las hojas. El agua y el oxígeno son liberados también por dichos orificios.
- La luz es necesaria para la producción de oxígeno y de hidratos de carbono.
- La clorofila es el pigmento que capta la luz, y se encuentra en los cloroplastos.

El botánico alemán Ferdinand von Sachs (1832-1897) estudió los productos de la fotosíntesis entre 1862 y 1864. A él se le adjudica la primera formulación de la ecuación general de este proceso. En la actualidad, se la expresa de la siguiente manera:



Sin embargo, la denominación fotosíntesis data de 1893, cuando se habían identificado los principales pasos del proceso.

Las investigaciones realizadas a principios del siglo XX por el botánico inglés Frederick Blackman (1866-1947) le permitieron postular que la fotosíntesis se realiza en dos etapas. La primera, llamada etapa fotoquímica, es en la que la energía lumínica inicia el proceso. En la segunda, denominada bioquímica o etapa que fija el carbono, los productos generados en la primera se utilizan para elaborar glucosa. El esquema sintetiza estas etapas:

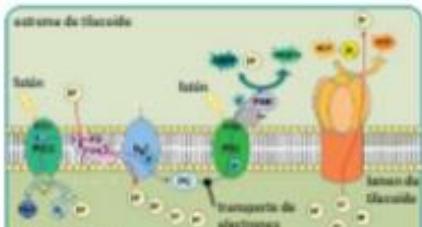


► En los cloroplastos de las células eucariotas, la primera etapa de la fotosíntesis se desarrolla en las membranas tilacoides; la segunda etapa tiene lugar en el estroma.

### Etapa fotoquímica

En esta etapa, la energía lumínica es absorbida por la clorofila *a* y *b*. La clorofila y el resto de los pigmentos forman parte de los fotosistemas, que están en la membrana del tilacoide de los cloroplastos. Allí un electrón de cada molécula del pigmento salta a un nivel mayor, al recibir la energía de un fotón. La energía que libera el electrón al volver a su estado más estable provoca una cadena de transferencia de electrones entre moléculas del fotosistema, lo que implica varias consecuencias:

- La oxidación de dos moléculas de agua en una reacción denominada fotolisis. En esta oxidación, el hidrógeno reduce una sustancia llamada NADP, que pasa a ser NADPH.
- La síntesis de ATP. Es así como la energía de la luz se transforma en energía química. El oxígeno que resulta de la fotolisis del agua es liberado al medio externo.



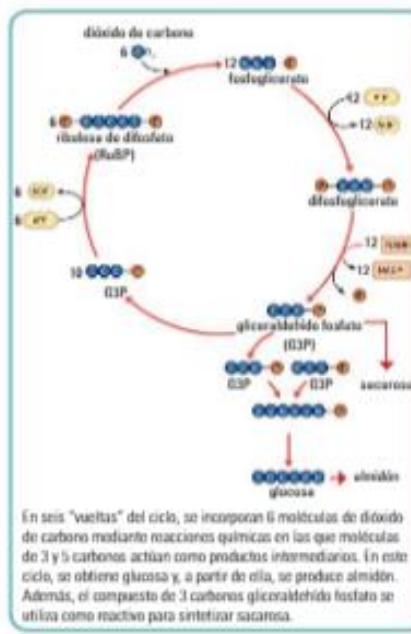
Etapa fotoquímica: en los fotosistemas (PSII y I), se encuentran los pigmentos fotosintéticos. Los pigmentos de cada fotosistema captan luz de diferente longitud de onda. Los electrones se transfieren a lo largo de una cadena de moléculas intermedias, en la cual se obtienen compuestos que "guardan" la energía en forma de enlaces químicos, se reduce el agua a hidrógeno y se sintetiza ATP.

### Etapa bioquímica

En esta etapa, se sintetiza glucosa a partir del dióxido de carbono del aire. Las enzimas que catalizan las reacciones químicas de este proceso, denominado ciclo de Calvin, están en el estroma de los cloroplastos. En este ciclo, a partir de un compuesto de cinco carbonos, se sintetiza uno de seis carbonos utilizando el dióxido de carbono proveniente del exterior y el hidrógeno de la fotolisis del agua. La energía necesaria para este proceso anabólico es aportada por el ATP y por el poder reductor del NADPH, ambos obtenidos en la etapa fotoquímica.



► El ciclo de Calvin recibe este nombre en homenaje al bioquímico estadounidense Melvin Calvin (1911-1997) y a su equipo de colaboradores, que estudiaron y describieron cómo se produce la fijación del carbono atmosférico. Por esta investigación, Calvin recibió el Premio Nobel de Química en 1961.



En seis "vueltas" del ciclo, se incorporan 6 moléculas de dióxido de carbono mediante reacciones químicas en las que moléculas de 3 y 5 carbonos actúan como productos intermedios. En este ciclo, se obtiene glucosa y, a partir de ella, se produce amílido. Además, el compuesto de 3 carbonos gluceraldehído fosfato se utiliza como reactivo para sintetizar sacarosa.

La glucosa y el gliceraldehído fosfato que se obtienen en este proceso cíclico son utilizados inicialmente en dos vías anabólicas: la glucosa se usa para la síntesis de almidón, que ocurre en el interior del cloroplasto; el gliceraldehído fosfato se usa para la síntesis de sacarosa, que se produce en el citoplasma.

En las plantas, la sacarosa es transportada hacia todas las células. El almidón no se transporta hacia otras células, sino que se almacena en los cloroplastos. Cuando se guarda como reserva a largo plazo, es almacenado en los amíloplastos. Si hay una elevada demanda de energía, una parte del almidón se degrada en unidades de glucosa.

Los glucidos que se obtienen en la fotosíntesis se utilizan también como fuente de energía. Esto significa que, al igual que en los organismos heterótrofos, en los autótrofos, es la respiración celular la que provee la energía que hace posible mantener la vida de las células. Y esos procesos ocurren en simultáneo con la fotosíntesis durante todo el día. Lo único que diferencia a los autótrofos es que utilizan la luz para sintetizar glucosa, y los heterótrofos la obtienen por la alimentación.



► Los amíloplastos son plásmidos que contienen almidón. Se encuentran principalmente en los tejidos y en los órganos de reserva de las plantas, como raíces y tubérculos. En algunas plantas también están en las semillas.



## El balance final de la fotosíntesis

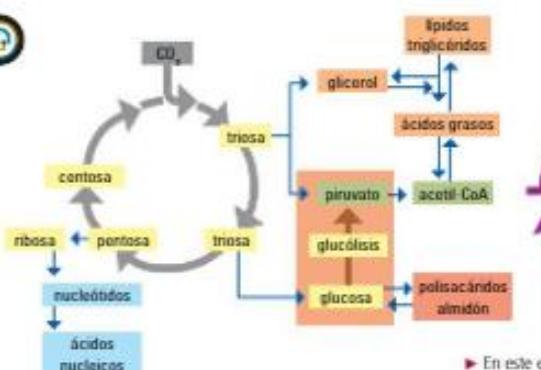
En la fotosíntesis, el balance permite entender de dónde provienen los productos que se sintetizan y cuántas moléculas de cada reactivo participan en el proceso. Teniendo en cuenta la composición de una molécula de glucosa ( $C_6H_{12}O_6$ ), se necesitan 12 moléculas de agua ( $H_2O$ ) y 6 de dióxido de carbono ( $CO_2$ ) para sintetizarla.

En el cuadro, se muestra la redistribución de los átomos, que se produce en las reacciones químicas de esta vía anabólica.

Reactivos	Se descomponen	Productos	Destino
12 $H_2O$	Si 12 $O-$ → 6 $O_2$	6 $O_2$	Se libera al medio
12 $H_2$		12 $H_2O$ (glucosa)	Se utiliza para la síntesis de otras biomoléculas y para la obtención de energía
6 $CO_2$		6 C	
		6 O → 6 $H_2O$	Se libera al medio
		6 O → 6 O	

## Relaciones de la fotosíntesis con otros procesos metabólicos

El metabolismo celular puede representarse mediante una compleja red de vías metabólicas que se entrecruzan. Esos cruces se deben a que



algunos productos obtenidos en algunas de esas vías son reactivos de otras. En el esquema, se muestra la parte de esa red que relaciona de forma más directa la fotosíntesis con otros procesos.

© Editorial Eléctrica S.A. - Propiedad de su autoría. Ley 11.723

## ACTIVIDADES

- A continuación, se enuncian algunas ideas que suelen circular respecto de la fotosíntesis, la respiración celular y las relaciones entre estos procesos. Según lo tratado en estas páginas, ¿cuál es tu opinión en cada caso?
- Las plantas solo respiran durante la noche, y durante el día hacen fotosíntesis.
- Las plantas utilizan la energía lumínica para llevar a cabo sus funciones vitales; en cambio, los animales utilizan la energía química de los alimentos.
- El oxígeno que se produce en la fotosíntesis es utilizado directamente por la misma célula como reactivo en la respiración celular.
- El agua y el dióxido de carbono que se forman en la respiración celular son utilizados directamente por la misma célula como reactivos en la fotosíntesis.

## Propuesta de actividades

1. ¿Qué le ocurriría a un organismo unicelular marino si se lo coloca en agua dulce? Describi la situación utilizando términos como isó, hiper, hipotónico, ósmosis, difusión, membrana plasmática.
  2. En este esquema, se representan diversos mecanismos de transporte a través de la membrana celular. Indicá a cuál corresponde de cada caso y explícalo qué tuviste en cuenta para responder.
- 
3. Menciona tres tipos de transformaciones de energía que estén ocurriendo en las células de tu cuerpo en este momento.
  4. ¿En qué consiste el proceso de catalización? Explícalo a qué se debe que cada enzima solo catalice un tipo de reacción química.
  5. Observá las imágenes y leé el epígrafe.
- 
- ▶ En los alimentos sumergidos en vinagre y en los que se guardan a bajas temperaturas, las bacterias descomponedoras no actúan o lo hacen mucho más lentamente.
- a. Volvó a leer el texto de la página 152 referido a la acción de las enzimas y explícalo a qué se debe que, en esas condiciones, los alimentos no se pudran.
- b. ¿Qué tipo de reacción representa el esquema que se presenta a continuación?
- 
6. a. Completalo con los rótulos que consideres necesarios para que resulte más explicativo.
  - b. Compara con el esquema que se presenta en este capítulo para explicar estas reacciones. ¿Cuál representa mejor que se trata de reacciones acopladas?
  - c. En grupo, elijan dos procesos entre los estudiados en este capítulo en los cuales se produzcan este tipo de reacciones. Indiquen en qué etapa de cada proceso ocurren e identifiquen cuáles son los reactivos y cuáles los productos para cada caso.
  7. ¿Cuáles son las diferencias y cuáles las similitudes entre la combustión de un papel y la respiración celular aeróbica?
  8. Las levaduras se utilizan en la elaboración de productos panificados y de bebidas alcohólicas debido a algunas características de su metabolismo. Respondan las preguntas.
  9. a. ¿A qué se debe que se diga que las levaduras son organismos facultativos?
  - b. ¿Qué vía catabólica se produce principalmente en las levaduras cuando están en la masa, donde el oxígeno es escaso?
  - c. ¿Qué sustancia origina las burbujas que hacen esponjosa la masa?
  - d. ¿Cómo se origina el alcohol de las bebidas que se elaboran con levaduras?
  10. Explicá por qué se dice que el ATP es la "moneda energética" de las células.
  11. Algunas de las afirmaciones son verdaderas y otras, falsas. Identifícalas y luego: transformá las falsas en verdaderas y completa con más información las que elegiste como verdaderas.
    - a. El oxígeno interviene en la etapa de la glucólisis de la respiración celular aeróbica.
    - b. En la cadena de transferencia de electrones (cadena respiratoria), se forman 38 moléculas de ATP.
    - c. En el ciclo de Krebs, se oxidan moléculas de  $NaHCO_3$  y  $ADP$ .
    - d. En la respiración celular, el dióxido de carbono se libera en las reacciones de la cadena respiratoria.

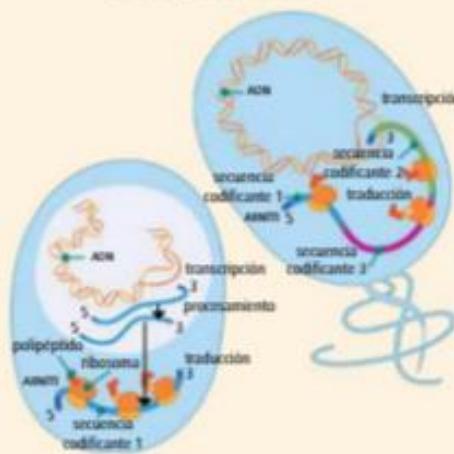


12. En grupo, lean y respondan las siguientes preguntas:

- ¿Es posible que los aminoácidos sean fuente de energía en lugar de la glucosa? ¿Y qué sucede con los ácidos grasos? Justifiquen su respuesta.
- ¿Cuál es el papel que cumple la información genética en la síntesis de proteínas?
- ¿Qué se obtiene en la etapa de transcripción y qué en la de traducción?
- En cuál de las etapas mencionadas en la pregunta 13, participan los ribosomas?
- ¿Qué etapa de la síntesis de proteínas ocurre en el núcleo?

13. Observen los esquemas e indiquen:

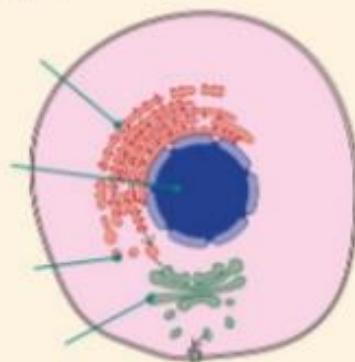
- ¿Qué proceso se está representando mediante estos esquemas?
- ¿Cuál representa una célula eucariota y cuál una procariota? Expliquen en qué se basaron para identificarlas.



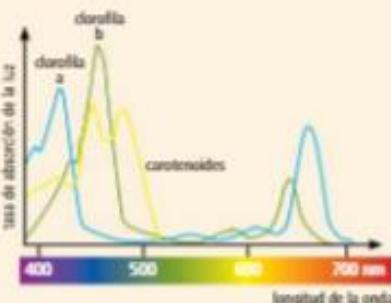
14. Algunas proteínas sintetizadas en el interior de las células son secretadas y actúan en procesos que ocurren fuera de ellas. Observen el esquema y responder:

- Para describir este proceso, es conveniente separarlo en etapas. ¿Cuáles serían para ustedes esas etapas?
- ¿Qué estructura celular participa en cada una de ellas?

- ¿Cuál de los mecanismos de transporte a través de la membrana constituye la última etapa?



- Por qué vemos de color verde la mayor parte de las hojas de las plantas? La interpretación del gráfico y la información de la página 161 los ayudará a elaborar la respuesta.



© Edelvives S.A. - Producción de Textos 1o. 11/12

- Elaborá un cuadro comparativo entre respiración y fotosíntesis en el que consignes: materias primas, productos, intercambios energéticos, organelas celulares en las que se realizan esos intercambios, tipos de organismos que los llevan a cabo y las etapas del proceso.

- En cuál de las dos fases de la fotosíntesis interviene el agua?

- En qué procesos puede participar la glucosa que se sintetiza en la fotosíntesis? Indicá cuáles son anabólicos y cuáles, catabólicos.

Cómo realizar la experiencia  
Primera parte:

Tomen dos tubos de ensayo bien limpios y viertan 2 ml de solución de peróxido de hidrógeno en cada uno. En un tubo, agreguen una pequeña cantidad de arena fina; y en el otro, aproximadamente, la misma cantidad de dióxido de manganeso. Con un cronómetro para cada tubo, tomen el tiempo que se tarda en comenzar a ver cambios y regístrenlo. Luego, tomen el tiempo que dura la reacción química hasta que no se observen más cambios, y también regístrenlo.

Segunda parte:

Tomen dos tubos de ensayo bien limpios y viertan 2 ml de solución de peróxido de hidrógeno en cada uno. En uno, coloquen una porción de hígado del tamaño de un grano de arroz; y en el otro, una porción de papa del mismo tamaño. Realicen el mismo procedimiento de control del tiempo que en la primera parte.

Comparen los resultados obtenidos en todos los tubos. Ordénenlos en serie descendente, desde el que tuvo la reacción más rápida hasta el de reacción más lenta o nula.

### Acción enzimática

El peróxido de hidrógeno se forma como subproducto en las reacciones de las células, pero es tóxico y lo descomponen inmediatamente.

### Propósitos de la actividad

En esta actividad, indagarán cómo se produce la degradación del peróxido de hidrógeno (agua oxigenada) acelerada por una enzima denominada catalasa. Compararán la catalasa, tal como se encuentra en los tejidos de los organismos vivos, con un catalizador no proteico.

La reacción de degradación de  $H_2O_2$  se pone en evidencia por la formación de burbujas, la agitación del líquido, los cambios en el color y en el volumen y la liberación de un gas.

### Materiales

Dióxido de manganeso en polvo, solución de peróxido de hidrógeno al 3% (o de 10 volúmenes) trozos de hígado y papa crudos, tubos de ensayo, cilindro graduado o jeringa, pinzas, gradillas, baño de agua a 100 °C, baño de agua helada, agitador de vidrio, arena fina, papel indicador de pH, astillas de madera, tubo de goma, fósforos.

### Preguntas para la discusión:

- El peróxido de hidrógeno tiene una fórmula molecular  $H_2O_2$ . ¿Cuáles serán los productos de su degradación?
- ¿Para qué se agrega arena al tubo sin dióxido de manganeso en la primera parte de la experiencia?
- El agua oxigenada se degrada luego de un tiempo (ser semanas o meses, depende de varios factores). ¿Cómo puede explicarse la descomposición rápida de dicha sustancia en presencia del dióxido de manganeso y en los tejidos utilizados en esta exploración?
- ¿Cuál es el gas que se desprende en esta reacción? Preparen un dispositivo como el que muestra la figura, que les permitirá recoger el gas y averiguar su naturaleza química.



## La biotecnología y sus aplicaciones



La biotecnología comprende un conjunto de procedimientos en los que se utilizan seres vivos o partes de ellos para obtener productos. Las prácticas biotecnológicas forman parte de la vida humana desde sus inicios. Sin embargo, el desarrollo científico que caracterizó al siglo XX abrió paso a una biotecnología de gran complejidad, cuyos procesos y productos pueden tener efectos benéficos y también adversos. El Estado de cada país es el responsable de controlar y regular estas actividades.

### La biotecnología, su definición y su historia

Para la mayor parte de las personas, la biotecnología está relacionada casi exclusivamente con la manipulación de material genético de determinadas especies. Sin embargo, no se limita solo a estas técnicas, pues incluye procedimientos utilizados desde los inicios de la humanidad. Según la definición establecida en 1992 en la Convención sobre Diversidad Biológica de las Naciones Unidas, se define 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". Otra definición, más amplia, considera la biotecnología como la detección, síntesis, producción y comercialización de productos biológicos y el conocimiento acerca de las técnicas que se utilizan en esos procesos y sobre sus aplicaciones.

Para relatar la historia de la biotecnología, se suele delimitar etapas que pueden ser algo diferentes según el punto de vista de quien las establezca. En todos los casos, esas etapas se definen según el tipo de prácticas biotecnológicas que se implementaban y el conocimiento que se tenía acerca de los procesos biológicos involucrados en ellas.



El hallazgo de vasijas agujereadas con rastros de lácteos del período neolítico (9000-6000 a. C.) indica que las personas elaboraban queso desde hace miles de años. Las habrían utilizado para separar el suero de la parte sólida de la leche de las cabras.

© Editorial Eléctrica S.A. - Proyecto de Maestría 100 11122

### Las primeras prácticas biotecnológicas

La primera etapa se caracteriza por prácticas artesanales que se llevaban a cabo para obtener productos de uso cotidiano, por ejemplo, elaboración de alimentos y bebidas mediante la fermentación de frutas o leche, entre otros. También, son ejemplos de estas prácticas el procesamiento de hierbas para uso medicinal, la selección de variedades de plantas y animales por medio de cruzas y del uso de remedios de origen vegetal. Por lo general, estas formas de procesamiento surgían de experiencias del tipo "prueba y error" sin conocer los procesos ni los agentes que intervenían en esa transformación. Cuando se lograba obtener algún producto de interés, se incorporaba la práctica a las actividades cotidianas, se perfeccionaba y se transmitía de generación en generación. Los arqueólogos describen indicios de actividades biotecnológicas en culturas que habitaron el planeta desde hace más de 7.000 años.

### El conocimiento científico y la biotecnología

La segunda etapa (entre 1700 y 1900) se caracterizó por la aplicación de la metodología científica con el fin de conocer cuáles eran los procesos y los agentes causantes de las transformaciones. El proceso más estudiado en ese período fue la fermentación. A mediados del siglo XIX, Pasteur identificó las levaduras como las causantes de dicho proceso; posteriormente, Büchner trabajó con extractos de las enzimas que intervienen y mostró que no era necesario utilizar células intactas de levaduras. El desarrollo de estos conocimientos impulsó la aplicación de técnicas de fermentación a la industria alimentaria y, también, permitió obtener levaduras industrialmente. En esta etapa, se desarrollaron además las primeras vacunas y otros medicamentos de origen biológico.



Actualmente, se producen levaduras a gran escala para su utilización industrial.

En la placa, se observa el desarrollo del hongo *Penicillium notatum* en un cultivo de bacterias. El fondo verdeo de la placa se debe a que se expandieron las bacterias sembradas sobre el medio sólido utilizado para el cultivo. Alrededor de cada colonia de *Penicillium*, se puede ver un "rato" sin desarrollo bacteriano debido a la sustancia bactericida que libera el hongo.

### La biotecnología actual

En esta cuarta etapa, se combinan prácticas de la biotecnología tradicional y de ingeniería genética o "del ADN recombinante". La ingeniería genética se basa en los conocimientos de genética y biología molecular que comenzaron a desarrollarse a mediados del siglo XX, entre los cuales se destacan:

- La identificación del ADN como portador de la información genética y la elaboración del modelo de la doble hélice.
- La identificación de la enzima que interviene en la síntesis de los ácidos nucleicos y la descripción del mecanismo de la replicación del ADN.
- La enunciación de un código genético único para todos los organismos.
- La identificación de las enzimas específicas que cortan y enlazan el ADN, y su uso para desarrollar técnicas que permiten cambiar fragmentos de ADN entre organismos de diferentes especies.
- La introducción de fragmentos de ADN humano en el ADN de bacterias con el propósito de sintetizar insulina, la primera proteína elaborada mediante una técnica de ADN recombinante.



La biotecnología moderna se basa en conocimientos acerca de los procesos biológicos en el nivel molecular y en procedimientos que utilizan nuevos instrumentos y dispositivos.





## Técnicas y procesos actuales de la biotecnología

La biotecnología actual incluye las técnicas modernas basadas en la ingeniería genética y en las tradicionales, a las cuales se les incorporan nuevos instrumentos y métodos para hacer más eficiente la obtención de los productos.

### Biotecnología tradicional

La biotecnología tradicional consiste en la utilización de organismos o de compuestos producidos por ellos, principalmente, enzimas para obtener algún tipo de beneficio. Los microorganismos son los más utilizados debido a que presentan numerosas ventajas técnicas y económicas respecto de utilizar animales o plantas. Las especies o variedades que se usan se seleccionan en cada caso de acuerdo con las características de interés. Esta selección consiste en potenciar el

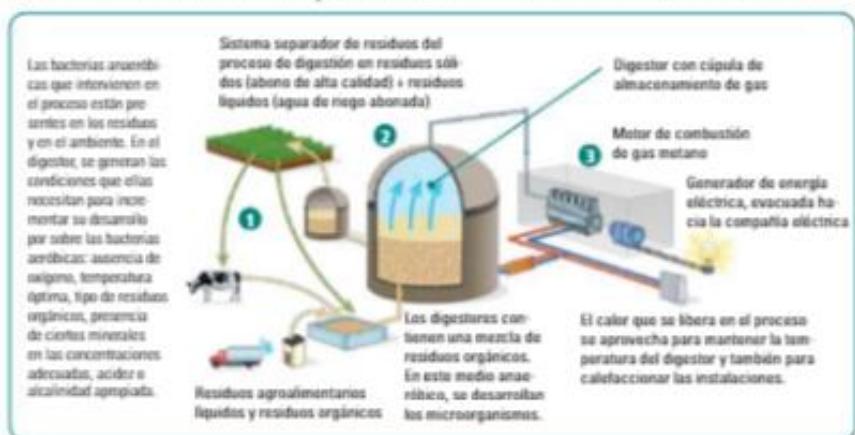
desarrollo de esas especies a través de técnicas específicas de cultivo.

La producción de biogás mediante bacterias y los procesos industriales que utilizan enzimas son dos ejemplos de la biotecnología tradicional.

En páginas posteriores, se describen otras técnicas tradicionales según las áreas de la actividad humana en que se aplican.

### La producción de biogás mediante bacterias

El biogás es una mezcla de gases, metano ( $\text{CH}_4$ ) y dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), producida mediante la degradación anaeróbica de residuos provenientes de plantas y animales. Esos procesos anaeróbicos de degradación los llevan a cabo distintos tipos de microorganismos, principalmente bacterias. La producción de biogás permite obtener una fuente de energía y es además un método eficaz para transformar residuos orgánicos y de efluentes industriales en subproductos útiles.



- Molécula orgánica compleja (polisacáridos, grasas, etc.).
  - 1. Hidrolíticas (diversas microorganismos).
- Monosacáridos (glucosa, amiláceos, ácidos grasos).
  - 2. Bacterias fermentativas acidoíngicas.
- Ácidos orgánicos, alcoholos, cetonas.
  - 3. Bacterias acetogénicas.
- Acetato,  $\text{H}_2$ ,  $\text{CO}_2$ .
  - 4. Bacterias metanogénicas.
- Metano ( $\text{CH}_4$ ).

En cada paso de la digestión anaeróbica, intervienen distintas especies de bacterias que utilizan la respiración anaeróbica como proceso de obtención de energía. La respiración anaeróbica es un proceso metabólico de doble reducción en el que el último acceptor de electrones no es el oxígeno, sino otros compuestos; entre ellos, el acetato y el dióxido de carbono. La energía que se libera en la respiración anaeróbica es mucho mayor que la producida en la fermentación.

### Los procesos industriales que utilizan enzimas

Numerosos procesos industriales utilizan enzimas, que fueron aisladas previamente, para catalizar transformaciones y obtener así productos o servicios de interés. Algunos ejemplos de estos procesos son el tratamiento de las fibras y tejidos en la industria textil, la producción de bioetanol y biodiesel, el tratamiento de residuos industriales. Las técnicas que usan enzimas, llamadas de biocatálisis, se han extendido en los últimos años

debido a que presentan ventajas en comparación con las técnicas tradicionales: se logra un mayor rendimiento y el proceso genera menor contaminación ambiental.

Las enzimas microbianas son las más utilizadas debido a que su purificación es más fácil que la de las enzimas de origen animal o vegetal. Además, el rendimiento es mayor porque los microorganismos tienen velocidades muy altas de crecimiento y de producción de enzimas.



El proceso de biocatálisis mediante enzimas consiste en una serie de etapas. Para que las enzimas actúen, es necesario que mantengan estable su estructura. Con ese propósito, se emplean técnicas llamadas de inmovilización, que consisten en fijar la enzima a un material inerte, como por ejemplo, ciertas membranas que las retienen en su trama. La inmovilización, también, facilita la recuperación de la enzima para ser reutilizada.



En este esquema, se representan de manera simplificada las vías metabólicas asociadas entre sí y se destacan los compuestos en común entre ellas.



### ACTIVIDADES

- En esta actividad, podrán relacionar lo que saben acerca de las proteínas, en particular de las enzimas, con los procesos biotecnológicos que las utilizan.

Los esquemas que siguen representan distintas formas de inmovilizar enzimas para utilizarlas en procesos industriales.



1. El dibujo de cada unidad de enzima tiene una "hendidura" de una forma particular, ¿qué representa?
2. ¿A qué se debe que sea importante mantener estable la estructura de la enzima? ¿A qué se debe que el proceso de biocatálisis sea cíclico? Elaboren su respuesta a través de un esquema que explique cómo actúa una enzima.

## Biotecnología moderna e ingeniería genética

La biotecnología moderna consiste en la utilización de técnicas de ADN recombinante para la modificación genética de organismos. Estos organismos modificados se utilizan para obtener productos de interés o mejoras en la producción de conocimiento, bienes y servicios.

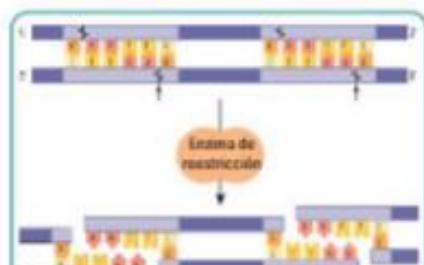
Para modificar genéticamente un organismo, primero, es necesario amplificar el gen que interesa introducir, es decir, producir muchas copias de ese gen. Para esto, se aplican distintas técnicas:

- la clonación de genes en el interior de células hospedantes. Esta técnica, también, permite obtener copias de la proteína buscada;
- provocar una rápida replicación del fragmento de ADN deseado en un medio artificial (*in vitro*). Este método es catalizado por una enzima llamada ADN polimerasa, y se denomina reacción en cadena de la polimerasa (o PCR). Una vez obtenidas las copias del gen, se introducen en los organismos que se quiere modificar para obtener el producto deseado.

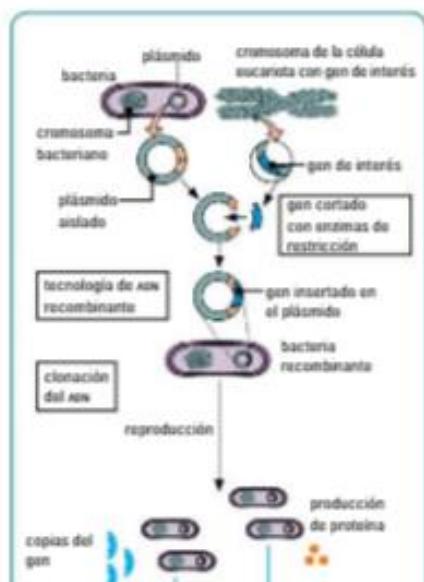
### La clonación de genes en células: ADN recombinante

Las técnicas de ADN recombinante consisten en cortar fragmentos de ADN (genes), insertarlos en el ácido nucleico de organismos que sirven como transportadores (vectores) y, a través de ellos, incorporar los fragmentos de ADN seleccionados en células de organismos hospedantes. En esos organismos, se obtienen muchas copias del gen o de la proteína deseada, según el interés de quienes realizan el procedimiento.

Para llevar a cabo cada uno de los pasos, se utilizan enzimas específicas. Algunas cortan fragmentos de ADN mediante reacciones de hidrólisis. En este grupo, se incluyen las llamadas enzimas de restricción, que se caracterizan por reconocer y cortar determinadas secuencias de ADN o ARN. Otras unen fragmentos provenientes de diferentes organismos; y unas terceras catalizan reacciones de polimerización y completan secuencias por medio de la incorporación de nucleótidos.



Muchas enzimas de restricción cortan el ADN y dejan extremos de cadena simple, a los que se suele llamar "pala y cepillo" porque se unen espontáneamente a sus secuencias complementarias.

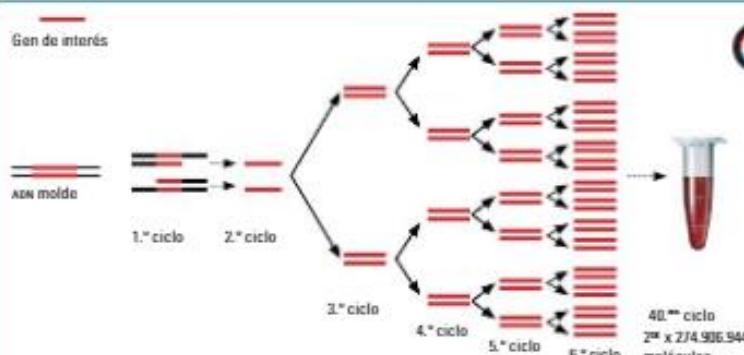


El método de clonación de ADN utiliza vectores y células hospedantes. Los vectores que se usan con más frecuencia son los plásmidos y el material genético de ciertos virus. Los plásmidos son pequeñas moléculas de ADN, generalmente circulares, que están separadas de los cromosomas y que tienen sus propios ciclos de replicación. Las bacterias son las principales portadoras de plásmidos, aunque también pueden estar presentes en las levaduras.

## Amplificación de ADN: reacción de PCR

La técnica de la reacción en cadena de la polimerasa consiste en la replicación de fragmentos de ADN a partir de cadenas preexistentes que se utilizan como molde. Para que la reacción se produzca, es necesario calentar la muestra a 96 °C, en un primer paso; enfriarla, en un segundo paso; y calentarla a 72 °C, en un tercer paso. En este último, interviene

la enzima ADN polimerasa. La mayor parte de las enzimas no mantienen estable su estructura a esas temperaturas. Debido a esto, se usa un ADN polimerasa, aislada de bacterias de la especie *Thermus aquaticus*. Estas bacterias viven en aguas termales y, por eso, su ADN polimerasa es estable y tiene su mayor actividad a temperaturas cercanas a los 70 °C.



Reacción en cadena de la polimerasa. Se denomina "en cadena" debido a que los nuevos fragmentos que se van replicando sirven de molde para la síntesis de los siguientes. Es por eso que el número de copias aumenta muy rápidamente en poco tiempo. Esta técnica permite obtener miles de millones de copias de un determinado fragmento de ADN en un lapso de 2 a 4 horas según el largo de dicho fragmento.

## Secuenciación de ADN: otra técnica clave de la biotecnología moderna

Esta técnica consiste en determinar el orden de los nucleótidos en una molécula de ADN. Es posible secuenciar desde un pequeño fragmento hasta la totalidad del ADN de un organismo (genoma).

El esquema representa de manera simplificada uno de los métodos que se usan actualmente para secuenciar genomas completos.



Este método, llamado "shotgun" (por disparos) consiste en fragmentar la totalidad del ADN del organismo al azar para luego ordenar los fragmentos mediante un análisis comparativo y ensamblarlos. En la actualidad, se utiliza la informática para analizar los datos y obtener las secuencias de ADN en tiempos relativamente cortos.

## SECUENCIACIÓN DEL GENOMA HUMANO ¿SOLO POR EL INTERÉS DE CONOCER?

En 1975, Frederick Sanger (1918-2013) ideó un método de secuenciación de ADN con el que logró secuenciar por primera vez un genoma: el de un virus bacterifago (parásito de bacterias). Esto sentó las bases para la secuenciación de otros genomas, entre ellos, el humano. El Proyecto Genoma Humano internacional, financiado por gobiernos de los países participantes, comenzó en 1990 bajo la dirección de James Watson. En 1998, cuando se había descifrado el 3% del genoma, el especialista en genética John C. Venter firmó un acuerdo con el principal fabricante de máquinas de secuenciación del ADN y se propuso secuenciar el genoma con un método más rápido en paralelo con el proyecto público.

Venter trabajaba para una empresa privada. Si bien ellos aseguraban que cualquier equipo de investigación podría acceder gratuitamente a la base de datos, una vez descifrado el genoma, quienes lo hicieran tendrían que pagar derechos de patente de cualquier producto comercial desarrollado a partir de esas investigaciones. El Proyecto Genoma Humano aceleró el trabajo y consiguió publicar los primeros resultados (un 90% del genoma secuenciado) casi al mismo tiempo que Venter, en 2001. La secuencia completa se obtuvo en 2003.

## Aplicaciones de la biotecnología actual

La biotecnología actual tiene numerosas aplicaciones en muy diversas áreas de la vida de las personas. Se las suele clasificar según el campo de aplicación. Las categorías más utilizadas actualmente tuvieron su origen en el 12.º Congreso Europeo de Biotecnología, en 2005. Inicialmente, se distinguieron cuatro categorías y a cada una se le asignó un color. Desde entonces, se fueron incorporando nuevas. La siguiente es una forma de categorización que se adopta en la actualidad:

**Roja:** Aplicaciones médicas. Algunos ejemplos son: la obtención de organismos para producir antibióticos, el desarrollo de vacunas y nuevos fármacos; también, se refiere a los diagnósticos basados en estudios moleculares y a la manipulación genética para curar enfermedades.

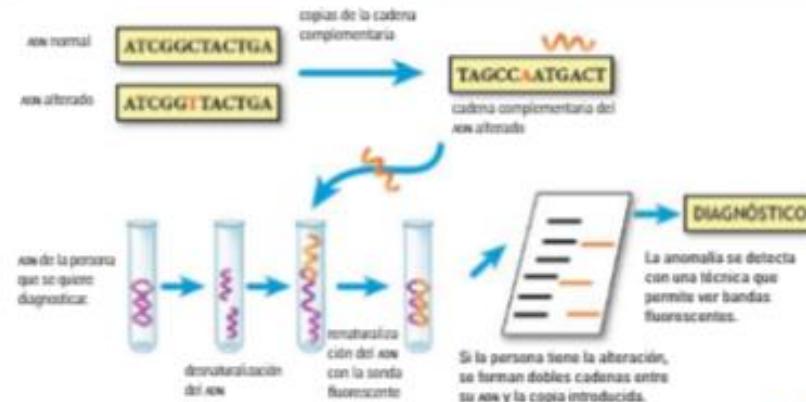
**Amarilla:** Alimentación. Se basa principalmente en el uso de microorganismos y de enzimas para la producción y procesamiento de los alimentos.

**Verde:** Agricultura. Por ejemplo, la obtención de plantas transgénicas capaces de crecer en condiciones ambientales desfavorables a plantas resistentes a plagas y enfermedades.

**Blanca:** Procesos industriales. Se refiere al uso de enzimas y enzimas para obtener productos que van fácilmente degradables, cuya elaboración consuma menos energía y genera menos desechos.

**Gris:** Preservación del ambiente. Algunos ejemplos son: la biomedioación y los biofiltros.

Otras categorías que se utilizan son la biotecnología **Diseñada**, referida al uso de herramientas biotecnológicas para el diseño de drogas, enzimas y rutas metabólicas; la **Marrón**, utilizada en veterinaria para producir fármacos, vacunas y mejoramiento animal; la **Azul**, dedicada a la preservación de los ambientes acuáticos; la **Negro**, referida a la propiedad intelectual, patentes y biodisponibilidad de los procesos biotecnológicos.



## Aplicaciones médicas

La biotecnología médica tiene aplicaciones para el diagnóstico, la prevención y el tratamiento de enfermedades.

Uno de los avances logrados para diagnosticar enfermedades consiste en identificar trastornos genéticos. Para esto, se utiliza la técnica de la reacción en cadena de la PCR, que permite clonar, secuenciar el gen e identificar la alteración de la secuencia (mutación) que causa la enfermedad. Con esta técnica, se pudieron secuenciar los genes relacionados con la hemofilia, la fibrosis quística y la enfermedad de Huntington, entre otros.

También, se utilizan técnicas de ingeniería genética para diagnosticar enfermedades infecciosas. Así se detecta el ARN del virus de inmunodeficiencia humana (VIH) en muestras de sangre o de tejidos.

Para evitar la transmisión de alteraciones hereditarias en los casos de parejas con riesgo de transmitir alguna anomalía, se utiliza una técnica llamada de diagnóstico genético preimplantacional (PGP). Consiste en analizar la información genética de embriones obtenidos por fecundación *in vitro* e implantar el que no es portador de la alteración. Para realizar este diagnóstico, se toman una o dos células de cada embrón y se analiza el ARN mediante diversos métodos, entre ellos, la reacción en cadena de la polimerasa. Esta práctica tiene implicancias éticas: podría propiciar una selección de embrones de naturaleza discriminatoria debido a que posibilita conocer el sexo y características no patológicas del embrón antes de su implantación. Asimismo, resulta controversial cuáles son los efectos del tratamiento sobre los embrones y cuál es el destino de los que no son seleccionados.

## Vacunas tradicionales y "de última generación"

Las vacunas son importantes herramientas de prevención de enfermedades infecciosas. Desde que se desarrollaron las primeras vacunas hasta la actualidad, se ha producido una marcada disminución en la incidencia de gran parte de las enfermedades causadas por virus y bacterias. Algunas, incluso, fueron erradicadas, como la viruela.

Todas las vacunas se elaboran mediante procedimientos biotecnológicos, principalmente, los tradicionales. El modo de acción de una vacuna se basa en generar en una persona inmunidad contra determinado agente infeccioso (virus o bacteria) sin provocarle la enfermedad.

Los virus y las bacterias poseen en la superficie proteínas que los caracterizan. Cuando se produce una infección, estas proteínas actúan como antígenos, es decir, activan el sistema inmunológico y desencadenan la producción de anticuerpos. Estos también son proteínas específicas, debido a que cada uno detecta y se une a un antígeno determinado y contribuye a que el agente infeccioso sea reconocido y eliminado por otras células del sistema inmunológico. En el esquema, se representa el modo de acción de las vacunas.



Las vacunas contienen ciertos antígenos y desencadenan la síntesis de los anticuerpos correspondientes. La síntesis ocurre en un tipo de glóbulos blancos. Algunos tienen "memoria", es decir, luego del primer contacto con el antígeno, guardan la información para la síntesis de los anticuerpos producidos. En una infección posterior, estos linfocitos los elaboran a gran velocidad y en mayor cantidad, y su acción detiene el proceso infeccioso.

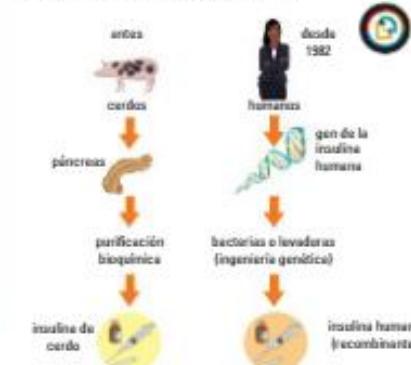
Las vacunas tradicionales se elaboran a partir del agente patógeno previamente modificado, de modo que quede inactivado o se atenue su efecto. En algunos casos, se utilizan solo los antígenos

producidos por los microorganismos. En las últimas décadas, comenzaron a diseñarse vacunas de "última generación" mediante técnicas de ingeniería genética. La primera vacuna elaborada con tecnología del ADN recombinante fue contra la hepatitis B, en 1986. Esta tecnología se aplica para desarrollar vacunas contra enfermedades para las que aún no existen vacunas tradicionales. Es más difícil y lento reemplazar las vacunas ya existentes, pues para eso, es necesario que las nuevas garanticen, al menos, la misma seguridad y eficacia.

## El tratamiento de enfermedades: producción de fármacos

Los antibióticos son productos biotecnológicos. Algunos, como la penicilina, la estreptomicina y la eritromicina, se obtienen directamente de los hongos o bacterias que los producen. Otros se extraen de dichos microorganismos y se modifican en el laboratorio. La amoxicilina, por ejemplo, se obtiene por modificación química de la penicilina. Por otra parte, las sulfamidas, se sintetizan por completo en el laboratorio.

Las técnicas de clonación del ADN se utilizan desde hace décadas para la elaboración de productos farmacéuticos. Entre los primeros que se sintetizaron por ingeniería genética, están la insulina humana (una hormona peptídica necesaria para que la glucosa ingrese a las células) y la hormona de crecimiento humana.



Actualmente, toda la insulina que se utiliza se sintetiza por técnicas de ingeniería genética. Las personas con diabetes tipo 1 dependen de la administración de insulina.

## Los anticuerpos monoclonales

Debido a que los virus y bacterias poseen más de un tipo de antígeno en su superficie, cuando se produce una infección se desencadena la producción de más de un anticuerpo.

Desde hace décadas, se obtienen anticuerpos por medio de técnicas biotecnológicas. Hasta mediados de la década de 1970, se elaboraban mediante la inyección de antígenos en animales y la posterior extracción de los anticuerpos que producía el sistema inmunológico del animal. Estos procesos requerían de una purificación posterior para obtener el anticuerpo buscado.

En 1975, el alemán George Köhler (1946-1995) y el argentino César Milstein (1927-2002) diseñaron un método para la producción ilimitada de anticuerpos monoclonales, es decir, específicos para un único antígeno.

El método que utilizaron consistió en fusionar dos tipos de células de ratón: células de mieloma (un tipo de cáncer) y células del bazo de ratones inmunizados. Las células que obtuvieron eran hibridas, y las llamaron hibridomas. Estas células tenían la capacidad de las células cancerosas de crecer ilimitadamente y la capacidad de las células del bazo para producir anticuerpos. A continuación, identificaron y seleccionaron aquellos hibridomas productores del anticuerpo deseado. La propiedad de estas células de reproducirse continuamente en un medio de cultivo las convertía en una fuente inagotable de anticuerpos.

En la actualidad, los anticuerpos monoclonales tienen aplicación terapéutica y en el diagnóstico clínico. Por ejemplo, se utilizan para evitar rechazo de órganos trasplantados, para tratamientos contra distintos tipos de cáncer y para analizar muestras de sangre y detectar la presencia de determinados antígenos.

## Terapia génica

La terapia génica consiste en modificar el ADN de un paciente que padece un trastorno genético para restablecer la función normal del gen alterado. Para lograrlo, se pueden extraer las células que se deben reparar, modificar el gen alterado en el laboratorio y volverlas a implantar. También, se propone introducir el gen reparador directamente

en el órgano que tiene afectada su función.

Actualmente, se encuentra en etapa de investigación y su utilización en humanos es limitada porque se deben resolver algunas dificultades. Entre ellas, es necesario lograr que el gen introducido llegue a las células o a los tejidos donde es necesario.

Se considera que esta tecnología permitirá abordar el tratamiento de enfermedades genéticas para las cuales hoy solo existen tratamientos paliativos.

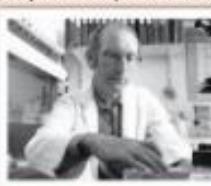
### CÉSAR MILSTEIN, DE LA UBA A CAMBRIDGE

César Milstein nació en Bahía Blanca y realizó sus estudios en la Universidad de Buenos Aires donde, primero, se graduó como licenciado en Ciencias Químicas en la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y, más tarde, como doctor en Química. Beca por la Universidad de Cambridge, obtuvo allí un segundo doctorado, mientras trabajaba bajo la dirección de Frederick Sanger.

En 1961, regresó a la Argentina y durante un año dirigió la División de Biología Molecular del Instituto Nacional de Microbiología. Luego del golpe militar de 1962, abandonó el país y continuó la carrera en Inglaterra.

En 1964, se le otorgó el Premio Nobel de Fisiología o Medicina, junto con George Kohler, por su trabajo en el desarrollo de los anticuerpos monoclonales.

Un rasgo destacable de este investigador es que nunca patentó su producción científica. Milstein se oponía a que se utilice con fines de lucro un conocimiento que debe estar a disposición de quienes necesiten utilizarlo.



► César Milstein

## ACTIVIDADES

- En <http://www.bl.fcen.uba.ar/Milstein.pdf>, es posible acceder al texto "Anticuerpos monoclonales. La curiosidad como fuente de riqueza", conferencia de César Milstein en la Facultad de Ciencias Exactas de la UBA en 1999. A partir de la página 40 ("Sorpresa de las ciencias básicas"), Milstein comparte sus reflexiones y opiniones acerca del papel de las empresas, los Estados y los investigadores en relación con la actividad científica. Elaboren un texto que sintetice la postura de Milstein frente a esta temática.

© Editorial Eléctrica S.A. - Pág. 11 de 11 | Ed. 2012 | Lote 111027

© Editorial Eléctrica S.A. - Pág. 11 de 11 | Ed. 2012 | Lote 111027

## La biotecnología en la producción de alimentos

La biotecnología alimentaria emplea organismos vivos o sustancias que provienen de ellos para producir o modificar sustancias alimenticias. Asimismo, incluye las técnicas que se implementan para modificar plantas y animales de los que vienen ciertos alimentos, y las que se usan para el desarrollo de microorganismos que intervienen en los procesos de elaboración.

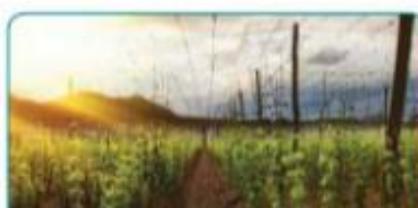
Las técnicas tradicionales de fermentación utilizadas en la fabricación de bebidas alcohólicas y quesos, entre otros alimentos, se han convertido hoy por hoy en procesos controlados que emplean cultivos de microorganismos altamente especializados. La aplicación de la ingeniería genética a estos procesos permite, por ejemplo, obtener cepas específicas de levaduras y de bacterias lácticas, y también lograr el mejoramiento de la cebada. Se incorporaron además nuevas técnicas para la óptima utilización de las enzimas que intervienen.

Otros alimentos que se obtienen mediante prácticas biotecnológicas son los llamados probióticos. Estos complementos dietarios contienen dosis definidas de microorganismos vivos, principalmente, bacterias lácticas y levaduras. Suelen presentarse en forma de yogur o bebidas lácteas y su ingestión puede ser beneficiosa, por ejemplo, en el tratamiento y prevención de diarreas causadas por el uso de antibióticos.

A la vez, se emplean microorganismos para la elaboración de sustancias tales como espesantes, conservantes, potenciadores de sabor, vitaminas y colorantes.

Otras aplicaciones en la industria alimentaria son las que implementan técnicas de ADN recombinante para obtener organismos genéticamente modificados (OGM) con el objeto de lograr alimentos con propiedades particulares.

Desde 1990, la Organización Mundial de la Salud (oms) en conjunto con la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (fao) y la Organización Panamericana de la Salud (ops) definen normas y criterios para controlar la producción de alimentos a partir de OGM. Los controles se basan principalmente en análisis



Para elaborar cerveza, se usan habitualmente granos de cebada o de trigo como materia prima para la fermentación, levaduras como agente fermentador y lúpulo para aromatizar y dar el sabor característico. El uso del lúpulo como aromatizante tiene algunas desventajas, en especial, porque los cultivos utilizan mucha agua. Utilizando técnicas de ADN recombinante, se desarrollaron cepas de levadura de cerveza genéticamente modificadas a las que se les introdujo ADN de plantas de abahúca y morita que proporcionan un sabor muy similar al lúpulo.

En la actualidad, existe una gran diversidad de alimentos provenientes de OGM. Algunos ejemplos son las papas con altos niveles de aminoácidos esenciales, los tomates con elevado contenido de licopeno (actúa en la prevención de enfermedades cardiovasculares), el arroz con un mayor contenido de hierro, granos con cantidades elevadas de vitamina E, frutas con mayor contenido de vitamina C, entre otros. También, es posible desarrollar vegetales que expresan antígenos, conocidos como "vacunas comestibles".



El arroz dorado proviene de plantas genéticamente modificadas a las que se les insertó el gen para la síntesis de betacaroteno. El betacaroteno actúa como un precursor de la vitamina A.

químicos y nutricionales que permitan comparar los alimentos de OGM con los que no lo son. Estos análisis de bioseguridad deben ser realizados por los organismos gubernamentales de cada país. Además, las normas vigentes exigen que, en las etiquetas, se incluya información acerca del origen del alimento y se consigne si proviene de OGM.



### Biotecnología y agricultura

Las prácticas agrícolas tienen su inicio en las primeras poblaciones humanas que adoptaron la vida sedentaria. Al comienzo, cultivaban plantas silvestres que crecían en el entorno de los asentamientos. Algunas de esas especies eran seleccionadas y vueltas a sembrar por poseer propiedades de interés. Este proceso de selección artificial propiciaba la fecundación cruzada entre distintas variedades y especies emparentadas que compartían un mismo espacio. Así, con el tiempo, fueron surgiendo otras nuevas con características diferentes. Debido a que los antiguos agricultores desconocían el intercambio genético que generaban, el proceso ocurría de manera azarosa e incontrolada.



▶ Para lograr la polinización artificial, se toman granos de polen de los órganos masculinos de una flor y se colocan sobre el ovario de la flor de otra planta. Una vez que quedan adheridos allí los granos de polen, comienza el proceso de fecundación.

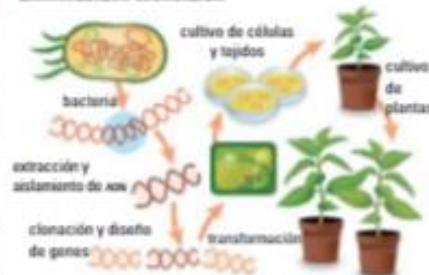


El maíz (*Zea mays*) es considerado una planta doméstica. Durante siglos, los pueblos originarios de América la cultivaron y seleccionaron las variedades más apropiadas para elaborar sus alimentos. Todas las investigaciones acerca del origen y la evolución de esta planta hacen referencia a los cambios producidos en la especie debidos a este proceso de selección artificial.

Desde principios del siglo XX, la selección artificial se transformó en una práctica basada en el conocimiento biológico. Por una parte, ya se conocían algunos procesos por los que se transmiten las características hereditarias de una generación a la siguiente; por otra, se contaba con descripciones bastante precisas acerca de los ciclos reproductivos de las plantas. Esto último permitió desarrollar técnicas de polinización artificial entre ejemplares escogidos por poseer características apropiadas de acuerdo con el uso que se hacia de ellos. Fueron surgiendo así especies y variedades que, en algunos casos, desplazaron a las plantas silvestres.

En la década de 1960, la Revolución Verde introdujo nuevas plantas hibridas y, a la vez, prácticas agrícolas intensivas, que incluían el uso de abonos y pesticidas.

La biotecnología moderna, que utiliza técnicas de ingeniería genética, permite transferir de manera selectiva uno o pocos genes. De este modo, se logra obtener en muy poco tiempo plantas modificadas únicamente con las características deseadas. Mediante estas técnicas se han logrado modificaciones de rasgos tales como la resistencia a plagas, el control de la maduración de los frutos para otorgarles mayor duración, mejoras en propiedades nutritivas tales como el aumento en el contenido de aceites o en los niveles de aminoácidos esenciales.



▶ Este esquema representa un procedimiento que se aplica para obtener plantas genéticamente modificadas. El gen con las propiedades buscadas suele ser incorporado junto con un gen marcador. Este marcador confiere a la planta una propiedad que permite seleccionar las células del cultivo que han sido efectivamente modificadas. Un gen marcador, por ejemplo, es el que hace que las células sean resistentes a determinado antibiótico. Para seleccionar las células modificadas, se utiliza ese antibiótico, y sólo las que son resistentes (portadoras del gen marcador y del gen para la característica buscada) se utilizan para hacer los cultivos y obtener plantas completas.

© Editorial Elledit S.A. - Recursos para la Escuela 1.º año 11-123

### Cultivos transgénicos resistentes a herbicidas

A partir de la segunda mitad del siglo XX, se incrementó sustancialmente la producción de alimentos. Esos incrementos se deben, en gran medida, al uso de fertilizantes y de agroquímicos para el control de malezas y de plagas.

El uso de herbicidas desde la década de 1940 es el método más utilizado por los productores agropecuarios para controlar el desarrollo de malezas que compiten con los cultivos. Pero el uso intensivo y prolongado de estos agroquímicos tiene un efecto no deseado: la selección artificial. Esto significa que algunas malezas que, al principio, eran sensibles a los herbicidas se vuelven resistentes.

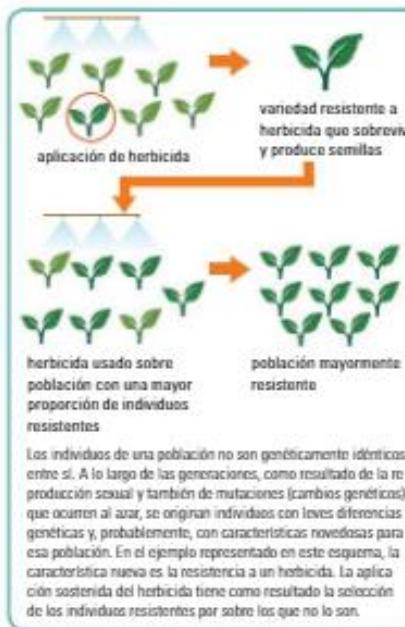


▶ Los principales cultivos resistentes al glifosato disponibles en el mercado mundial son la soja, el maíz, el algodón, la canola, la remolacha azucarera y la alfalfa.

### EFEKTOS ADVERSOS DE LOS CULTIVOS TRANSGÉNICOS RESISTENTES AL GLIFOSATO

Desde la introducción de los cultivos genéticamente modificados, se produjo un marcado incremento en el número de especies de malezas resistentes al glifosato. El control de estas malezas es un problema importante para los agricultores que cultivan las variedades transgénicas. La empresa que produce las variedades transgénicas es la misma que produce el glifosato. Aunque reconoce el problema, la estrategia que recomienda incluye el uso de otros agroquímicos más potentes. Uno de esos herbicidas es el 2,4-D, un compuesto derivado del llamado agente naranja.

Otro efecto sobre el que alertan algunos científicos es el riesgo latente de que se produzcan cruzamientos entre especies genéticamente modificadas y especies silvestres que habitan desde hace miles de años en los ambientes donde se realizan los cultivos. Estos cruzamientos no son controlados, y pueden generar variedades con características muy diferentes a las actuales en tiempos muy cortos si se los compara con los tiempos de la evolución biológica. El interés de las empresas y de los grandes productores agropecuarios por ganar mercados y aumentar las ganancias mediante el uso de cultivos transgénicos suele no ser compatible con el tiempo necesario para evaluar los impactos a largo plazo sobre las personas y el ambiente.



Los individuos de una población no son genéticamente idénticos entre sí. A lo largo de las generaciones, como resultado de la reproducción sexual y también de mutaciones (cambios genéticos) que ocurren al azar, se originan individuos con ligeras diferencias genéticas y, probablemente, con características novedosas para esa población. En el ejemplo representado en este esquema, la característica nueva es la resistencia a un herbicida. La aplicación sostenida del herbicida tiene como resultado la selección de los individuos resistentes por sobre los que no lo son.

En este contexto, en 1974, se desarrollaron cultivos resistentes a herbicidas mediante técnicas de ingeniería genética, en particular, al glifosato. Las plantas genéticamente modificadas resistentes al glifosato poseen la capacidad de sobrevivir y reproducirse ante la aplicación de una dosis elevada de herbicida que sería letal para la planta no modificada genéticamente. Esta dosis resulta también letal para las malezas que se desea eliminar.

### ACTIVIDADES

1. Busquen información acerca del agente naranja. ¿Para qué se utilizó este agroquímico en el siglo pasado?
2. En la Argentina, hasta la fecha de edición de este libro, los campos que están junto a escuelas se fumigan con glifosato. Investiguen cuáles son los efectos que denuncian quienes se oponen al uso de este herbicida. ¿Conocen casos de personas afectadas? ¿Hay proyectos de ley al respecto? ¿Cuáles?

### Biotecnología industrial

La biotecnología se aplica a los procesos industriales con tres propósitos principales: desarrollar nuevos productos, aumentar la eficiencia de procesos tradicionales (por ejemplo, ahorrar energía) y reducir el impacto ambiental. En este último caso, se pone el acento en reemplazar materiales provenientes de combustibles fósiles por otros renovables o de origen biológico, en el ahorro de agua y en la reducción de residuos.

Actualmente, la biotecnología se utiliza en la industria textil, en los procesos de elaboración de plásticos biodegradables y de biocombustibles, en la fabricación de una diversidad de compuestos químicos con diversas aplicaciones, como detergentes y bioinsecticidas, entre otras aplicaciones. La elaboración de fármacos y de alimentos corresponde a procesos de biotecnología industrial. También, lo es el tratamiento de residuos.

### La biotecnología en la industria textil

La utilización de biotecnología para el tratamiento de productos textiles busca lograr el efecto deseado en las fibras mediante procesos que reduzcan al mínimo el impacto ambiental.

La industria textil emplea enzimas para la producción de hebras y para el hilado, el tejido y el acabado de las telas. Se usan para tratar fibras de diferentes materiales: de proteínas, como la lana y la seda; de celulosa, como el algodón y el lino; también, para las sintéticas.

Las enzimas reemplazan el uso de productos químicos oxidantes, ácidos o alcalinos que se utilizan en los procesos textiles tradicionales, y en los que los residuos son altamente contaminantes.

Se utilizan enzimas en distintas etapas del proceso textil. Por ejemplo, para eliminar los aceites y las grasas de la lana, se utilizan lipasas para extraer el almidón que recubre las fibras, amilasas para hacer que los tejidos sean más lisos y blandos, celulosas.

### Producción de bioplásticos

Desde hace unos 100 años se producen y utilizan materiales plásticos para la fabricación de los más diversos productos. Pero desde hace varias

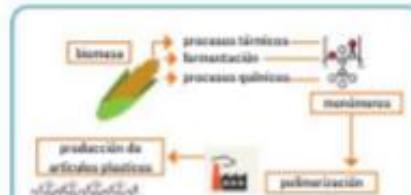
décadas, se conocen los efectos perjudiciales del uso extendido de estos materiales sobre la salud y el ambiente y se busca reemplazarlos con otros.



Los plásticos perduran en el ambiente durante cientos de años debido a que no son biodegradables. La acumulación de plásticos provoca contaminación en los ambientes terrestres y acuáticos e introduce compuestos tóxicos que afectan la fauna y la flora.

De acuerdo con numerosas investigaciones acerca de los efectos de los plásticos sobre la salud humana, cada vez más, se recomienda evitar estos materiales para fabricar elementos que entran en contacto con los alimentos. Existe un compuesto sintético conocido como *xx*, que se encuentra en productos de plástico rígido, revestimientos de latas de alimentos, selladores dentales, entre otros. Su actividad es similar a la de la hormona estrógeno. La ingestión puede alterar o interrumpir el modo en que esta y otras hormonas actúan normalmente en el organismo, ya que las bloquean o las reemplazan. La ingestión de *xx* durante el embarazo puede afectar el desarrollo del cerebro durante la gestación.

La producción de bioplásticos surge como una alternativa posible para mitigar los efectos de los plásticos no biodegradables. Algunos bioplásticos se fabrican a partir de recursos renovables y son biodegradables. Para fabricarlos, se utilizan principalmente algas macroscópicas, microorganismos y plantas; entre ellas, el maíz, el trigo, la soja y la caña de azúcar. Otros plásticos se elaboran a partir de combustibles fósiles, pero se los incluye en este grupo porque son biodegradables.



Un ejemplo de elaboración de bioplástico es la del polilactato, un material parecido al polietileno. Por ejemplo, del almidón extraído del maíz se obtiene ácido láctico en el proceso de fermentación. El bioplástico se obtiene mediante la polimerización de este compuesto.

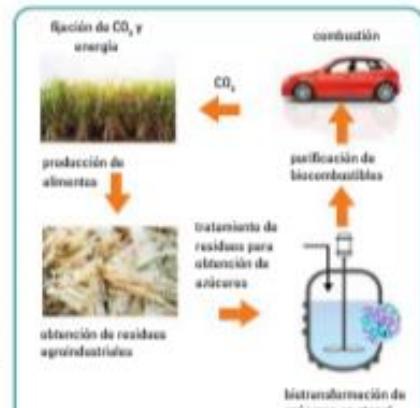
### Biocombustibles

Los biocombustibles están adquiriendo una importancia creciente debido a la búsqueda de fuentes alternativas de energía para reducir el uso de combustibles fósiles. Existe una variedad de biocombustibles. El más común es el bioetanol, seguido por el biodiesel. Los de menor producción en la actualidad son los aceites vegetales y el biogás.

El bioetanol se obtiene mediante la fermentación de azúcares con enzimas obtenidas de levaduras y de algunas especies de bacterias; el biodiesel tiene como materia prima principal el aceite de granos oleaginosos, y el proceso emplea enzimas (lipasas) que se extraen de diferentes microorganismos. Además, hay un biodiesel que se elabora a partir de aceite de algas cultivadas. También es posible producir biocombustibles a partir de tallos de trigo, rastrojo de maíz, madera, pastos o residuos orgánicos. Se los denomina de segunda generación. En estos casos, los procesos son más complejos.

### Detergentes

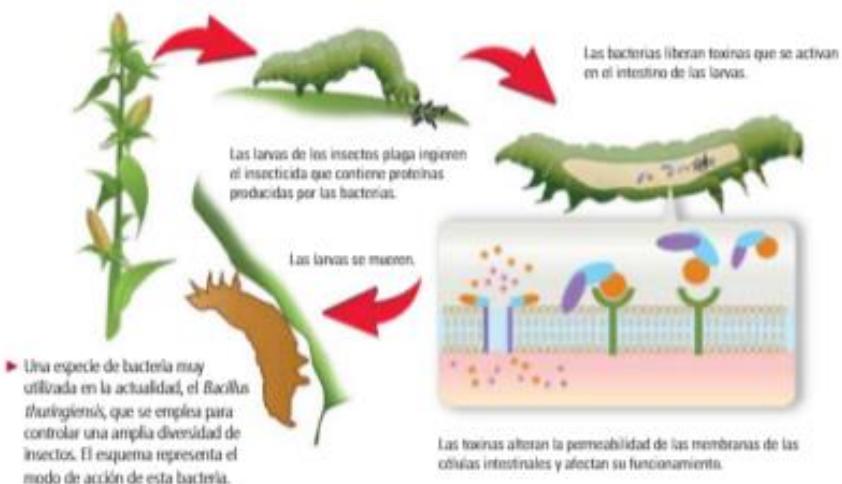
En la actualidad, existen numerosos productos detergentes que basan su acción en el uso de enzimas. Por lo general, se utilizan complejos enzimáticos, de modo que puedan actuar sobre diferentes sustratos. La suciedad puede contener, entre otras sustancias, grasas y proteínas. Las grasas pueden ser eliminadas con lipasas y las proteínas con proteasas.



El ciclo de producción y utilización del bioetanol puede ser más sustentable que el de los combustibles fósiles si las materias primas son residuos agroindustriales (de segunda generación). Si las materias primas son de primera generación, en cambio, tiene efectos perjudiciales debido a que impide la expansión de la producción agrícola.

### Bioinsecticidas

Los bioinsecticidas se emplean principalmente en la actividad agrícola con el propósito de evitar el uso de compuestos contaminantes y así mejorar la calidad de los alimentos. Se elaboran a partir de diversos organismos, en su mayoría bacterias, virus, nemátodos, protozoos y hongos.



## La biotecnología y la preservación del ambiente

La biotecnología aplicada a la preservación del ambiente comprende un conjunto de acciones que se desarrollan con dos propósitos principales:

- prevenir, reducir o eliminar del ambiente los compuestos contaminantes.
- lograr un mejor aprovechamiento de los recursos naturales.

En los últimos años, esta aplicación biotecnológica adquirió un lugar destacado respecto de otras. Esto se debe al impacto negativo de las actividades humanas sobre el medio ambiente y los recursos naturales esenciales: el agua y las fuentes de energía.

### El compostaje

El compostaje consiste en convertir residuos orgánicos en abonos naturales. El proceso se basa en la descomposición de materia orgánica por la acción de hongos y bacterias presentes en el ambiente, preferentemente en condiciones aeróbicas.

Por su sencillez, es un método muy utilizado para recuperar los nutrientes en los suelos afectados por la actividad agrícola excesiva o por erosión.

El compostaje a gran escala se utiliza en la agricultura para degradar restos orgánicos provenientes de estaciones depuradoras de aguas y para tratamiento de residuos sólidos urbanos. Mediante este sistema se obtiene un compost que se usa para recuperar suelos o como fertilizantes naturales. En estos casos, se pueden utilizar biorreactores de



Acción de microorganismos aeróbicos

► Desechos orgánicos como cáscaras de frutas y de huevo, café utilizado, restos de poda, tapones de corcho, papel de cocina y servilletas, entre otros, se pueden reutilizar como materia prima para fabricar compost casero. Por cada 100 kilos de residuos orgánicos, se pueden obtener unos 30 kilos de compost.

compostaje o composteras abiertas o semiabiertas.

Un biorreactor de compostaje es una estructura cerrada que cuenta con una cámara de ventilación para garantizar el abastecimiento de oxígeno y un sistema de riego para mantener la humedad. También, suele tener un sistema que permite controlar la temperatura y todas las condiciones que se requieren para el desarrollo de los microorganismos.

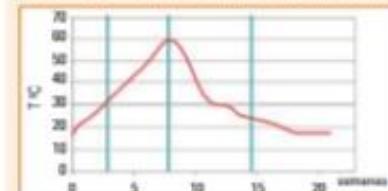
En las últimas décadas, se incorporó además para el manejo doméstico de los residuos y la elaboración de abono para parques y jardines.



► Compostera abierta, dispuesta en pilas.

### ACTIVIDADES

- En el proceso de compostaje, pueden distinguirse dos fases. En la primera, los microorganismos se multiplican muy rápidamente porque disponen de gran cantidad de alimento. Debido a la intensidad de la actividad metabólica que se produce en esta etapa, se libera mucha energía en forma de calor y la temperatura de la compostera es alta. A medida que el alimento se agota, el crecimiento microbiano es menor y, debido a esto, se reduce la generación de calor, y por consiguiente disminuye la temperatura. En la segunda fase, el proceso de descomposición es más lento.



1. ¿Qué parte del gráfico representa la primera fase y cuál la segunda?
2. ¿Cuánto tiempo tarda en completarse cada fase?
3. ¿Cuál es la temperatura máxima que se alcanza durante el proceso de compostaje?

## Biorremediación

La biorremediación se basa principalmente en la capacidad metabólica de los microorganismos para degradar los compuestos contaminantes del suelo, del agua y del aire. Como resultado de esta degradación, se obtienen compuestos inocuos o con efectos nocivos significativamente menores. También, se pueden absorber o transformar los contaminantes, retirarlos del medio o inactivarlos. La biorremediación es una solución que no genera residuos, como si suele ocurrir cuando se implementan otros tratamientos. Como beneficio adicional, se busca además que sean procesos de bajo costo.

Los organismos que se utilizan pueden ser plantas (fitorremediación), hongos, algas y bacterias.

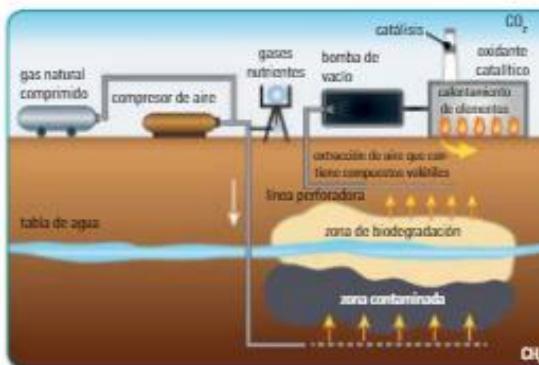
El método de fitorremediación se basa en el empleo de plantas que, en asociación con ciertos microorganismos del suelo, absorben, acumulan, transforman y volatilizan sustancias contaminantes. Este método es efectivo para remediar ambientes afectados por la contaminación de muy diversas actividades, debido a que las plantas que se emplean pueden procesar compuestos pesticidas, solventes, hidrocarburos derivados del petróleo, metales tóxicos e, incluso, algunos residuos radiactivos.



Representación sintética de las distintas formas en que las plantas, en asociación con microorganismos, pueden "capturar" compuestos contaminantes.

Cuando se introducen microorganismos para procesos de biorremediación, suelen combinar-se diferentes especies. El propósito es respetar la diversidad microbiana de los ambientes que se desea remediar y aprovechar las interacciones que se establecen entre ellos en esa comunidad. La biorremediación, también, se lleva a cabo mediante enzimas que son antes producidas por bacterias genéticamente modificadas.

Los siguientes son ejemplos de biorremediación que utilizan microorganismos.



Numerosas actividades humanas generan la eliminación de desechos orgánicos. Los más comunes y perjudiciales son el petróleo y sus derivados (benzeno, tolueno, aceituna, alcoholes simples), ciertos pesticidas y herbicidas. Estos compuestos pueden ser degradados total o parcialmente por bacterias y hongos que los utilizan como fuente de carbono. Un método de remediatón es el llamado bioventilación. Consiste en estimular el desarrollo de los microorganismos presentes en la zona contaminada para acelerar la biodegradación de los hidrocarburos que alcanzaron las napas subterráneas. Para eso, se insufla oxígeno y nutrientes.



En la industria minera, se emplea un método llamado lexicación para extraer oro y plata. Este método utiliza cianuro, que es un compuesto tóxico para la mayoría de los organismos vivos. Muchos microorganismos son capaces de tolerar e, incluso, degradar.



## De la secuenciación del ADN a la genómica

Transcurrieron aproximadamente 45 años desde que se obtuvo el primer genoma completo secuenciado, el de la bacteria llamada *Haemophilus influenzae*; pasaron unos 30 años desde que se puso en marcha el Proyecto Genoma humano. Desde el momento en que comenzaron los primeros trabajos de secuenciación hasta la actualidad, se desarrollaron métodos cada vez más sofisticados, económicos y rápidos.

Cuando se dio a conocer la noticia de que habían logrado "deletrear" la secuencia completa del genoma humano, en 2003, se generó una enorme expectativa en algunos ámbitos científicos y en la población en general. Se anuncianan rápidos y enormes avances en el conocimiento; especialmente, en el campo de la medicina. Sin embargo, saber cuál es la sucesión de nucleótidos que conforman la totalidad de un genoma no significa comprender de inmediato los procesos que derivan de la información contenida en esa secuencia. Por ejemplo, ¿qué interacciones se establecen entre los genes? ¿Cuáles son los fragmentos de ADN que no codifican para ninguna proteína? ¿Qué papel cumple determinado fragmento de la secuencia en la regulación de los procesos de duplicación y transcripción? ¿Qué alteraciones en la secuencia pueden tener efectos en el organismo, y cuáles son esos efectos?

Una vez secuenciado el ADN comenzó la ardua tarea de interpretarlo. Desde hace aproximadamente dos décadas, gran parte de las investigaciones en biología molecular y en genética tienen como objetivo estudiar el funcionamiento de conjuntos completos de genes de secuencias conocidas.

En los últimos años, se ha conformado un nuevo campo de investigación llamado **genómica**, que comprende todas las herramientas que se emplean para estudiar el contenido, la organización, la función y la evolución de la información contenida en un genoma completo.

Los conocimientos desarrollados a partir de estas investigaciones pueden ser aplicados en diferentes áreas. Una aplicación es la terapia génica, ya tratada en este capítulo. También, se aplican

al estudio comparativo de diferentes especies y entre individuos de una misma especie. En la especie humana, la comparación entre individuos se utiliza para la búsqueda de evidencia forense y para la identificación de personas.

## Genómica e identificación de personas

El análisis comparativo de los genomas de diferentes personas permite identificar similitudes y variaciones genéticas entre unas y otras.

Esta técnica tiene aplicación en investigación forense en general; en particular, para identificar relaciones de parentesco con personas desaparecidas y para realizar pruebas de paternidad.

## EQUIPO ARGENTINO DE ANTROPOLOGÍA FORENSE

El Equipo Argentino de Antropología Forense (EAAF) es una organización científica, no gubernamental y sin fines de lucro. Se formó en 1984 con el fin de investigar los casos de personas desaparecidas en la Argentina durante la última dictadura militar (1976-1983). En sus inicios, el equipo estaba formado por cinco estudiantes universitarios dirigidos por el antropólogo forense norteamericano Clyde Snow. Actualmente, es un equipo de 70 profesionales que trabaja en distintos países de Latinoamérica, en África, en Asia y en Europa. El EAAF aplica técnicas de la antropología y arqueología forenses a la investigación de violaciones a los derechos humanos en el mundo. Comenzó a aplicar el análisis genético en 1991 con el apoyo de laboratorios extranjeros. En 1998, empezó a recopilar muestras de sangre de familiares de personas desaparecidas.

Desde 2003, utiliza de forma habitual el análisis genético como parte del proceso de identificación de las víctimas de desaparición forzada en el período 1974 a 1983. Esta práctica incrementó el número de personas identificadas.

Hasta el momento, solo se emplea en casos donde se cuenta con una hipótesis de identidad previa obtenida mediante una investigación preliminar.

Para identificar los restos de un ser humano, se extrae un segmento del ADN de una muestra biológica (puede ser un fragmento de hueso en el caso de personas fallecidas hace años) y se lo compara con el ADN aislado de una muestra que puede ser de sangre, cabello, saliva, entre otras, de sus familiares. Ambos segmentos de ADN se analizan y se obtienen los perfiles genéticos de cada persona. Luego, se los compara para comprobar si existe parentesco.

## Propuesta de actividades

- Da tres ejemplos de productos o procesos que se obtengan por biotecnología tradicional y tres por biotecnología moderna. ¿En qué se diferencian una de otra?
- Reúnanse en grupos para responder las siguientes preguntas.
  - ¿En qué consiste la biocatálisis?
  - ¿De dónde proviene el alcohol que contiene la cerveza? Relacionen lo aprendido acerca del metabolismo celular para explicar el proceso completo.
  - ¿Qué es un plásmido? ¿en qué organismos es posible encontrar plásmidos?
  - ¿Qué área de aplicación tiene la biotecnología que se identifica con el color marrón, ¿y la azul? Busquen ejemplos de productos o procesos que se desarrollan en cada una de esas áreas.
  - ¿Qué es una enzima de restricción y para qué se utiliza?
  - ¿Cuáles son las técnicas de ingeniería genética que permiten obtener muchas copias de un gen? ¿En qué se diferencian unas de otras?
  - ¿Qué tipo de biomolécula es la insulina? ¿Cómo se obtiene la insulina recombinante? ¿Cuál es la ventaja de esta insulina respecto de la que se obtenía anteriormente?
  - ¿En qué se basa la acción de un bioinsecticida? ¿Cuál es la ventaja de usarlos respecto de los insecticidas químicos?
  - ¿En qué consiste la biorremediación? ¿Qué organismos se pueden utilizar en los procesos de biorremediación?
  - ¿Qué es la genómica?
- Los avances tecnológicos que permiten analizar grandes cantidades de información compleja dieron lugar al surgimiento de las ciencias que se conocen como "ómicas". Además de la genómica, entre esas ciencias, se encuentran la transcriptómica, la proteómica, la farmacogenómica, la metabolómica. Busquen información acerca de cuál es el objeto de estudio de cada una de ellas.
- ¿En qué consiste el mecanismo de acción de una vacuna? ¿Cómo se obtienen las vacunas tradicionales?
- La vacuna contra la hepatitis B se elabora mediante la técnica del ADN recombinante. El esquema representa los pasos de esa técnica. Elaboren un texto que describa el proceso completo.



## Propuesta de actividades

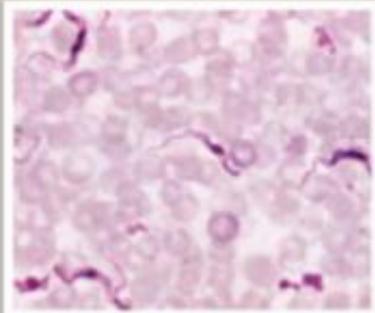
7. Se denomina agua regenerada al agua residual que fue depurada hasta un nivel de tratamiento secundario. Este consiste en la degradación de la materia orgánica mediante la actividad del metabolismo de bacterias aeróbicas y en un tratamiento posterior adicional con el fin de poder hacerla apta para numerosas actividades humanas.
  - a. ¿Qué tipo de biotecnología se aplica en este caso?
  - b. ¿Los procesos metabólicos que utilizan estas son catabólicos o anabólicos?
  - c. ¿Cuáles podrían ser algunos de los productos finales de esos procesos metabólicos?
8. Lean el texto y respondan las preguntas.



► Planta depuradora para obtener agua regenerada.

## PCR para diagnosticar la enfermedad de Chagas-Maza

En 2017, un equipo de investigadores de las ciudades de Rosario y Buenos Aires desarrolló una técnica basada en la reacción en cadena de la polimerasa para obtener el diagnóstico temprano de la enfermedad de Chagas-Maza. Esta técnica está destinada a la detección del agente infeccioso en bebés que pudieron haber adquirido la enfermedad por infección congénita, es decir, trasmitida desde la madre al feto durante la gestación. Una de las ventajas de esta técnica por sobre las ya existentes es que puede ser utilizada desde el momento del nacimiento.



► Microfotografía del protozoo *Trypanosoma cruzi* en una muestra de sangre.



© Misiones Rosadas S.A. - Producción de Documentos. Ley 11.120

La técnica de PCR permite amplificar genes específicos del parásito causante de la enfermedad, un protozoo de la especie *Trypanosoma cruzi*.

Desde hace unos 5 años, ya se utilizaba la reacción en cadena de la polimerasa para diagnosticar esta enfermedad en muestras de sangre de personas con sospecha de infección chagásica.

- a. Expliquen por qué se dice que la técnica no permite "amplificar genes específicos".
- b. ¿Qué otra técnica de ingeniería genética puede ser llamada del mismo modo?
- c. ¿Cuál permite también amplificar la proteína que codifica el gen?

## Propuesta de actividades

### Elaboración de detergente enzimático biodegradable

Existen numerosos productos detergentes que actúan gracias a enzimas. Para su fabricación, se puede utilizar levaduras. Estos hongos unicelulares vierten enzimas al medio en el que crecen, de modo que la degradación de las proteínas, los lípidos y los polisacáridos ocurren fuera de las células. Los monómeros que se obtienen en estos procesos ingresan a las células.

#### Propósito de la actividad

Poner en práctica una técnica biotecnológica sencilla, observar los cambios que se producen durante el proceso, obtener el producto y poner a prueba su efectividad.

#### Materiales necesarios para la parte 1

Una botella de 2 litros limpia con tapa a rosca • 5 cucharadas de azúcar • 1 cucharadita (3 g) de levadura seca • cáscaras de 3 limones o 3 naranjas (deben estar frescas porque si se secan o se pudren, pierden la mayoría de los aceites que contienen, y que son necesarios para el proceso) • 1 litro de agua tibia.

#### Materiales necesarios para la parte 2

3 platos de loza o material similar • unas gotas de aceite de cocina, o cantidad equivalente de cualquier material graso (para manchar los platos) • detergente elaborado • detergente líquido no enzimático • termo con agua caliente • esponja para vajilla.

#### Procedimiento Parte 1:

1. Coloquen en la botella las pedacitos de cáscaras de limón o naranja que puedan pasar por la boca angosta.
2. Agreguen el azúcar, la levadura y el agua tibia. Debe quedar aproximadamente la mitad de la botella con aire.
3. Cierren la botella y agiten muy fuerte durante uno a dos minutos. El azúcar tiene que quedar completamente disuelta.
4. Registren la fecha de inicio de la experiencia.

5. Al cabo de un rato, desenrosquen lentamente la tapa y vuelvan a cerrarla. Este procedimiento se debe repetir una vez por día o cuando vean que las paredes de la botella están muy tensas (principalmente, durante las primeras dos semanas).

6. La mezcla deberá mantenerse guardada en un lugar templado, donde no reciba luz directa del Sol. Esperen un mes, como mínimo.

7. Filten la mezcla para eliminar los sólidos (habrá adquirido un color opaco) y coloquen el detergente en un recipiente hermético.



#### • Preguntas para la discusión:

1. ¿Por qué se considera que esta fabricación será utilizada una técnica biotecnológica?
2. ¿Para qué se agrega azúcar?
3. ¿A qué se debe que sea necesario destapar la botella? ¿Con qué procesos metabólicos puede estar relacionado este procedimiento? Escriban las ecuaciones que representan esos procesos e indiquen en cada una el producto que hace necesario destapar la botella.

#### Procedimiento Parte 2:

Teniendo en cuenta los materiales necesarios para esta parte de la actividad, elaboren las instrucciones para poner a prueba el detergente y comparar su efectividad con la del agua caliente sola y con la de un detergente no enzimático.

#### • Preguntas para la discusión:

1. ¿Qué tipo de enzima del detergente casero habrá actuado en este caso?
2. ¿Cuáles son las ventajas y cuáles las desventajas de usar cada uno de estos detergentes? Consideren eficacia, costos, efectos en el ambiente, practicidad.



## Biotecnología y bioética

La actividad científica y tecnológica, así como sus producciones tienen una importante presencia y relevancia social, por ello, deben estar sometidas a consideraciones éticas. La idea de que la ciencia es garantía de progreso y de bienestar creciente quedó desterrada hace ya tiempo, especialmente, después de la Segunda Guerra Mundial. La ciencia no es neutral, y este carácter "no neutral" no solo se expresa en el uso que se haga de ella, sino también, en los propios actos de quienes producen el conocimiento.

La biotecnología puede parecer, si se la contempla con cierta ingenuidad, una combinación de conocimiento científico y aplicación tecnológica destinada a crear un mundo mejor. Sin embargo, cuando se tiene en cuenta que esta compleja disciplina se basa en modificar y manipular seres vivos, las implicancias éticas cobran una dimensión especial. Más aún cuando está excesivamente sujeta a intereses y manejos comerciales.

El uso de técnicas de *oñ* recombinante en la agricultura genera intensos debates en la sociedad. No solo las organizaciones ambientalistas se oponen al cultivo de *oñ* y el uso de agroquímicos que conlleva, también lo hacen algunas organizaciones sociales, trabajadores de zonas rurales, profesionales del área de la salud, científicos, etcétera. Por su parte, las empresas que desarrollan y comercializan esta tecnología, así como un sector importante de los productores agrícolas, de laboratorios y equipos científicos, de organismos y funcionarios de gobierno, defienden estas prácticas. Desde ambas posturas, aportan argumentos y buscan sustento en estadísticas y en trabajos de investigación científica.



► Personas manifestándose en contra de los *oñ*.

### La bioética

El origen del término bioética (del griego *bios-ethos*: "ética de la vida") se adjudica a un teólogo, filósofo y educador alemán llamado Fritz Jahn, quien lo usó en 1927 en

un artículo sobre la relación ética del ser humano con las plantas y los animales. Posteriormente, en 1971, el bioquímico y oncólogo norteamericano Van Rensselaer Potter utilizó el término con un significado más global en su monografía *Bioética: un puente hacia el futuro*. Potter entendía la bioética en sentido amplio, es decir, que debía abordar los actos de los humanos sobre su propia vida, la de todos los seres vivos y también sobre el ambiente. En el prefacio, afirmó: "Hay dos culturas (ciencias y humanidades) que parecen incapaces de hablarse una a la otra, y si esta es parte de la razón de que el futuro de la humanidad sea incierto, entonces, posiblemente podríamos construir un puente hacia el futuro construyendo la disciplina de la Bioética como un puente entre las dos culturas. [...] Los valores éticos no pueden ser separados de los hechos biológicos".

No existe una única definición de bioética. La Unidad Regional de Bioética de la Organización Panamericana de la Salud (oas) la define como: "El uso creativo del diálogo inter y transdisciplinario entre ciencias de la vida y valores humanos para formulaç, articular y, en la medida de lo posible, resolver algunos de los problemas planteados por la investigación y la intervención sobre la vida, el medio ambiente y el planeta Tierra".

Actualmente, la bioética se concibe como un área de conocimiento, un campo de estudio interdisciplinario y, al mismo tiempo, un movimiento social y cultural de los ciudadanos.

### Implicancias bioéticas de la biotecnología

La biotecnología resulta de la interacción entre el conocimiento científico, la técnica y su aplicación. En ella, convergen problemas éticos que se suscitan en cada una de estas áreas y, del mismo modo, los que resultan de su interacción. Algunos se vinculan con las necesidades de la población, con la ciencia y los límites éticos de su producción, con la regulación por parte de los Estados, con la comercialización de los productos, entre otras categorías que se pueden establecer.

Un problema bioético que merece especial consideración se relaciona con los elevados costos de los productos biotecnológicos y, debido a ello, de la dependencia de la iniciativa privada. La consecuencia directa es la desigualdad social que genera: los sectores de mayores ingresos pueden acceder a productos y servicios provenientes de la biotecnología, pero una enorme proporción de la población mundial queda excluida. Y el problema se agrava más si se considera que, mientras los beneficios se distribuyen entre pocos, el deterioro ambiental y los riesgos que conllevan ciertas prácticas biotecnológicas afectan a la ciudadanía en su conjunto.

© Editorial Encuentro S.A. - Prohibida su fotocopia. Ley 11.723

© Editorial Encuentro S.A. - Prohibida su fotocopia. Ley 11.723

### Un ejemplo: Patentar la vida

Las grandes empresas biotecnológicas consiguieron patentar genes, seres vivos y su descendencia, y así, hacerse dueños de recursos naturales, de animales, de plantas.

Para justificar el patentamiento de genes, estas empresas recurren a los criterios aceptados para patentar nuevos compuestos químicos sintéticos. En estos casos, se considera que los compuestos sintéticos reúnen los tres requisitos que debe cumplir un producto para tener el derecho de la propiedad intelectual: la novedad, el mérito inventivo y la utilidad o aplicación industrial.

Estos criterios se aplican, por ejemplo, en el desarrollo de medicamentos para el tratamiento de determinada enfermedad.

La estrategia de las empresas para patentar genes se basa en considerar el *oñ* de un organismo como compuesto químico y que, una vez aislado y modificado, puede considerarse una estructura molecular nueva.

Quienes se oponen a estos argumentos sostienen que los genes son el resultado del proceso de la evolución biológica y que toda modificación que se haga sobre ellos será siempre sobre la estructura natural original.

Además de los argumentos de carácter biológico, el patentamiento de genes y *oñ* tiene consecuencias bioéticas importantes. La más directa es la privatización del patrimonio genético.

### PATENTAR GENES HUMANOS

¿Cuál es el interés por patentar secuencias del genoma humano? Las empresas, instituciones o personas que patentan la secuencia de un determinado gen de la especie humana se vuelven los únicos acreedores de los derechos sobre ese conocimiento. Esto significa, por ejemplo, que, si alguna institución, laboratorio o equipo de investigación tuviera que recurrir a esa secuencia para producir fármacos, les debería pagar un canon a los dueños de la patente.

### El principio precautorio

El principio precautorio fue acordado y firmado en la Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, que tuvo lugar en junio de 1992 en la ciudad de Río de Janeiro, Brasil. De acuerdo con este principio: "[...] los Estados deberán aplicar ampliamente el criterio de precaución conforme a sus capacidades. Cuando haya peligro de daño grave o irreversible, la falta de certeza científica absoluta no deberá utilizarse como razón para postergar la adopción de medidas eficaces en función de los costos para impedir la degradación del medio ambiente".

Este principio se amplió tiempo después a otros temas, como el efecto del uso de productos químicos, la descarga de materiales contaminantes, el manejo de los recursos naturales y la aplicación de biotecnología.

El principio precautorio es objeto de intensos debates. Quienes se oponen a aplicarlo, en su mayoría empresas que obtienen rédito económico del uso de estos productos, sostienen que tomar precaución sin requerir evidencia científica suficiente puede sustentar falsas creencias y bloquear avances tecnocientíficos valiosos. Quienes adhieren a la aplicación de este principio se basan en comparar costos y beneficios entre la acción y la falta de acción. Esta comparación incluye también las múltiples implicancias que esa acción podría tener para la comunidad en el corto y el largo plazo. Consideran que el Estado debe controlar la distribución justa del patrimonio natural.

Aplicar el principio precautorio puede ayudar a contrarrestar el ritmo acelerado de la producción biotecnológica, así como a abrir espacios de debate para anticiparse a posibles daños y prever consecuencias a largo plazo.

Una única empresa posee el 47% de las patentes internacionales de especies marinas. Y solo 3 países son dueños del 74% de las secuencias genéticas conocidas de especies marinas.

El 73% de las patentes corresponde a microorganismos. A pesar de las numerosas aplicaciones biotecnológicas de las bacterias y otros organismos unicelulares, estos están fuera de la normativa que impide patentar seres vivos.

En cuanto a la distribución de las patentes según el tipo de propietario: un 84% pertenece a corporaciones privadas, un 12% a universidades y el resto a organismos públicos.

### ACTIVIDADES

1. Lean estas notas publicadas en la web:

• "Para los líderes de Greenpeace, las Naciones Unidas y los gobiernos de todo el mundo", <https://rebrand.ly/uzjyjlia>

• "Respuesta de Greenpeace ante la carta de los premios Nobel sobre los transgénicos", <https://rebrand.ly/lzyzyvuc>

• 4 aspectos de los transgénicos que la bioética debe mirar de cerca", <https://rebrand.ly/lid8t09>

• "Cada vez más voces a favor de la biotecnología pidiendo que la ciencia sea escuchada", <https://rebrand.ly/mn0cn8>

a. Elaboren un texto para cada nota en el que:

- citen al organismo, la empresa o las personas firmantes o responsables de la opinión emitida y la fecha de la publicación. ¿Cuál es el campo de acción de cada uno? Pueden explorar el sitio para conocerlos mejor.
- sincreticen la postura asumida y los argumentos que esgrimen para sostenerla.

b. Encuentren alguna relación entre la postura que se desprendió de las notas y el campo de acción de cada firmante? ¿Cuál?



Las células pueden ser estudiadas como sistemas que intercambian materia y energía con el ambiente, es decir, como sistemas abiertos. Existe una estrecha relación entre la estructura de las células y los procesos que se llevan a cabo en ellas. Las estructuras comunes a todos los tipos celulares son la membrana plasmática y el citoplasma. La membrana define los límites de la célula y regula el intercambio de materiales entre el exterior y el citoplasma. Existen dos grandes tipos de células, las eucariotas y las procariotas. Las células eucariotas se diferencian de las procariotas por tener núcleo y organelas rodeadas por membranas. Las células de las bacterias son procariotas; las células animales y vegetales y las de los hongos, algas y protozoos son eucariotas. Todas poseen mitocondrias, ribosomas, sistemas de membranas y citoesqueleto. Las células vegetales poseen además cloroplastos y una pared celular que rodea la membrana.

Las biomoléculas que componen las estructuras celulares y que intervienen en los procesos metabólicos son las proteínas, los carbohidratos, los lípidos y los ácidos nucleicos. Otros componentes celulares son las vitaminas, el agua y ciertas sales minerales.

El conocimiento de la composición química de las células y de las propiedades de las biomoléculas y compuestos inorgánicos que integran las estructuras celulares permite comprender en profundidad los procesos metabólicos.

El pasaje de sustancias a través de la membrana plasmática semipermeable ocurre por medio de diversos mecanismos: algunas entran y salen de la célula sin gasto de energía. Este mecanismo de pasaje se denomina transporte pasivo (por ejemplo, difusión simple). Otras sustancias entran y salen mediante procesos complejos con gasto de energía. Este mecanismo se llama transporte activo (por ejemplo, bombas de sodio-potasio).

Los nutrientes que ingresan a la célula son transformados en el citoplasma o en distintas organelas. Estas transformaciones, que constituyen en conjunto el metabolismo celular, comprenden tanto reacciones degradativas (catabólicas) como constructivas o de síntesis (anabólicas).

El catabolismo comprende todas las reacciones

químicas en las que se degradan moléculas de estructura molecular compleja en otras de composición más sencilla. En estas reacciones, se libera la energía contenida en los enlaces químicos, por lo que reciben el nombre de reacciones exergónicas. Ejemplos de este tipo de reacciones son la degradación aeróbica de la glucosa y los procesos de fermentación anaeróbica.

El anabolismo es el conjunto de reacciones químicas en las que se sintetizan sustancias a partir de otras relativamente más sencillas con aporte de energía. En estas reacciones, la energía queda almacenada en los enlaces de los átomos que constituyen las moléculas, por lo que se denominan reacciones endergónicas. Ejemplo de estas reacciones es la síntesis de proteínas a partir de aminoácidos. La fotosíntesis, proceso que se lleva a cabo en las células vegetales, es otro ejemplo de proceso anabólico, que solo tiene lugar en la mayoría de los organismos autótrofos.

La energía que se libera en las reacciones de degradación no queda "suelta" en el interior de la célula, pues existe una sustancia, el ATP, que actúa como un mediador: almacena y entrega energía según sea el requerimiento.

Todas estas reacciones son catalizadas por enzimas, las que permiten que las reacciones químicas ocurran a gran velocidad y a temperaturas dentro de un rango compatible con la vida.

El conocimiento de las vías metabólicas ha permitido el desarrollo de la biotecnología actual. Entre los productos obtenidos mediante técnicas biotecnológicas tradicionales y modernas, se encuentran algunos alimentos, fármacos, enzimas, vacunas, plantas resistentes a enfermedades, biocombustibles, etcétera.

La biotecnología moderna consiste en la utilización de técnicas de ADN recombinante para la modificación genética de organismos. Estos organismos modificados se usan para obtener productos de interés o mejoras en la producción de conocimiento, bienes y servicios.

La implementación de este tipo de técnicas que se basan en la modificación y la manipulación de seres vivos, tiene implicancias bioéticas que no pueden soslayarse.

En estas actividades, podrán relacionar e integrar los contenidos abordados en el bloque. Se propone interpretar y analizar textos, esquemas y gráficos, así como también, elaborar los propios para responder preguntas y resolver consignas.

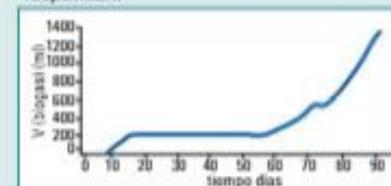


- El esquema representa una célula ¿vegetal o animal? Complétenlo.
  - Las flechas 2, 3 y 4 indican distintos tipos de transporte. ¿Cuáles son? Den un ejemplo de cada uno.
  - ¿Cómo se denomina el conjunto de reacciones metabólicas por el cual la célula obtiene energía? Coloquen el nombre en el lugar correspondiente del esquema.
  - Representen en el esquema el o los procesos relacionados con el recorrido que siguen el agua y el dióxido de carbono que se obtienen.
  - ¿En qué se basaron para responder si se trata de una célula animal o vegetal?
  - ¿Podría tratarse de una célula procariota? Fundamentalmente la respuesta.
  - Elaboren un texto en el cual expliquen cuáles son las organelas que conforman el sistema de membranas de una célula eucariota y en qué procesos intervienen.
  - Realicen un esquema que represente el recorrido que seguirá una proteína desde antes de ingresar a la célula hasta que uno de los aminoácidos que la componen forme parte de una proteína de la membrana de una mitocondria. En cada caso, indiquen en qué proceso participa y en qué estructura celular se lleva a cabo.
  - ¿Cuál es la composición y la estructura de una molécula de ADP? ¿Qué característica de esta molécula se relaciona con la función energética que cumple en el metabolismo celular?
  - Lean e interpreten el siguiente gráfico, luego respondan.

tiempo días	volumen litros
0	0
10	~100
20	~200
30	~300
40	~400
50	~500
60	~600
70	~700
80	~1000
90	~1400

► Progreso del volumen de biogás obtenido en un digestor. El sustrato es excremento de cerdo. La temperatura es de 22 °C.

  - ¿Cuál es la temperatura más apropiada para los microorganismos de este biodigestor? ¿Qué datos del gráfico tuvieron en cuenta para arribar a esa conclusión?
  - Teniendo en cuenta el tipo de metabolismo microbiano que se aprovecha en la producción de biogás, ¿cómo sería la curva si a los 20 días se inyectara oxígeno en el biodigestor?



- ▶ Progreso del volumen de biogás obtenido en un digestor. El sustrato es incremento de cerdo. La temperatura es de 22 °C.

- ¿Cuál es la temperatura más apropiada para los microorganismos de este biodigestor? ¿Qué datos del gráfico tuvieron en cuenta para arribar a esa conclusión?
  - Teniendo en cuenta el tipo de metabolismo microbiano que se aprovecha en la producción de biogás, ¿cómo sería la curva si a los 20 días se inyectara oxígeno en el biodigestor?

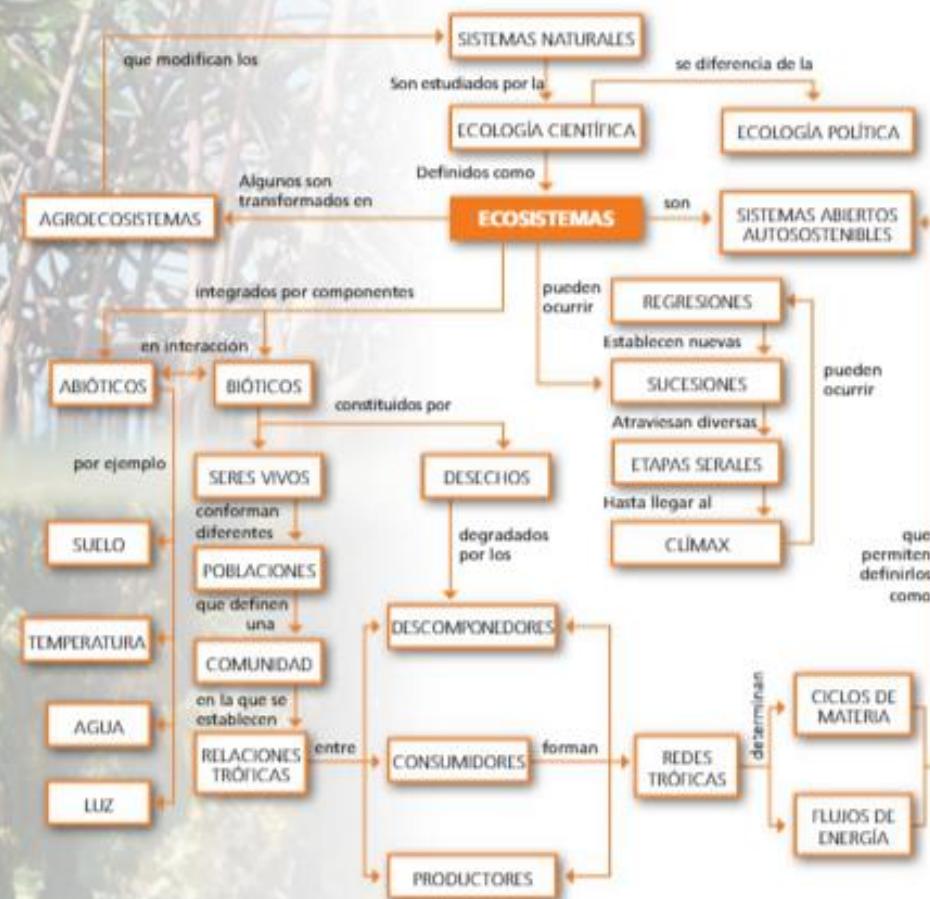


## Los ecosistemas, estructura y dinámica

9. Un enfoque ecológico de los sistemas naturales	194
10. Componentes estructurales de los ecosistemas	202
11. Los ecosistemas como sistemas abiertos	222
12. Cambios en los ecosistemas	242
13. Ecosistemas humanos. La producción agrícola	254



Los seres vivos están insertos en un ambiente con el cual establecen relaciones reciprocas que forman parte de sus posibilidades de subsistencia. Estas relaciones son estudiadas por la ecología, una rama de la biología relativamente nueva y en pleno desarrollo. El objeto de estudio de la ecología son los ecosistemas; en ellos, es posible identificar una estructura y diversas funciones que los caracterizan. Se han construido modelos que los describen a partir de diferentes perspectivas. En este bloque, se abordarán los principales conceptos empleados en el estudio de los ecosistemas naturales desde tres perspectivas: energética, estructural y funcional, y dinámica. Finalmente, se estudiarán aspectos particulares de los ecosistemas creados por el ser humano.



# Un enfoque ecológico de los sistemas naturales



Los sistemas naturales son sistemas abiertos en los que se establece una compleja red de interacciones de los organismos entre sí y con el medio físico donde están establecidos. El estudio de dicha red de interacciones se lleva a cabo a partir de modelos aportados por una rama de la biología denominada ecología científica.

## La ecología científica y su objeto de estudio

En la actualidad, el término ecología se ha difundido en diversos ámbitos: noticias, carteles de empresas, ONG y organismos gubernamentales.

Los términos ecología política, ecología humana, ecologismo o ambientalismo se usan para referirse a diversas expresiones que buscan lograr un ambiente natural y social saludables a través de limitar los efectos adversos o potencialmente adversos de ciertas actividades humanas. Sin embargo, el término "ecología" fue definido como una rama dentro de las ciencias biológicas, cuyo objetivo es el estudio de las relaciones de los organismos entre sí y con el ambiente en el que viven. En sus inicios, la ecología analizaba ambientes naturales. El biólogo alemán Ernst Haeckel (1834-1919) fue quien definió por primera vez el término en 1866, por lo que, comparada con otras, es una disciplina relativamente joven de la biología.

Las primeras contribuciones al campo de la ecología se centraron en el estudio de las comunidades vegetales y sus aportes al paisaje. En 1904, el ecólogo inglés Arthur Tansley (1871-1955) fundó en su país el Comité Británico de Vegetación. Hacia 1913, este comité comenzó a llamarse Sociedad Británica Ecológica y se convirtió en la primera sociedad científica dedicada a la ecología.

La inclusión de estos estudios en el campo de la biología fue gradual en sus inicios y bastante

polémica, dado que todavía no quedaban definidos con claridad el objeto y los métodos de estudio.



La ecología política refleja la preocupación de diferentes sectores de la sociedad relacionados con las acciones humanas que pueden perjudicar el ambiente. Greta Thunberg, una adolescente sueca, lidera el movimiento escolar por el clima.

## LOS ANTECEDENTES: ECONOMÍA DE LA NATURALEZA Y BIOGEOGRAFÍA

En el siglo xii, Linneo, ferviente creyente en la existencia de un Creador al que denomina el Gran Artesano, expresó la idea de que el mundo natural estaba regido por una "economía de la naturaleza": así como en la economía humana las personas planifican un equilibrio entre lo que gastan y lo que ganan, según Linneo, en la naturaleza, se advierte un equilibrio natural dispuesto por Dios. Años después, el naturalista y explorador alemán Alexander von Humboldt (1769-1859) elaboró el concepto de "biogeografía", también, orientado a describir los organismos, su entorno inmediato y sus interacciones. Por ello, Linneo y Humboldt son considerados los precursores de la ecología.



## El concepto de ecosistema

En 1935, en un artículo de la revista *Ecology*, Arthur Tansley propuso el término "ecosistema" como objeto de estudio de la ecología. Y lo definió como el "complejo de organismos junto con los factores físicos de su medio ambiente".

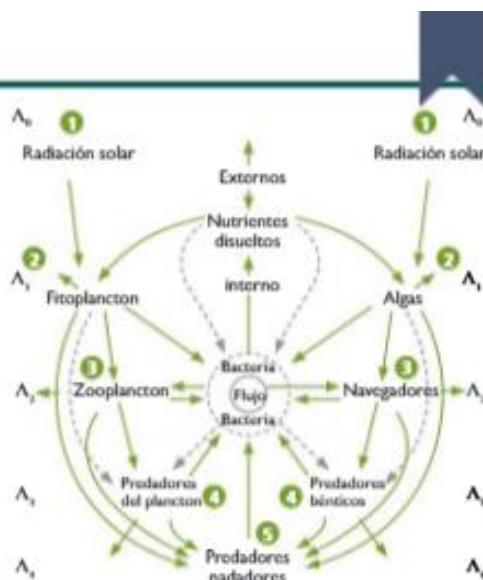
Para Tansley, el ecosistema es un concepto ecológico que debe ser analizado en forma integral como una unidad de estudio. Sin embargo, no avanzó respecto al modo en el que los diferentes componentes del sistema se articulan entre sí, análisis que, actualmente, se considera central e indispensable. Desde ese primer enunciado hasta su aceptación por parte de los ecólogos, el concepto de ecosistema fue redefinido varias veces a lo largo de la historia de la ecología y aún hoy es objeto de debate.

## Un lago y el primer modelo de ecosistema

El primer estudio de campo donde se retomó y se aplicó el concepto de ecosistema lo realizaron los estadounidenses Raymond Lindeman y su esposa Eleanor Hall en un pequeño lago cercano a la Universidad de Minnesota, donde trabajaban. Durante cinco años, recolectaron muestras de los seres vivos y del agua y los sedimentos en diferentes épocas del año. En su esfuerzo por organizar la enorme cantidad de datos físicos, químicos y biológicos, desarrollaron un esquema de la trama alimentaria del lago. En él se analizaba los vínculos entre las partes vivas y no vivas y se organizaba las especies en grupos de acuerdo con sus hábitos alimenticios. Este primer esquema resultó en un modelo que se utiliza hasta la actualidad en los estudios ecológicos.

En años posteriores, algunos ecólogos comenzaron a centrar su atención en los intercambios de materia y energía que ocurren entre los organismos y entre estos y el medio físico en el que habitan. Los trabajos pioneros fueron, además del de Lindeman y Hall, en 1942, los de Eugene Odum (1913-2002), de 1953.

A partir de ese momento en el cual se formalizaron los modelos teóricos para investigar la naturaleza desde un enfoque ecológico, el concepto de ecosistema se transformó en el objeto de estudio privilegiado de la ecología científica.



► Esquema similar al modelo que publicaron en 1942 Lindeman y Hall.

## ECOLOGÍA Y POSGUERRA

Hasta la década de 1950, la ecología como práctica científica estaba restringida a un pequeño grupo de especialistas. Pero en 1942, durante la Segunda Guerra Mundial, un grupo de científicos convocados por los países aliados contra el régimen nazi iniciaron una investigación secreta bajo el nombre clave Proyecto Manhattan. El objetivo: producir un arma cuyo poder forzara la rendición del enemigo; el resultado: la bomba atómica. El 6 de agosto de 1945, la Fuerza Aérea de los Estados Unidos arrojó por primera vez una bomba atómica, lo hizo sobre la ciudad japonesa de Hiroshima, la ciudad fue destruida y miles de personas murieron.

Luego de la Segunda Guerra y durante la Guerra Fría, Estados Unidos y Rusia (en ese entonces, integrante de la Unión Soviética) realizaron pruebas atómicas como preventión ante la posibilidad de un enfrentamiento armado entre ambos países. El peligro real de la extinción humana en caso de que se desatara una nueva guerra mundial inspiró muchos estudios que utilizaron herramientas teóricas y prácticas aportadas por la ecología y sus resultados suscitaron el interés de la sociedad. Así, los estudios ecológicos pusieron los límites de las academias para convertirse en una preocupación de la humanidad.



► Cráter producto de una prueba atómica en 1962 en el desierto de Yucca Flat, Nevada, Estados Unidos.

## Los ecosistemas como modelos teóricos

Para los ecólogos, la definición de ecosistema es de gran importancia, ya que permite estudiar una unidad de la naturaleza basándose en ciertas características que permiten fijar sus límites y componentes.

Esos límites o "fronteras" del ecosistema no hacen referencia al tamaño de la unidad en estudio, sino precisamente, a su comportamiento como sistema. Por eso, para su análisis, los conceptos centrales de una visión sistemática de la naturaleza se aplican a los estudios ecológicos.

Un ecosistema no es una unidad física real, sino un modelo teórico para analizar el funcionamiento de un recorte parcial de ambientes naturales o artificiales. Dicho análisis se hace con las herramientas que provee la teoría de sistemas. Así, se puede considerar ecosistema una laguna, un bosque o un tronco caído en el bosque, habitado por una variedad de organismos: líquenes, hongos, bacterias, insectos y sus larvas, etcétera. Este modelo, también, se aplica para el análisis de ecosistemas humanos como, por ejemplo, los cultivos o la piscicultura.

Que un ecosistema sea un modelo significa que el concepto no describe la realidad tal cual es. Un modelo es una descripción simplificada de una parte de la naturaleza en la que se priorizan los componentes clave y se dejan otros de



► Karl Möbius (1825-1908).

lado por considerarlos secundarios o no relevantes para el estudio que se está llevando a cabo. El criterio para decidir cuáles son los componentes clave y cuáles no requiere, por parte de quien investiga, la elaboración de hipótesis en función de un marco teórico determinado.

En el modelo teórico vigente, una de las cuestiones fundamentales a considerar, para delimitar el ecosistema, son los intercambios de materia y energía que permiten mantener un orden interno relativamente estable.

El otro criterio que define el objeto de estudio son las razones teóricas o prácticas que movilizan la investigación. Por ejemplo, la búsqueda de respuestas a preguntas tales como ¿en qué medida impacta en los ecosistemas selváticos la tala de árboles? o ¿qué medidas de remediación se podrían tomar para atenuar el impacto de la tala en las selvas tropicales?

Muchos estudios ecológicos tienen objetivos económicos. De hecho, uno de los primeros que se realizaron fue la investigación del biólogo alemán Karl Möbius sobre un arrecife de ostras con el objetivo de incrementar la producción para su comercialización. En 1877, publicó una investigación en la que dio el nombre de "biocenosis" o comunidad de vida al modelo que utilizó para analizar el arrecife. Este concepto fue suplantado posteriormente por el de ecosistema.



► Banco de ostras similar al estudiado por Möbius, a partir del que acuñó el concepto de biocenosis, relacionado con el concepto actual de ecosistema.

© Editorial Gedisa S.A. - Proyecto de Bachillerato 2.º de ESO 11/12

© Editorial Gedisa S.A. - Proyecto de Bachillerato 2.º de ESO 11/12

## Propiedades de un ecosistema

Para que una porción de la naturaleza pueda ser estudiada como un ecosistema, se debe poder identificar en ella distintas propiedades o características.

- La capacidad de autorregulación: esto significa que pueda mantenerse en el tiempo por sí misma a partir de los ciclos de materia y de los flujos de energía que en ella se establecen.
- Una estructura: un medio físico donde se desarrolla la vida de los seres vivos en permanente interacción entre ellos y con el medio.
- Una función: los procesos a través de los cuales se establecen las interacciones entre los organismos y con el medio físico en el que están insertos; particularmente, el modo en que ocurren las transferencias de materia y energía que le dan sustentabilidad.

Los ecosistemas son considerados sistemas abiertos que mantienen su estructura y su función a partir de las transformaciones de materia y energía que se producen en su interior, pero cuya subsistencia depende de los intercambios permanentes con el medio exterior. El conjunto de todos los ecosistemas de la Tierra constituye la biosfera.

Un ecosistema puede analizarse desde diferentes abordajes según el propósito de la investigación a realizar. Así, los estudios pueden enfocarse en analizar:

- el modo en el que ocurren los intercambios de materia y energía que caracterizan al ecosistema analizado;
- la diversidad biológica presente y el lugar y la función de cada grupo de organismos dentro del sistema en estudio;
- el desarrollo y la evolución del ecosistema que implica estudiar los cambios que ocurren o se prevé que ocurrirán en el ecosistema a lo largo del tiempo.



► La biosfera es el conjunto de todos los ecosistemas del planeta.



► Representación esquemática de un ecosistema como sistema abierto.

## ACTIVIDADES

1. El esquema que grafica los intercambios de materia y energía en los ecosistemas es similar al utilizado en el Capítulo 1 para caracterizar a los seres vivos. Redacta un texto breve que permita comprender por qué pueden utilizarse esquemas similares para caracterizar a los seres vivos y a los ecosistemas. ¿Qué

diferencias adviertes entre uno y otro? Justifica tu respuesta.

2. Dado que la biosfera se define como el conjunto de todos los ecosistemas del planeta, ¿se podría pensar en la biosfera como un sistema cerrado? Debaten en grupo y elaboren una justificación de su respuesta.



## Ecosistemas y evolución biológica

La Tierra es el único planeta del que, por el momento, se puede afirmar que alberga vida. Esto se debe a condiciones muy particulares que no se dan en los otros planetas del Sistema Solar. Entre ellas, se destacan:

- es un planeta rocoso, es decir, que su superficie es en su mayoría sólida (a diferencia de lo que ocurre con los gigantes de gas, como Júpiter o Saturno);
- un rango de temperaturas moderadas, producto de la distancia al Sol y de una atmósfera formada por gases que aíslan la superficie terrestre del espacio exterior;
- la presencia de grandes cantidades de agua en estado líquido debido, principalmente, a un rango de temperaturas que lo permite;

Sin embargo, algunas de esas condiciones que permitieron que la vida prospere y se diversifique en la Tierra son producto de la actividad de los propios seres vivos.

La mezcla de gases de la atmósfera de la Tierra primitiva carecía de oxígeno y los seres que la habitaban obtenían la energía que necesitaban en condiciones anaeróbicas. En el curso de la evolución biológica, surgieron los primeros organismos fotosintetizadores que, como parte de su

metabolismo, liberaron oxígeno al exterior. Según la teoría más difundida fueron cambiando de esta forma las características de la atmósfera hasta llegar al 21% de oxígeno que posee ahora. Hoy en día, está en debate en qué medida el origen de este gas en la atmósfera tiene un origen estrictamente biológico o geológico. Pero ese cambio en la composición atmosférica implicó nuevas oportunidades para la expansión de los seres vivos en cantidad y diversidad, que, poco a poco, fueron colonizando todos los ambientes disponibles.

La biosfera actual es el resultado de la conformación de una diversidad de ecosistemas terrestres y acuáticos producto tanto de los cambios físicos en el planeta como de la diversidad biológica existente.



▶ Estromatolitos hallados en Australia. Tienen 3500 millones de años de antigüedad. Son considerados unos de los primeros registros de vida en la Tierra.



Los primeros estromatolitos (jardines de bacterias que se presumían eran fotosintetizadoras) datan de 3.4 mil millones de años. Pero los organismos multicelulares verdaderamente macroscópicos aparecieron hace menos de mil millones de años, cuando el oxígeno atmosférico alcanzó un porcentaje similar al actual.

## Propuesta de actividades

1. Lean el siguiente texto. En él, se establece una diferencia entre el concepto de ambiente en términos de las preocupaciones ambientales y el de la ciencia ecológica como una rama de la biología. Discutan en grupo las contribuciones que piensan que puede aportar la ecología científica a los estudios ambientales y completen con sus conclusiones donde se indica.
2. Hagan un listado de los principales problemas ambientales que ustedes juzguen que amenazan la conservación de un ambiente saludable para los seres vivos, en general, y la humanidad, en particular.
3. ¿Cuáles de estos problemas consideran que son los más importantes en la localidad donde viven? Si del debate surgen algunos que no consideraron en el apartado anterior, agréguelos.
4. Identifiquen de la lista que han elaborado el o los problemas ambientales que consideran "globales," en el sentido de que afectan al planeta en su conjunto.
5. Debatan en grupos acerca del rol que tienen los movimientos ambientalistas, comúnmente llamados ecologistas, en la sociedad actual.

### Ambiente y ecología

La palabra "ambiente" presenta a menudo confusiones terminológicas que es necesario aclarar. Una es la de equipararla con "ecología", una ciencia que, como tal, cuenta con reglas propias, contenido conceptual, objeto específico de estudio e instrumentos de trabajo, al igual que otras ciencias (física, matemática, geología, ciencias sociales, etc.). La particularidad de la ecología, y por ello sus fundamentales aportes al conocimiento ambiental, es que...

---



---



---



---

El ambiente no es una disciplina científica, sino un campo de estudio en el que han contribuido y siguen contribuyendo, en mayor o menor grado, las diferentes disciplinas del saber humano [...].

Texto adaptado de "Educación Ambiental". Ministerio de Educación de la Nación, 2011

2. En este capítulo, se mencionó que los estudios ecológicos tuvieron un gran impulso a partir del fin de la Segunda Guerra Mundial. Pronto, estos estudios aportaron conocimientos que permitieron fundamentar diversos reclamos ante distintos gobiernos y agencias sobre la necesidad de preservar el ambiente (natural, social, cultural) de ciertas actividades humanas, ya que comprometían peligrosamente su integridad. Además de los problemas derivados de la actividad nuclear, se fueron relevando nuevos problemas ambientales provocados por los modos de obtener diferentes productos de consumo. Estas preocupaciones se han ido incrementando a lo largo de los años.
3. En 1986, en Ucrania, ocurrió un accidente en la planta nuclear de Chernóbil. Investiquen acerca de este evento y respondan. (Pueden mirar el video *Chernobyl en 15 minutos* como parte de su investigación: <https://rebrand.ly/c5fcv1>
4. ¿Podría haberse evitado? Justifiquen su respuesta.
5. ¿Cuáles fueron y siguen siendo las consecuencias de este accidente para el ambiente y para la salud de las personas?



- ▶ 3. En 1986, en Ucrania, ocurrió un accidente en la planta nuclear de Chernóbil. Investiquen acerca de este evento y respondan. (Pueden mirar el video *Chernobyl en 15 minutos* como parte de su investigación: <https://rebrand.ly/c5fcv1>



- ▶ 4. ¿Podría haberse evitado? Justifiquen su respuesta.



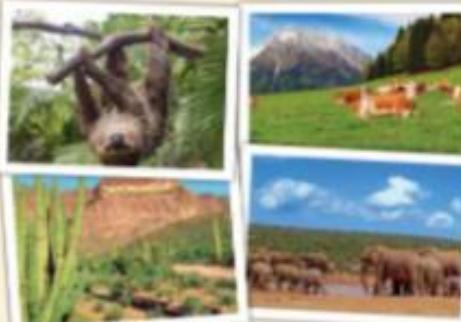
4. Distintos autores propusieron diferentes definiciones de ecosistema. Estas son tres de esas definiciones:

A. Los organismos reaccionan, no solo entre sí, sino también con las condiciones físicas del ambiente, por lo que constituyen en conjunto un sistema ecológico o ecosistema (Clarke, 1963).

B. Un sistema ecológico o ecosistema consiste en uno o más organismos, junto con los componentes del ambiente con los que están relacionados funcionalmente (Collier, 1973).

C. Los ecosistemas son sistemas formados por individuos de muchas especies en el seno de un ambiente de características definibles, implicados en un proceso dinámico e incesante de interacción, ajuste y regulación (Margaleff, 1977).

- a. ¿Cuáles son los elementos comunes en estas tres definiciones?  
 b. Identifiquen las palabras clave que indiquen que la definición de Margaleff resulta la más adecuada en función de cómo se definió el concepto de ecosistema en este capítulo.  
 5. Observen con atención estos paisajes terrestres representativos.



- a. ¿Podían ser estudiados todos desde un enfoque ecológico? Justifiquen su respuesta.  
 b. Detallen los elementos comunes a los cuatro paisajes que permitirían estudios de ese tipo.

- c. ¿Se podría estudiar los paisajes de otros planetas desde el mismo enfoque? ¿Qué condiciones tendrían que darse para poder hacerlo?

6. En el capítulo, se dijo que "La mezcla de gases de la atmósfera de la Tierra primitiva carecía de oxígeno y los seres que la habitaban obtenían la energía necesaria para la vida en condiciones anaeróbicas". Vuelvan a leer acerca de los distintos tipos de metabolismo celular que se explican en el Capítulo 7 y respondan las preguntas.

- a. ¿Qué tipo de organismos actuales cumplen con esa condición que se menciona en la cita?  
 b. ¿Cuál es el modo por el cual obtienen energía? Ejemplifiquen con dos organismos de este tipo.

7. Elaboren un texto que permita comprender cuáles son las condiciones particulares que permitieron el origen y la evolución de la vida en la Tierra.

8. Lean el texto y respondan las preguntas que están a continuación.

*La explotación maderera en vastas zonas de la selva misionera implica la pérdida de muchas especies de animales y de plantas característicos de la zona. Sin embargo, con el fin de mantener la cubierta vegetal y continuar con la extracción de madera para el comercio, se procede a la reforestación. De esta forma, se substituyen los árboles nativos por otros de rápido crecimiento, como los pinos o eucaliptos importantes, también, para la industria papelera.*



- a. ¿Cuáles son los efectos de la reforestación que permitirían sostener que el ecosistema selvático fue eliminado?  
 b. ¿Es posible estudiar la zona reforestada si se la considera como un nuevo ecosistema? Justifiquen.

### Proyecto Biosfera

- Lean el texto y contesten las preguntas que se encuentran a continuación.

En 1991, se desarrolló un ambicioso experimento, que se denominó Biosfera II, en el desierto de Arizona, Estados Unidos. El experimento consistió en ingresar durante dos años a 8 voluntarios dentro de una enorme "caja" de vidrio y metal aislada del exterior. El objetivo era comprender las interrelaciones entre diferentes ecosistemas terrestres y el modo en que se autorregulan las condiciones de la Tierra para, eventualmente, establecer poblaciones humanas en Marte o en la Luna.

Para ello, reprodujeron algunos de los ecosistemas terrestres en un área de 1.27 hectáreas: selva, desierto, un pequeño océano, arrecife de coral, tierras cultivables, etcétera, e introdujeron 3.800 especies de plantas y animales. Estas personas debían producir sus propios alimentos y reciclar los desechos que originaban.

Las aguas residuales se purificaban con bombas a través del suelo, y allí los microbios eliminaban los contaminantes. Se construyeron mecanismos para mantener constante la presión atmosférica dentro de las cúpulas, y la temperatura se regulaba con sistemas sofisticados. Había un centro de energía con generadores, gas natural y torres de enfriamiento que permitía disponer de agua caliente y fría.

Pero al poco tiempo, comenzaron las fallas: diversas plagas atacaron los cultivos, decayó el porcentaje de oxígeno atmosférico y muchos de los animales comenzaron a morir, mientras que los voluntarios se sentían cansados y bajaban de peso. También, se generaron tensiones dentro del grupo humano, lo que complicó aún más las cosas.

Biosfera II no logró la autosostenibilidad requerida y se constituyó en un costoso y enorme fracaso.

Los científicos estadounidenses Joel Cohen y David Tilman escribieron: "Nadie sabe aún cómo diseñar sistemas que les proporcionen a los seres humanos los servicios de soporte vital que los ecosistemas naturales producen en forma gratuita".

Por ahora, Biosfera II ha sido abierta al público como un parque de diversiones y, además, se utiliza como laboratorio de experimentación para fines científicos.



Este texto fue elaborado a partir de distintas notas periodísticas publicadas en 2001.

- a. ¿Por qué piensan que este experimento recibió el nombre de Biosfera II?  
 b. Biosfera II está aislada del mundo exterior. ¿En qué sentido esta situación se asemeja a la de la Tierra?  
 c. ¿Cuál es la razón por la que las cúpulas de Biosfera II son de vidrio?  
 d. Vuelvan al texto e indiquen qué artificios tecnológicos permitían regular las condiciones dentro de las cúpulas. A partir de esos elementos, ¿piensan posible que Biosfera II podría haber aportado datos sobre el desarrollo de los ecosistemas naturales? ¿y sobre el llamado "cambio climático global"?

Si les interesa conocer algo más sobre este tema, pueden recurrir a los siguientes links:

- Una entrevista a Jane Poynter, una de las voluntarias que habitaron en Biosfera II: <https://rebrand.ly/t2pgzz>
- Una descripción sobre Biosfera II en la actualidad y su historia: <https://rebrand.ly/1cak50>



## Los ecosistemas como sistemas abiertos



Los ecosistemas son modelos teóricos empleados para el estudio de los ambientes naturales y artificiales. Sus elementos, como los de otros sistemas, se relacionan entre sí y están organizados de una forma particular que permite reconocer una estructura y una función que los distinguen del entorno y que los mantienen relativamente estables en el tiempo a partir de los intercambios de materia y energía. Analizar cómo ocurren esos procesos permite caracterizar cada ecosistema estudiado y predecir cambios.

### Producción, consumo y descomposición de la materia orgánica

Aunque los ecosistemas naturales son sistemas abiertos, que intercambian materia y energía con su entorno, es posible centrar la atención en los fenómenos que ocurren dentro del sistema y que permiten considerarlo una unidad autosustentable.

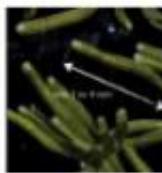
En ecología, se denominan componentes bióticos a todo lo que incluye a los seres vivos y a sus desechos y componentes abióticos al medio físico donde se desarrolla la vida de los organismos. Esos componentes interactúan entre sí y dan lugar a transferencias de materia y energía. Desde ese punto de vista, los componentes bióticos son caracterizados en distintos grupos.

- **Productores:** son los organismos autótrofos. Estos son los únicos proveedores de materia orgánica. Los principales productores son organismos fotosintetizadores, como las plantas, las algas y algunas bacterias.
- **Consumidores:** son los organismos heterótrofos cuya subsistencia depende del consumo de alimentos. Obtienen la energía alimentándose de otros seres vivos.
- **Descomponedores:** estos organismos son un caso particular de consumidores cuya acción es

degradar la materia orgánica y restituir al ambiente materia inorgánica, así cierran el ciclo que permite la autorregulación del ecosistema. Los hongos y muchas variedades de bacterias son descomponedores.

### SIMBIOSIS Y EVOLUCIÓN

La bióloga norteamericana Lynn Margulis (1938-2011) propuso una teoría llamada endosimbiosis. Esta teoría sostiene que la asociación intracelular entre organismos de diferentes especies actúa como uno de los mecanismos importantes en la evolución biológica. Según Margulis, los cloroplastos de las células vegetales son el producto de una asociación intracelular que ocurrió en el pasado remoto. Se han descubierto otras asociaciones (fotosimbióticas) en organismos del planctón marino que permiten a los heterótrofos aprovechar la capacidad fotosintética de los autótrofos que albergan. Estos descubrimientos desafían, de algún modo, la caracterización tradicional de productores y consumidores.



El gusano verde *Synechocystis* hospeda un alga autótrofa que le confiere el color y la capacidad de aprovechar la materia orgánica sintetizada por fotosíntesis.



### Los intercambios de materia y energía en los ecosistemas

En el esquema, se representan las interacciones entre productores, consumidores y descomponedores en los ecosistemas.

Las transferencias de materia llevan asociadas transferencias de energía, ya que, por respiración celular o por fermentación, los organismos obtienen la energía contenida en los enlaces químicos de la materia orgánica que les permiten desarrollar las actividades vitales.

Según se representa en el gráfico, este modelo de análisis considera que la materia permanece dentro del ecosistema a partir de un ciclo continuo de producción, consumo y descomposición.

Pero ¿qué ocurre con la energía? Inevitablemente, parte de la energía asociada a los alimentos, que se transfiere de un organismo a otro, se disipa en forma de calor, producido por sus actividades metabólicas, y "escapa" del sistema considerado.

Por esa razón, se sostiene que se produce un ciclo de materia mientras que la circulación de la

energía establece un flujo, dado que no puede ser totalmente aprovechada dentro del ecosistema.

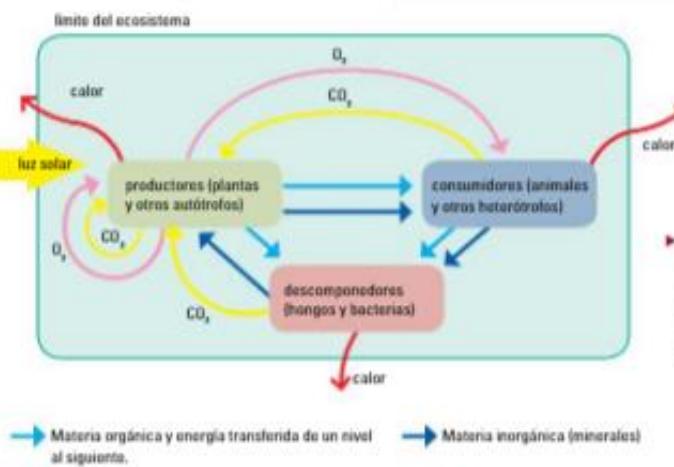
### BACTERIAS QUIMIOAUTÓTROFAS

En algunos ecosistemas, habitan bacterias que pueden producir su alimento sin necesitar de la energía lumínica. Estos organismos obtienen energía de la oxidación de compuestos que contienen azufre, nitrógeno o hierro. Luego de ese proceso de oxidación, la energía del  $\text{O}_2$  producido es invertida en la captación de dióxido de carbono en un proceso parecido al del Ciclo de Calvin de la fotosíntesis. Este mecanismo de producción recibe el nombre de quimiosíntesis.

Bacterias de este tipo se han descubierto en zonas profundas del océano donde no llega la luz solar, en ambientes termales y en el sistema digestivo de algunos herbívoros.



► Micrografía de bacterias quimioautótrofas nitrificantes del género *Nitrobacter* sp. Oxidan nitratos ( $\text{NO}_3$ ) para fabricar  $\text{NO}_2$ . El subproducto serán nitratos ( $\text{NO}_3$ ). Un importante nutriente para las plantas.



► Esquema que muestra el flujo de energía y parte del intercambio de materia que ocurre en un ecosistema.

### ACTIVIDADES

- En el gráfico, se señalan los intercambios de oxígeno y dióxido de carbono entre consumidores y productores. Y también, los egresos e ingresos de oxígeno y de dióxido de carbono dentro del nivel de productores. ¿Qué explicación podrás ofrecer sobre este último aspecto? Si lo necesitas para responder, repasá estos conceptos tratados en capítulos anteriores.

## Las cadenas alimentarias

La representación de las relaciones alimentarias que se establecen entre los organismos en un ecosistema recibe el nombre de cadena alimentaria o cadena trófica, donde cada tipo de organismo se puede representar como un eslabón.

En una cadena trófica, los consumidores están diferenciados según el lugar o nivel que ocupan en la cadena, llamado nivel trófico. Así, los organismos consumidores se clasifican en primarios (o de primer nivel trófico), si se alimentan directamente de los productores; secundarios (o de segundo nivel trófico), si se alimentan de un consumidor primario; y así sucesivamente.



► Esquema de una cadena alimentaria simple.

En el ejemplo, la cadena está muy simplificada ya que el consumidor cuaternario (el águila) podría alimentarse tanto del consumidor terciario (la serpiente) como del secundario (el ratón). Si se tomara en cuenta esta relación, el águila podría ser caracterizada como consumidor cuaternario o terciario según su preferencia o disponibilidad alimenticia.

Como se dijo, en la transferencia de materia y energía en cada nivel de la cadena alimentaria, no toda la energía disponible en un nivel se transfiere hacia el otro. Esto se debe a la disipación de energía en forma de calor. Asimismo, hay energía que

no puede ser utilizada debido a diversos factores.

- Solo la porción visible del espectro solar es útil para producir fotosíntesis.
- No todo el alimento consumido puede ser asimilado por los consumidores y parte de él es defecado.
- La respiración consume otra parte de la energía en cada nivel trófico.

## Detritívoros y descomponedores

El importante papel que cumplen los descomponedores en las cadenas alimentarias tiene a menudo un intermediario que, también, participa de la descomposición: los detritívoros. Estos son animales, como algunos artrópodos y anélidos, entre otros, que se alimentan de restos de materia orgánica. Así, contribuyen a su fraccionamiento y dispersión. El fraccionamiento facilita la exposición de los detritos a la acción de bacterias y hongos. Los detritívoros y los descomponedores se denominan saprófagos.



► La lombriz de tierra es un importante detritívoro que contribuye no solo a la descomposición de los desechos orgánicos, sino también a la aeration del suelo por excavación de galerías.

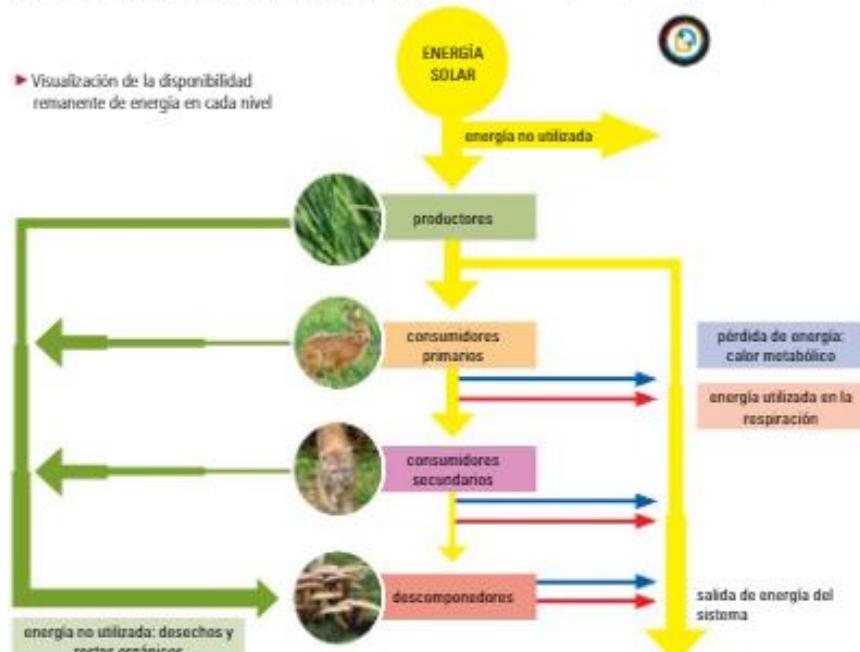


► Los hongos cumplen un rol muy importante como descomponedores en las cadenas tróficas.

## La extensión de las cadenas alimentarias

La pérdida de energía en cada nivel trófico limita la cantidad que queda disponible para el

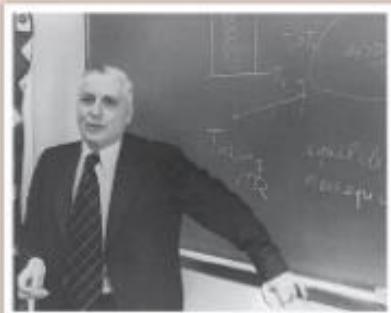
próximo nivel y, por esta razón, las cadenas alimentarias no son excesivamente largas. En general, su longitud no supera el de los consumidores cuaternarios en el máximo nivel trófico, ya que no quedaría energía disponible para un quinto nivel.



## EL ANÁLISIS TERMODINÁMICO DE LOS ECOSISTEMAS

A principios del siglo xx, se desarrolló una rama de la física llamada termodinámica. Esta estudia las diferentes manifestaciones de la energía y sus transformaciones. Estas investigaciones arribaron a dos conclusiones muy importantes. La primera es que las diferentes formas de energía pueden transformarse unas en otras. Por ejemplo, en una lámpara, la energía eléctrica se transforma en lumínica.

La segunda es que, en toda transformación de energía, una parte se disipa en forma de calor. Siguiendo con el ejemplo anterior, parte de la energía eléctrica se transforma en luz, pero otra porción se " pierde" como calor. Un siglo después, los conocimientos termodinámicos comenzaron a aplicarse al estudio de los seres vivos y de los ecosistemas y se demostró que solo una parte de la energía de un nivel trófico se transforma en energía útil para el siguiente nivel.



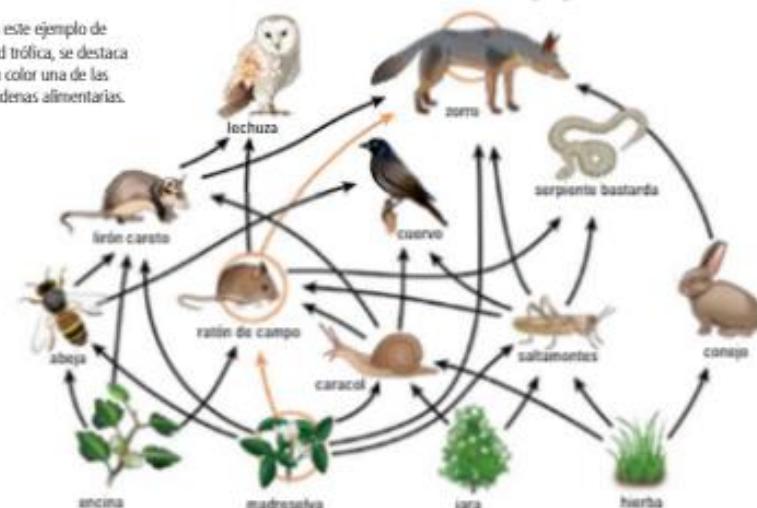
► Ilya Prigogine (1917-2003) fue un físico-químico ruso que dedicó sus investigaciones a la termodinámica de los seres vivos. Por sus trabajos, recibió el Premio Nobel de Química en 1977.



## Las redes alimentarias

Ya vimos que, en una cadena alimentaria, un mismo consumidor puede ocupar diferentes niveles tróficos según el alimento que, en cada caso, consuma. De esta forma, se podría graficar dos cadenas diferentes para los mismos componentes del ecosistema. Pero además, en la naturaleza,

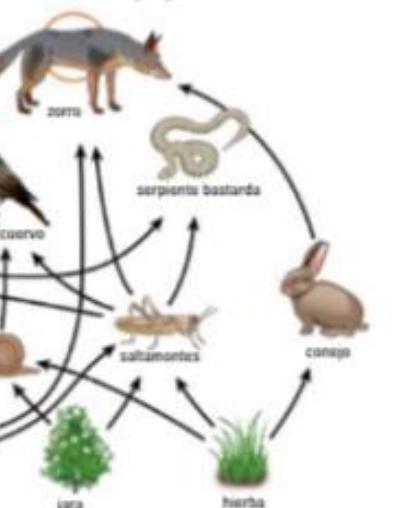
- En este ejemplo de red trófica, se destaca en color una de las cadenas alimentarias.



Los ecosistemas se caracterizan por niveles de complejidad variable en función de las relaciones alimentarias que se establecen en ellos. Dichas relaciones dependen de la biodiversidad existente dado que, cuanto mayor es la variedad de productores, consumidores y descomponedores, más compleja es la red alimentaria.

Los ecosistemas con alta biodiversidad tienden a ser más estables y productivos que los ecosistemas más simples. Esto se debe a que las redes alimentarias más complejas proveen vías alternativas que mantienen las transferencias de materia y energía frente a alteraciones en el ecosistema. Por ejemplo, una gran sequía o un incendio, generalmente, implican importantes pérdidas de especies. En ecosistemas de baja biodiversidad, esto puede resultar en la interrupción de cadenas alimentarias, mientras que, en ecosistemas más complejos, existirán vías alternativas que mantendrán la continuidad de los ciclos.

diversas especies obtienen su alimento del mismo organismo. Es decir que ocupan el mismo nivel trófico. Así, se establecen múltiples cadenas alimentarias conectadas. Para dar cuenta de esa complejidad, se recurre a una representación denominada red alimentaria o trófica, que está formada por el entramado de las diferentes cadenas alimentarias que pueden identificarse.



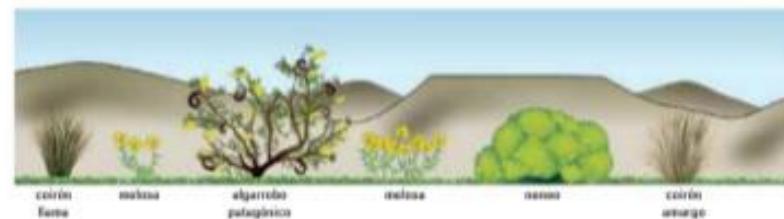
Representación simplificada de dos redes tróficas de diferente complejidad. En este espacio, la desaparición del consumidor primario 2 tendría un efecto diferente en la red A que en la B. En A, determinaría la imposibilidad de subsistencia de los consumidores secundarios 1 y 2 y reduciría la red a dos cadenas alimentarias poco conectadas entre sí. El mismo suceso, en B, permitiría mantener mejor la integridad del ecosistema.

## Biomas y biodiversidad

La biodiversidad de un ecosistema depende de las características de la región, definidas por la temperatura, el tipo de suelo, la hidrología, entre otros aspectos. El conjunto de ecosistemas con una diversidad biológica de similares características se denomina bioma. En los ambientes aeroterrestres, pueden distinguirse diversos biomas, como selvas lluviosas, bosques templados, estepas o desiertos.

Por ejemplo, los ecosistemas pertenecientes al bioma estepa poseen suelos pedregoso-arenosos, pobres en materia orgánica. El clima es templado a frío, ventoso, con nevadas y heladas en invierno y las precipitaciones son escasas. Estas características conforman un clima seco y suelos pobres que condicionan la vida de las especies.

La vegetación está conformada, principalmente, por dos tipos de plantas: los arbustos de porte bajo y hojas pequeñas y los pastizales. Se observan, a lo sumo, dos niveles de altura, denominados estratos.



Por el contrario, el bioma correspondiente a la selva se caracteriza por suelos ricos en materia orgánica, clima cálido con altas temperaturas máximas y abundantes precipitaciones.

La cubierta vegetal presenta hasta 6 estratos diferentes, desde grandes árboles en el estrato superior hasta musgos y pequeños helechos en el inferior.



Las características de los biomas están definidas especialmente por la cantidad y variedad de productores presentes. Por ello, las denominaciones selva, estepa o desierto refieren a las características de la vegetación existente.

La cubierta vegetal:

- es determinante de la cantidad de energía solar que puede ser captada. La diversidad vegetal provee la energía total disponible;
- es determinante de la variedad de consumidores que pueblan el ecosistema. Provee la energía total disponible y los diversos microambientes en los que los heterótrofos pueden refugiarse, reproducirse;
- es determinante también de la complejidad de las redes tróficas que se establecen en el ecosistema.

► Paisaje característico de la selva paranaense (como lo es la selva miónera) y esquema de los diferentes estratos vegetales de este bioma. La vegetación cubre cerca del 100% de la superficie.



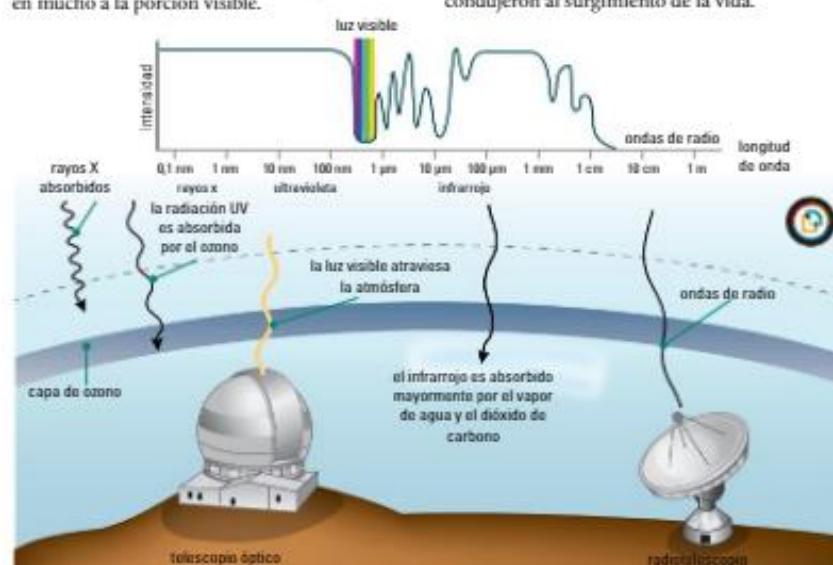
## El flujo de energía en el ecosistema

La energía disponible para el ecosistema proviene en su totalidad de la parte visible del espectro de la radiación solar (la energía que las personas pueden percibir con los ojos). Esta se fija en forma de energía química en la materia orgánica a través del proceso de fotosíntesis de los organismos fotoautótrofos.

Para los estudios de los ecosistemas, la medición de la energía fijada por los productores y las sucesivas transferencias a los otros niveles tróficos resulta fundamental. Estas mediciones se basan en el concepto de biomasa, y puede medirse a través de diversos parámetros.

## La radiación solar

La vida en la Tierra, para los productores, depende en su totalidad del aprovechamiento de la radiación solar. Sin embargo, los organismos autótrofos solo pueden aprovechar la porción visible del espectro lumínico. En el esquema, se representan las radiaciones solares que exceden en mucho a la porción visible.



► La radiación visible que proviene del Sol pasa a través de la atmósfera y entra en contacto con la Tierra. Al llegar a un objeto ubicado sobre la superficie terrestre, la radiación electromagnética proveniente del Sol se puede reflejar, absorber o transmitir.

Una parte de la energía que llega a la Tierra, como la radiación infrarroja, genera calor. Este calor es retenido por algunos gases de la atmósfera y genera el "efecto invernadero". Pero el Sol, además, emite radiación ultravioleta (ruv) de alta energía y nociva para la vida. Algunos gases de la atmósfera, principalmente, el ozono (compuesto por moléculas formadas por tres átomos de oxígeno) de las zonas altas de la atmósfera, la absorben e impiden que lleguen a la superficie altos niveles de ruv.

Sin embargo, la mayoría de los investigadores considera que la vida en la Tierra surgió precisamente debido a que la atmósfera primitiva carecía de oxígeno y, por eso, fue posible el paso de ruv. A los experimentos pioneros de Urey y Miller (quienes simularon las condiciones de la Tierra primitiva y obtuvieron moléculas biológicas a partir de sustancias sencillas) siguieron otros como los del biólogo catalán Joan Oró (1923-2004), que apoyan la idea de que las ruv contribuyeron a proveer la energía necesaria para el reordenamiento de los átomos de carbono, y formaron las primeras moléculas orgánicas que condujeron al surgimiento de la vida.

© Ediciones SM S.A. - Física a la carta 2º ESO. 11/12

Los primeros seres vivos disponían de esas moléculas orgánicas como alimento, que se iban formando de forma espontánea por incidencia de la ruv y otras formas de energía. Es decir que eran organismos descomponedores. A continuación, surgieron organismos consumidores, y se establecieron las primeras redes tróficas hace unos 3.800 millones de años.

Por lo tanto, las redes tróficas de los ecosistemas primitivos estuvieron constituidas por consumidores y descomponedores hasta que hicieron su aparición los primeros organismos autótrofos.

De esta forma, la radiación solar fue la fuente de energía que permitió el origen de la vida, su evolución y su permanencia.



► Algunas bacterias, llamadas termófilas, pueden vivir en aguas termales de hasta 90 °C. Constituyen modelos para el estudio del origen de la vida, cuando la Tierra estaba aún en proceso de enfriamiento.

## RADIACIÓN ULTRAVIOLETA Y SALUD

Está suficientemente comprobado que la radiación uv puede producir cambios en el ADN (mutaciones) que pueden resultar en el desarrollo de cáncer en zonas expuestas, sobre todo, la piel. Las recomendaciones médicas sobre los horarios en que se debe restringir la exposición al sol y la necesidad de uso de filtros uv apuntan a prevenir las enfermedades que causan.

Los niveles de uv que llegan a la superficie de la Tierra son variables a lo largo del año y, también, dependen de las condiciones meteorológicas. A diario, se publica el índice uv para mantener a la población informada sobre las precauciones que debe tomar.

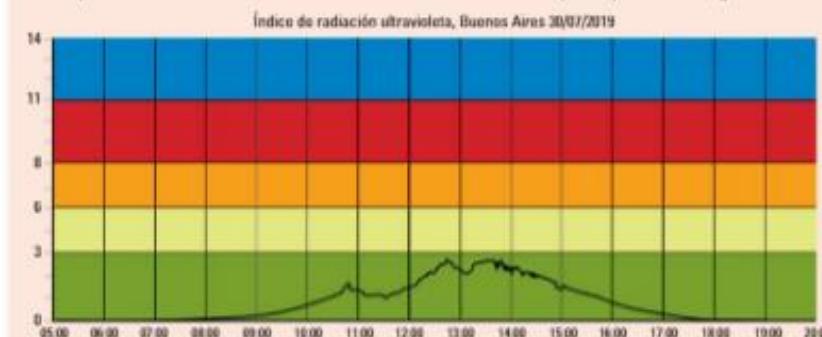
Sin embargo, a la superficie terrestre, llega una pequeña parte de la ruv emitida por el Sol, ya que el oxígeno (O<sub>2</sub>) y el ozono (O<sub>3</sub>) estratosféricos absorben la mayor parte.

En mayo de 1985, se publicó un artículo en la revista *Nature* que daba cuenta de una fuerte reducción en la

capa de ozono estratosférico sobre la zona antártica. Se alertaba, además, sobre el riesgo que esto podría significar para la salud. Aunque estos fenómenos naturales que afectan la presencia de ozono, las investigaciones indicaban que este adelgazamiento era producto de la contaminación atmosférica. Los principales responsables eran gases industriales como los clorofluorocarbonados (cfc). Los cfc se utilizaban en la refrigeración, en los aerosoles de la zona europea y en la fabricación de ciertos plásticos.

A partir de esta información, se establecieron acuerdos internacionales para limitar el uso de cfc, que parecen haber dado resultados positivos en la recuperación de la capa de ozono. No obstante, la mayoría de las investigaciones aún no son concluyentes al respecto.

Ingresando a la página del Servicio Meteorológico Nacional, podrán enterarse de los índices uv todos los días y en cada zona del país <http://www.smn.gob.ar/>



► La línea del gráfico muestra los niveles de uv a diferentes horas en la Ciudad de Buenos Aires un día de julio de 2019.

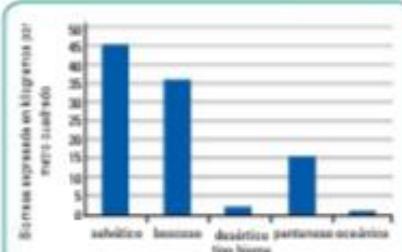
## La medición de la energía en los ecosistemas

Para medir la cantidad de energía química presente en un ecosistema, se emplean tres parámetros: la biomasa, la productividad primaria y la productividad secundaria.

### La biomasa

La biomasa es un parámetro ecológico que permite medir la cantidad de energía química contenida en un ecosistema, un individuo, un grupo de individuos o un nivel trófico. Para expresarla, habitualmente, se utilizan unidades de peso como el gramo o el kilogramo. Para un ecosistema o para un nivel trófico, la biomasa se calcula a partir de recolectar y pesar toda la materia orgánica, tanto la viva como los desechos de un área representativa. Con esa muestra, se estima la totalidad por unidad de área o de volumen. Por ejemplo, 10 kg por metro cuadrado para un ecosistema terrestre o 1 kg por litro para uno acuático.

En general, la muestra recolectada se seca antes de ser pesada con el fin de efectuar las mediciones sin el agua presente en el material.

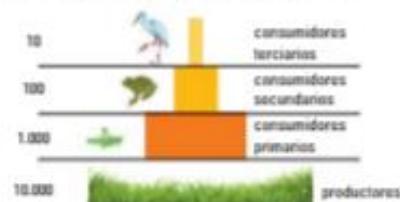


La cantidad de luz incidente en la superficie terrestre que es captada por los organismos autóctonos y transformada en biomasa es variable según el tipo de bosque.

En los ecosistemas, el valor de la biomasa del nivel de productores es muchísimo más elevado que en el del resto de los niveles, y también más fácil de calcular. Sin embargo, es importante conocer la biomasa de cada nivel, ya que permite calcular la cantidad de energía disponible para el siguiente nivel trófico. Para ello, se utilizan modelos denominados

pirámides de biomasa, que permiten graficar el valor en cada nivel trófico.

Aunque la cantidad de biomasa o su equivalente en energía disponible de un nivel trófico hacia el siguiente es muy variable, algunas investigaciones permiten establecer que, en una pirámide "típica", la transferencia es cercana al 10%. A este dato experimental se le dio el nombre de "Ley del 10%" o del "diezmo ecológico", y sirve como una pauta para evaluar el estado energético de un ecosistema.



► Gráfico de una pirámide de biomasa típica; cada nivel trófico representa una cantidad de biomasa correspondiente al 10% del nivel anterior.

### OTRAS PIRÁMIDES ECOLÓGICAS

Las pirámides no se utilizan solo para graficar la cantidad de biomasa de un ecosistema. Es importante prestar atención a lo que se está representando en cada una.



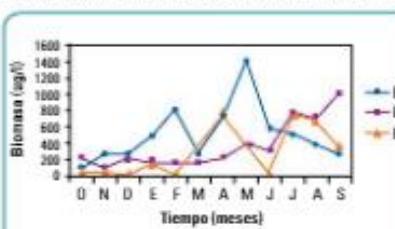
### ACTIVIDADES

1. ¿Qué razón podrías dar que permita explicar las notables diferencias que se advierten en el gráfico sobre la cantidad de biomasa en cada biomasa?
2. ¿Habrá diferencias importantes en la biomasa húmeda calculada en un bosque caducifolio entre el verano y el invierno? Justifica tu respuesta.

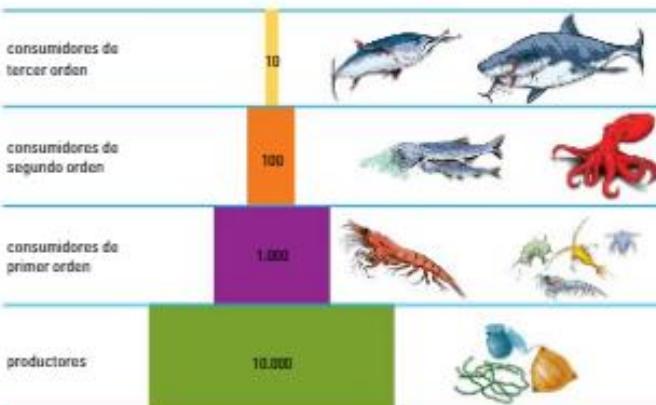
## La medición de la biomasa

Se puede pensar la biomasa estimada de un ecosistema como una foto instantánea de la materia orgánica existente en un momento dado. Pero para los estudios ecológicos, también, es muy importante conocer cómo se van modificando los valores a lo largo del tiempo, porque esto da una idea sobre el comportamiento energético del ecosistema. Ese y otros datos permiten elaborar modelos predictivos que informan sobre probables cambios a futuro.

En el gráfico, se observan las variaciones de biomasa del zooplancton (microorganismos consumidores acuáticos) en tres sitios diferentes (E1, E2, E3) de un embalse ubicado en el norte de Venezuela.



La biomasa puede tener grandes variaciones en diferentes lugares de un mismo ecosistema (E1, E2 y E3) y a lo largo del tiempo.



► Un ejemplo de una pirámide de biomasa en ambientes acuáticos.

### ACTIVIDADES

1. ¿Qué representan los números en cada nivel trófico de la pirámide de biomasa del ambiente acuático?

Las fluctuaciones en la biomasa de los organismos pueden tener varias causas. Por ejemplo, la época de nacimiento de nuevos organismos, entre los que no todos llegarán a la madurez reproductiva, lo que producirá un descenso posterior; los momentos en los que hay más alimento disponible; o las zonas donde se concentra mayor cantidad. Frecuentemente, estas variaciones acompañan los cambios en el medio abiótico, como podrían ser los cambios de temperatura que determinan períodos reproductivos y períodos de mayor mortalidad, que en general, obedecen a más de una causa.

El trabajo de investigación ecológica consiste en determinar la o las causas de estas variaciones a lo largo del año y en el sector donde se recogieron las muestras. Estos estudios son importantes, por ejemplo, para determinar en el ecosistema del embalse, la disponibilidad alimenticia de los animales que consumen zooplancton, como peces y crustáceos, y que forman parte de la red alimentaria del ecosistema.

Para este caso, los autores concluyeron que "Esta comunidad de zooplancton pareció responder a las variaciones ambientales en el embalse, más que a las variaciones en la disponibilidad de recursos".



## La productividad primaria bruta y neta

La productividad primaria es un parámetro que permite medir las fluctuaciones de biomasa en el tiempo. Para ello, se calcula la biomasa en un momento determinado (T1) y, posteriormente, se vuelve a medir (T2) con el fin de establecer la diferencia entre el momento inicial y el final de la medición.

Se denomina productividad primaria a la variación de biomasa de los productores de un ecosistema. Este dato da cuenta de la cantidad de energía luminosa fijada por fotosíntesis durante el intervalo medido. Cuando no se contabilizan las pérdidas de energía por otros procesos, recibe el nombre de productividad primaria bruta. Una forma de expresarlo es:

$$\text{Biomasa T2} - \text{Biomasa T1} = \text{productividad primaria bruta}$$

Sin embargo, si se tiene en cuenta las pérdidas de energía asociadas a los procesos catabólicos que ocurren en el metabolismo vegetal (el principal es la respiración e implica una disminución de la biomasa producida), se define un parámetro más útil denominado productividad primaria neta.

Ahora, la fórmula que se aplica es la siguiente.

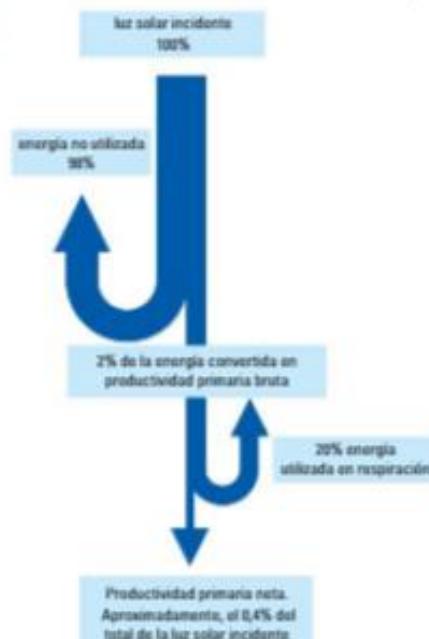
$$\text{Biomasa T2} - \text{Biomasa T1} + \text{pérdidas} = \text{productividad primaria neta}$$

La productividad primaria neta es la cantidad de energía química, producida por los productores, que queda disponible para el siguiente nivel trófico.

### ACTIVIDADES

1. Teniendo en cuenta que la productividad primaria bruta mide la cantidad de energía lumínica fijada por los productores, ¿sería posible medirla calculando la cantidad de oxígeno liberado por la planta en intervalos de tiempo, en vez de hacerlo a través de la biomasa producida? Justifica la respuesta.

2. Teniendo en cuenta la definición de producción primaria neta, ¿cuál es el nivel trófico superior que dispondrá de ella?



► Ejemplo sobre las pérdidas de energía, medidas en un campo de gramíneas y otras plantas perennes en el período de un año, y la productividad primaria neta resultante.



► Los humedales son zonas de enorme productividad primaria. La Argentina tiene, al menos, 22 grandes humedales. Se estima que los humedales ocupan hasta el 25% del territorio nacional. El más extenso es el de los esteros del Iberá, en la provincia de Corrientes.

## La productividad secundaria

La productividad secundaria bruta es la biomasa elaborada por los consumidores en un tiempo determinado. Después de restar las pérdidas por procesos de degradación y desechos, se obtiene la productividad secundaria neta.

Si bien el 99% de los seres vivos del planeta está constituido por plantas y algas y la suma de todos los organismos heterótrofos representa solo el 1% de la materia orgánica, la productividad secundaria, también, es un parámetro importante para los estudios ecológicos. Esta es mucho más difícil de cuantificar, ya que los animales se desplazan, y la mayoría se oculta ante la presencia humana.



► Para la investigación de la presencia y comportamiento animal, muchas veces, se utilizan cámaras-trampa de visión nocturna que se fijan en los árboles, y toman fotos o videos cuando pasa un animal frente a ellas.

Solo una pequeña fracción de la productividad primaria neta es aprovechada por los consumidores primarios, ya que no todo lo que ingieren se puede utilizar para producir nueva biomasa. Esto se debe a que las fibras son, en su mayoría, defecadas y a que la energía invertida en respiración celular es más elevada debido a la intensa actividad vital de los animales; y por el mismo motivo, también, es mayor la producción de calor.

### MODELOS ECOLÓGICOS Y MODELOS ECONÓMICOS

En el análisis energético de los ecosistemas, se utilizan términos que provienen de la economía: productores, consumidores o productividad. De hecho, el primer balance energético fue realizado por Nelson Traneau (1875-1960), un ingeniero agrónomo estadounidense interesado en calcular la productividad de las cosechas. Calculó la cosecha en términos de entradas, salidas y ganancias y en cuánta energía sería transferida a los animales para su alimentación; y además, los kilogramos de carne que rendían para la venta. No descuidó el cálculo de la luz solar asimilada, las pérdidas por respiración, los desechos y su reciclado para abono.

Este tipo de análisis, que años después R. Lindeman y E. Odum propusieron como un modelo de análisis de los ecosistemas de gran precisión ya estaba presente en las preocupaciones y en los cálculos de los productores agrícola-ganaderos.



► Imagen de un libro de texto de Nelson Traneau, publicado en 1921.



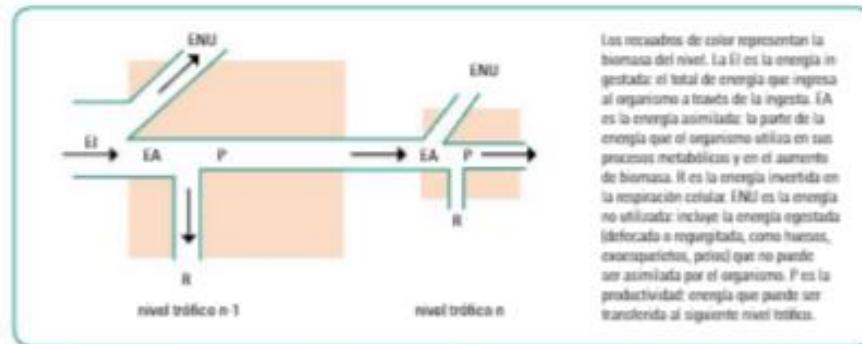
## Eficiencia ecológica

Las pérdidas de energía en cada nivel trófico varían según los seres vivos que forman parte de las redes alimentarias. Los elefantes, por ejemplo, son incapaces de aprovechar la celulosa que es muy abundante en los vegetales que consumen. Sin embargo, otros consumidores primarios, como los rumiantes (vacas, ovejas, cabras), si pueden hacerlo. Sus estómagos poseen un compartimiento, llamado rumen, donde habitan bacterias que descomponen la celulosa de las plantas. La acción de estos microorganismos permite la absorción de más cantidad de glucosa y de otros nutrientes hacia el torrente sanguíneo. Como resultado, la eficiencia en el aprovechamiento de la ingesta es mucho mayor en un bovino que en un elefante. Si se alimentan de una misma cantidad de biomasa vegetal, una vaca produce más carne que un elefante.

Estas consideraciones llevan a un concepto importante llamado eficiencia ecológica, que se define como la capacidad de adaptación y utilización de los recursos de un ecosistema en el aprovechamiento de la materia y la energía. Existen diversos modos de calcularla. Uno de ellos consiste en obtener el coeficiente entre la producción neta de un nivel trófico ( $n$ ) y la productividad neta del nivel anterior ( $n-1$ ). Expresada en porcentaje su fórmula es:

$$\frac{(\text{Productividad neta de } n)}{(\text{Productividad neta de } n-1)} \times 100 = \text{eficiencia ecológica}$$

La eficiencia ecológica toma en cuenta parámetros ecológicos tales como la ingestión, la asimilación, la respiración y la energía no utilizada, como se muestra en el gráfico.



© Ediciones Básicas S.A. - Recursos naturales y su uso 11/2011

© Ediciones Básicas S.A. - Recursos naturales y su uso 11/2011

## Los ciclos de la materia en los ecosistemas

La materia se moviliza a través de ciclos relativamente cerrados que permiten reiniciar el proceso de producción-degradación en los ecosistemas.

Los movimientos de materia inorgánica reciben el nombre de ciclos biogeoquímicos y se distinguen tres tipos diferentes:

- **ciclo del agua:** los seres vivos dependen de la disponibilidad de agua debido a que están constituidos en gran parte por ella y a que existen minerales y otras sustancias que solo pueden aprovechar cuando están en solución acuosa.
- **ciclos gaseosos:** corresponden a elementos que se encuentran en forma de gas en la atmósfera. Por lo tanto, su disponibilidad no está confinada al espacio que ocupa el ecosistema bajo estudio. Los más importantes son los ciclos del carbono, del nitrógeno y del oxígeno.
- **ciclos sedimentarios:** corresponden a elementos que se encuentran integrados en las rocas, como el fósforo y el hierro, y que son extraídos de ellas por fenómenos físicos, como el viento o la acción volcánica. Este tipo de ciclos se consideran locales porque están asociados al medio físico del ecosistema en estudio.

### El ciclo del agua

Además de ser un solvente universal, el agua es también un agente modelador del paisaje y determinante de las características de los ecosistemas.

Los biomas muy ricos en biodiversidad, como las selvas de altura (yungas), requieren de grandes cantidades de agua para sostener la biomasa vegetal que los caracteriza. Esta es aportada por abundantes precipitaciones. Las raíces retienen las partículas del suelo, pero los fenómenos que alteran la cobertura vegetal (incendios o tala excesiva, por ejemplo) lo dejan al descubierto y lo exponen a la acción erosiva del agua, que arrastrará la cobertura fértil pendiente abajo. Esta acción erosiva (lavado) modifica profundamente las características del paisaje y puede derivar en su desertificación.

En la naturaleza, el agua está sometida a permanentes transformaciones, que implican cambios en

su estado de agregación (sólido, líquido, gaseoso). La dinámica de esos cambios se denomina ciclo del agua o ciclo hidrológico. Es un conjunto de fenómenos en los que inciden la energía térmica solar, los vientos, la presión atmosférica y otros fenómenos.

La evaporación del agua salada de los océanos representa el 90% de la humedad atmosférica, parte de la cual vuelve a la superficie terrestre como agua dulce en forma de lluvia. Asimismo, la evaporación de las aguas continentales y los procesos de evapotranspiración de origen biológico (combinación de los procesos de respiración y evaporación en animales y vegetales), también, aportan a este proceso, aunque en menor medida.

El agua en forma de vapor sube, se condensa y forma las nubes, constituidas por pequeñas gotas que se enfrian y se unen a otras formando gotas mayores que, cuando alcanzan un peso suficiente, se precipitan sobre la superficie terrestre. La precipitación puede ser sólida (nieve o granizo) o líquida (lluvia). El vapor de agua puede también condensarse en forma de niebla o rocío.

Tanto las aguas superficiales líquidas (lagos, ríos, arroyos) o sólidas (glaciares, nieve) como las aguas subterráneas vuelven al mar a través de las cuencas.

Una parte importante del ciclo hidrológico es el agua capturada por los organismos. La mayoría de los organismos terrestres depende del agua dulce, que solo representa el 3% de la existente en el planeta.



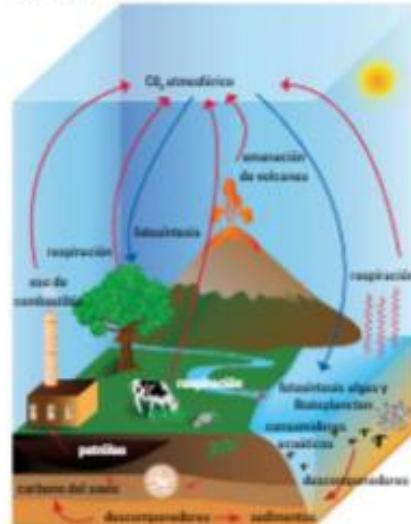
► Esquema del ciclo del agua.



## El ciclo del carbono

La química de la vida es la química del carbono porque este elemento es la base estructural de las biomoléculas. Los procesos de fotosíntesis y respiración establecen en sí mismos un ciclo biológico del carbono. Pero este ciclo está, a su vez, profundamente entramado con los procesos físicos y químicos en el suelo, en la atmósfera y en el agua, que ocurren de manera independiente de los seres vivos.

El carbono circula a través de los océanos, de la atmósfera y de la superficie y en el interior terrestre, en un gran ciclo biogeoquímico de carácter gaseoso debido a que, en una parte, se integra como un gas (dióxido de carbono y metano) en la atmósfera.



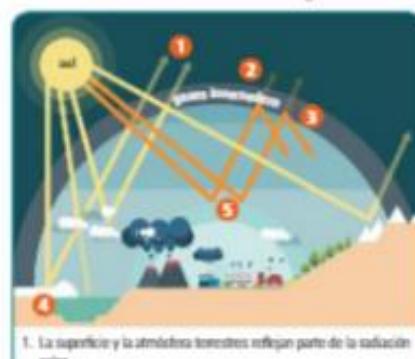
- En el ciclo del carbono, intervienen actividades humanas, como la extracción y el uso de combustible fósil.

## El efecto invernadero

El dióxido de carbono ( $CO_2$ ) así como el gas metano ( $CH_4$ ) presentes en la atmósfera son responsables, entre otros, del llamado efecto invernadero. Retienen el calor que, de otra forma, se disiparía en el espacio exterior y, por ello, se los denomina "gases invernadero". Si esto no ocurriera, la Tierra sería un planeta con temperaturas

extremadamente bajas y no habría, por ejemplo, disponibilidad de agua en estado líquido.

Este efecto permite que las temperaturas medias del planeta sean adecuadas para la vida. Sin embargo, el aumento de la concentración de dióxido de carbono atmosférico incrementa el efecto invernadero, por lo que también aumenta la temperatura media del planeta. El aumento de calor provoca el deshielo en los polos y los glaciares y eleva el nivel de los océanos, lo que produce cambios drásticos en el clima del planeta: sequías en lugares que eran húmedos, incremento de lluvias más intensas que lo habitual, huracanes y tornados muy potentes, etcétera. Las actividades humanas, tales como la utilización de combustibles fósiles, son fuentes de dióxido de carbono. A su vez, la tala de grandes extensiones de bosques y selvas con fines económicos reduce la captación de dióxido de carbono de la atmósfera. El aporte de gases invernadero a la atmósfera y la extinción de los bosques son objeto de preocupación mundial, dado que se asigna a este fenómeno lo que se conoce como cambio climático global.



- Esquema que explica el efecto invernadero.

## ACTIVIDADES

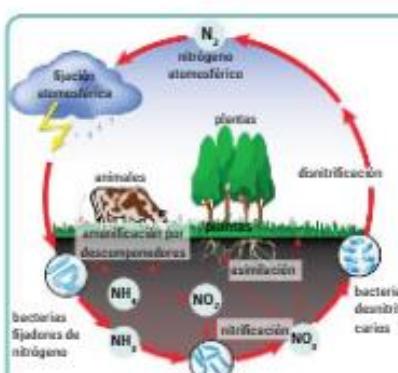
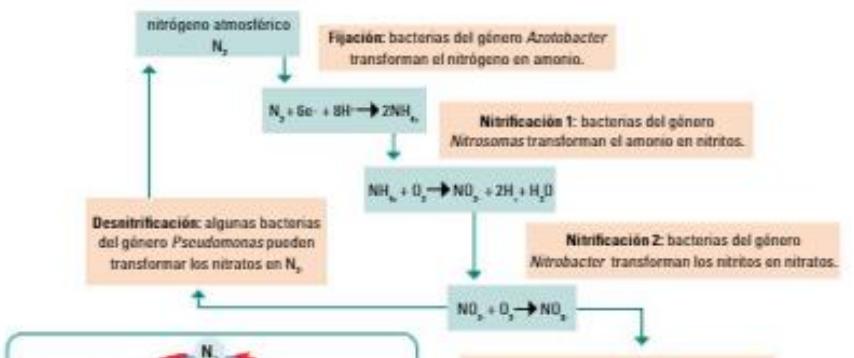
- Elaborará un texto breve que explique cómo la tala de árboles podría contribuir al incremento del efecto invernadero. Utilizá conceptos que se encuentren en las imágenes de esta página.

## El ciclo del nitrógeno

En la clasificación ecológica, el ciclo del nitrógeno corresponde a los ciclos atmosféricos debido a su importante presencia en la atmósfera. Sin embargo, como solo puede ser absorbido e incorporado al suelo por diferentes microorganismos, el nitrógeno en el ecosistema se comporta como un elemento sedimentario o local.

Los aminoácidos, algunas vitaminas y los ácidos nucleicos tienen al nitrógeno como uno

de sus constituyentes fundamentales. Si bien el nitrógeno es el gas que se encuentra en mayor proporción en la atmósfera (78%), solo algunos descomponedores pueden captarlo en ese estado. Otras bacterias que habitan el suelo actúan como intermediarias y producen compuestos que pueden ser asimilados por los vegetales. El ejemplo permite visualizar la acción de algunos de los microorganismos que forman parte del ciclo.



Existen varios factores por los que los suelos pueden perder nitrógeno. Entre ellos, la disolución y el arrastre por el agua en suelos mal drenados o causas antropogénicas, como el predominio de cultivo de especies que consumen nitrógeno (como la soja), incendios o tala indiscriminada. A su vez, el exceso de nitrógeno en el suelo por el uso de fertilizantes en los cultivos es arrastrado por el agua y con tanta los cursos de agua y por infiltración, también, los acuíferos. Las sales formadas (nitratos) son tóxicas para los seres vivos.

## ACTIVIDADES

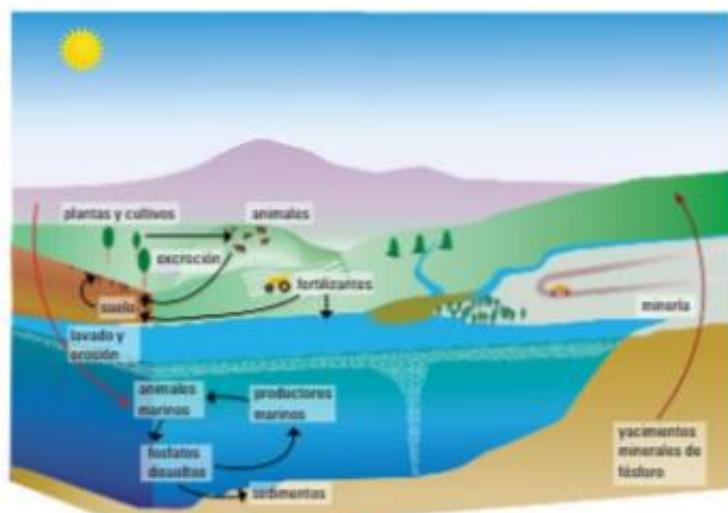
- Observando la acción de cada tipo de bacteria en el ciclo del nitrógeno, ¿cuál utilizarías para purificar aguas contaminadas con nitratos?



- Efectos de la lluvia ácida sobre bosques cercanos a grandes centros industriales.

### El ciclo del fósforo

El fósforo es fundamental en los procesos de transferencia de energía durante el metabolismo de los seres vivos (forma parte de moléculas que se utilizan en las reacciones metabólicas, como ATP-ADP). Es además un componente estructural importante de los huesos y dientes de los vertebrados. Se encuentra en ciertas rocas sedimentarias, como las apatitas, razón por la que se



► En el ciclo del fósforo, no intervienen microorganismos, depende exclusivamente de reacciones físico-químicas.

### LA GUERRA DEL GUANO

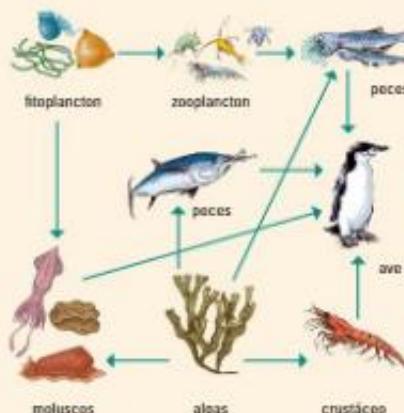
El fósforo, el nitrógeno y el potasio son fundamentales para los seres vivos. En particular, son necesarios para un crecimiento vigoroso de los vegetales. En los cultivos, las cosechas van privando paulatinamente al suelo de estos nutrientes, y estos deben ser adicionados a través de la fertilización. Antiguamente, solo se utilizaban fuentes naturales de estos minerales, principalmente el excremento de aves y de murciélagos, denominado guano (que, en quechua, quiere decir 'abono'). En ciertas condiciones climáticas, los depósitos de guano forman grandes reservas naturales. A fines del siglo XIX, el guano era muypreciado como fertilizante y se convirtió en un recurso de inmenso interés económico. Los islotes frente a las costas de Chile, Bolivia y Perú son muy ricos en este material y la disputa por el acceso al recurso desató un conflicto armado (1879-1880) entre el Estado de Chile y los aliados de Bolivia y Perú. Se denominó "Guerra del Pacífico" o "Guerra



► Aves y acumulación del guano sobre un islote del océano Pacífico.

### Propuesta de actividad

1. Observen el esquema en el que se representa una red trófica de un ecosistema simplificado.



2. Lean la siguiente afirmación.
3. La alimentación humana incluye organismos descomponedores que se consumen en forma directa o que se utilizan en la fabricación de alimentos. Averigüen qué alimentos de la dieta incluyen los descomponedores y completen la tabla. Si lo necesitan, agreguen filas.

ALIMENTO	DESCOMPONEDOR

4. En la tabla, se consigna el contenido aproximado de agua en diferentes alimentos.

ALIMENTO	CONTENIDO DE AGUA (%)
Manzana	85
Leduga	95
Pollo	72
Cabe de vaca	60
Miel	20
Maní seco	8
Nuez seca	5
Nuez fresca	20

5. A partir de los datos de la tabla, expliquen por qué es conveniente hacer los cálculos de biomasa extrayendo el agua de las muestras recolectadas.
6. Si fuera imposible secar la materia orgánica de un sector del ecosistema para calcular la biomasa seca, ¿servirían los datos de una tabla como esta para hacer una estimación? Justifiquen su respuesta.
7. ¿De qué manera obtendrían en la práctica datos como los consignados en la tabla?

## Propuesta de actividades

5. Los conejos ocupan el lugar de consumidores primarios en la cadena alimentaria. Son capaces de aprovechar el alimento de una forma particular llamada cecotrofia, que consiste en digerir dos veces el mismo alimento.

**Primera digestión:** el quílo luego de pasar por el intestino delgado (donde se absorbe la mayor parte de nutrientes) llega al "ciego", que es un órgano colonizado por microorganismos capaces de degradar parte de la fibra del alimento. Allí, se produce la fermentación durante toda la noche y, por la mañana, es expulsado por el ano.

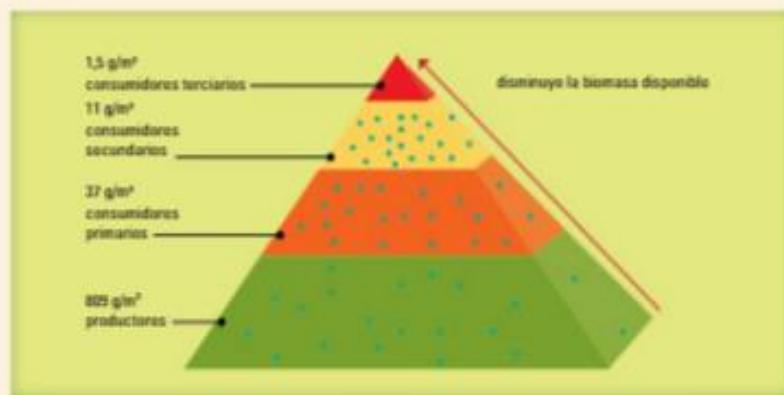
**Segunda digestión:** en este momento, el conejo lo consume directamente desde el ano, antes de que caiga al suelo. De esta forma, hace un mejor uso de la proteína del alimento, que contiene muchos aminoácidos esenciales que, de otra forma, perdería en la defecación.

- a. ¿Con cuál de los siguientes conceptos relacionarían la información sobre la cecotrofia descripta en el relato anterior? Coloquen una cruz en los que consideren correctos.

Biomasa   
Productividad primaria bruta   
Productividad primaria neta   
Productividad secundaria   
Eficiencia ecológica   
Descomposición

- b. Elaboren un texto breve que contenga, al menos, tres de los conceptos que seleccionaron en la tabla anterior. El texto debe ser un argumento a favor de la importancia de este proceso en el aprovechamiento del alimento por parte del consumidor y la disponibilidad de energía para el siguiente nivel trófico.

6. En la pirámide del gráfico, se muestra cómo disminuye la biomasa de un nivel trófico a otro. También, se muestra la presencia del insecticida *oax* en cada nivel, simbolizada por una cantidad de puntos.



- a. No se ha dibujado la presencia de *oax* en el nivel de consumidores terciarios. Si se hubiera dibujado, ¿cuántos puntos esperarían encontrar en ese nivel?  
b. ¿Qué ocurre a medida que se asciende de nivel trófico con la presencia del insecticida? La cantidad es constante, la cantidad aumenta o la cantidad disminuye.  
c. Teniendo en cuenta la respuesta anterior y respecto al *oax*, ¿Qué parámetro aumenta de un nivel al otro?  
d. Ensayen explicaciones relacionadas con la fisiología de los organismos que puedan justificar los resultados que se observan en relación con el insecticida.

## Propuesta de actividades

### Los ciclos biogeoquímicos, la salud y el ambiente

Los ciclos biogeoquímicos determinan la disponibilidad de elementos esenciales para los seres vivos. Sin embargo, en la naturaleza, también, existen elementos tóxicos que integran los ciclos de la materia. Uno es el arsénico (As), con importante presencia en algunas zonas de la Argentina y, en particular, en la provincia de Buenos Aires.

La ingesta prolongada de agua con un elevado porcentaje de As causa daños al organismo, y da lugar a una enfermedad conocida como hidroarsenicismo crónico regional endémico (HCRE). Puede producir cáncer en diferentes órganos y otros efectos nocivos.

1. Analicen el gráfico y respondan.



2. Lean el texto y respondan las preguntas.

Investigadores de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de la Plata instalaron en la localidad de Verónica, provincia de Buenos Aires, una planta para el tratamiento del agua destinada al consumo humano con el fin de extraer el arsénico (As). Dicha planta garantizará 10.000 litros de agua por día y asegurará la remoción del As de las aguas subterráneas.

El origen del As en las aguas subterráneas de la Argentina se atribuye a la actividad volcánica ocurrida en la cordillera de los Andes durante el período Cuaternario. Allí se formaron depósitos de barros arcillosos (loess) junto a cenizas volcánicas con altos contenidos de arsénico, lo que provoca que cuatro millones de personas tengan riesgo de contaminarse. Esto implica que el 10% de la población del país tiene probabilidad de entrar en contacto con este metaloide, que podría afectar a 16 provincias y a gran parte de la provincia de Buenos Aires. En el este de la llanura pampeana, se habrían acumulado los vidrios volcánicos que contienen arsénico como consecuencia del vulcanismo mencionado. La dispersión secundaria a través de aguas superficiales ha sido el mecanismo que lo ha llevado hasta la costa pacífica (Chile) y a la atlántica.

- a. ¿Cuál es el origen natural primario de la presencia de As en los suelos pampeanos?  
b. ¿Dónde se encuentran ahora los reservorios de As?  
c. ¿Qué tipo de fuente de agua de consumo está contaminada con As en la localidad de Verónica?  
d. Dado que el agua obtenida es inodora, incolora e insípida, ¿se puede considerar que es potable? Justifiquen.  
e. Repasen el ciclo del agua y respondan: ¿cómo se explica la dispersión secundaria de As a la que se refiere el texto? Realicen un diagrama que ponga en evidencia la parte del ciclo del agua que involucra su respuesta.

## Componentes estructurales de los ecosistemas



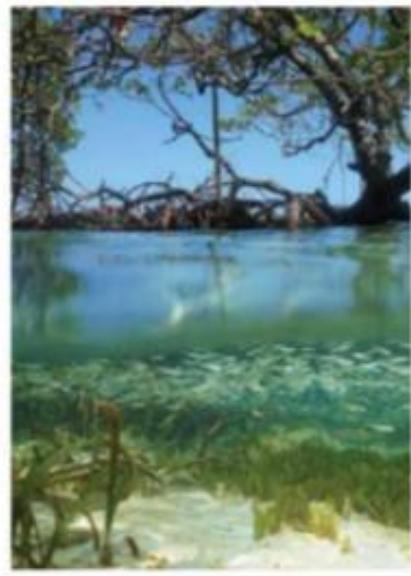
En este capítulo, se estudiará la estructura de los ecosistemas que define las posibilidades y restricciones en las condiciones de vida de los organismos: como sus adaptaciones al medio físico, su comportamiento y las relaciones que existen entre ellos. Para hacerlo, será necesario estudiar las características de niveles de organización superiores al de individuo: las poblaciones y la comunidad, así como el lugar y las funciones que ocupan en los ecosistemas.

### Ecosistemas, estructura y función

Como todos los sistemas, los ecosistemas se caracterizan por su estructura y su función. Con referencia a esas características, se pueden diferenciar dos tipos de componentes del ecosistema: los componentes estructurales y los componentes funcionales. Dentro de los estructurales, se distinguen a su vez otras dos clases de componentes: los abióticos y los bióticos.

- Componentes o factores abióticos: son los que corresponden al medio físico donde se desarrolla la vida de los organismos: el aire, el clima, la luminosidad, la presión, la humedad, los minerales, el suelo, entre otros. Estos factores determinan las posibilidades de vida de los organismos en el ecosistema e inciden en la evolución biológica por selección natural.
- Componentes o factores bióticos: son los que corresponden al medio biológico, caracterizado por todos los seres vivos del ecosistema y por los residuos orgánicos, como materiales de desecho y restos de organismos muertos. Los componentes funcionales, por otra parte, son los que refieren a la interacción entre los componentes estructurales en relación con las

transferencias de materia y energía, tema que se desarrolló en el capítulo anterior.



► Los peces, los microorganismos y las plantas, vivos o muertos, son ejemplos de componentes bióticos de este ecosistema. La arena, las rocas y el agua son componentes abióticos.

© Ediciones El Salvador S.A. - Página 222 del libro Biología 11º ESO

### El hábitat

En biología, se define como pertenecientes a una misma especie a todos los organismos que tienen la capacidad de reproducirse entre sí y dejar descendientes fértiles. En este sentido, se definen, por ejemplo, la especie humana moderna *Homo sapiens*, la especie canina a la que pertenece el lobo o *Canis lupus* o una variedad del lobo (el perro doméstico) cuyo nombre científico es *Canis lupus familiaris*.

En los ecosistemas, las especies ocupan un lugar físico determinado denominado hábitat. El hábitat completo de una especie es muy difícil de describir porque cada detalle cuenta. Puede tratarse, por ejemplo, de una roca compuesta por determinados minerales, ubicada en lugar

oscuro, en un clima seco o de una zona alejada de predadores en la que existan ciertas plantas, etcétera. El concepto de hábitat incluye tanto los componentes bióticos como los abióticos del área donde vive una especie.

Por ello, cuando se estudia el hábitat de una especie se consideran solo los aspectos que interesan a la investigación que se está realizando. Puede haber desde descripciones generales, "el hábitat del ñandú son planicies con pastizales", hasta las más detalladas, registro de las temperaturas medias, tipo de vegetación, la humedad ambiente, y otras características que resulten relevantes. Además, si se trata de especies con hábitos migratorios que cambian de ecosistema según el clima o la disponibilidad de alimentos, resultará necesario definir para ellas más de un hábitat.

### DIFERENTES HÁBITATS PARA UNA MISMA ESPECIE

El hábitat de la ballena franca austral en la República Argentina podría describirse de forma general como marino en las zonas de la Antártida argentina, Islas Malvinas y la costa patagónica.

Este mamífero se alimenta filtrando el agua del océano abierto en el que atrapa pequeños crustáceos del zoopláncton, principalmente krill, en aguas frías cercanas al continente antártico. Por lo tanto, también, se puede describir su hábitat como marino, cercano a la región polar austral, en océano abierto (alejada de las costas) de aguas frías y con gran productividad de zoopláncton. Pero cada año, entre mayo y noviembre, un grupo importante

de ballenas francas migra hasta las aguas del Golfo Nuevo y del Golfo San Matías en la Península Valdés. Otros grupos migran a las costas de Santa Catarina, en Brasil. En estas zonas de aguas cálidas y tranquilas, esta especie se reproduce y amamanta a los ballenatos, pero no logra alimentarse porque son lugares de baja productividad planctónica. Para los estudios ecológicos desarrollados en estas últimas zonas, el hábitat reproductivo de la ballena franca se describirá como marino de aguas de temperatura elevada, cercano a las costas, con poca profundidad, calmas y con reducida disponibilidad de alimento.



► El principal alimento de la ballena franca austral es el krill. Las ballenas pueden llegar a medir 18 metros. La longitud del krill, generalmente, no supera los dos centímetros.



## El nicho ecológico

Otro concepto importante para la ecología es el de nicho ecológico. En su libro *Ecología*, el ecólogo Howard T. Odum (1924-2002), uno de los pioneros de la ecología de los sistemas naturales, ilustró la idea de hábitat y nicho ecológico e hizo la siguiente analogía: "El hábitat es el domicilio de la especie y el nicho ecológico, su profesión".

Odum empleó esa comparación para decir que se entiende por nicho ecológico la función de la especie en el lugar donde vive dentro del ecosistema. El nicho ecológico de un organismo depende no solo de dónde vive (su hábitat), sino también de lo que hace en el ecosistema: el lugar en la cadena trófica, el comportamiento, las reacciones al medio físico y biótico y el papel en la transformación del medio.

La descripción detallada de un nicho ecológico implicaría considerar, como en el caso del hábitat, un conjunto enorme de características biológicas y otros parámetros. Por lo tanto, se describe el nicho ecológico en función de algunos rasgos que se consideran útiles para la investigación que se está realizando. Distintos organismos que comparten el mismo hábitat pueden tener nichos ecológicos muy diferentes o similares. Por ejemplo, la ballena franca austral

pasa parte de su vida alimentándose en el hábitat marino antártico. Ese mismo hábitat lo comparte con su alimento, el krill, que se alimenta de algas microscópicas. En este caso, el nicho ecológico de la ballena se caracteriza por su rol de consumidor secundario; y el del krill, de consumidor primario. Por otra parte, el pingüino comparte el mismo hábitat que la ballena y que el krill, y, también, se alimenta de krill. Significa que las ballenas y los pingüinos comparten una parte del nicho ecológico y, por eso, compiten por el alimento. Sin embargo, no comparten todo el nicho ecológico, dado que la estrategia de los pingüinos para obtener alimento es diferente de la que utilizan las ballenas. Mientras las ballenas filtran el agua en zonas de océano abierto, el pingüino predá (caza con su pico) el krill en zonas cercanas a la costa.



► Grupo de pingüinos antárticos de penacho amarillo (*Eudyptes chrysocome*).

© Ediciones Edebé S.A. - Título de los autores: cap. 11.1.2.3

## VON HUMBOLDT Y LA BIOGEOGRAFÍA

El naturalista alemán Alexander von Humboldt (1769-1859) recorrió gran parte del mundo para estudiar los ambientes naturales. En América, hizo extensos viajes junto a su colega y amigo francés Aimé Bonpland (1733-1808). Es autor del concepto de biogeografía, uno de los antecedentes del de ecosistema. Fue de los primeros que propuso y llevó a la práctica el estudio de la distribución de los seres vivos en función de las condiciones ambientales. Sistemizó el conocimiento de la distribución de las especies vegetales y su relación con el clima y el suelo en diferentes continentes. Concluyó que, en zonas alejadas, pero de climas y suelos parecidos, diferentes especies de vegetales tenían similares, parecidas o iguales características biológicas. Desde los conceptos ecológicos actuales, las conclusiones de Humboldt se podrían expresar así: especies diferentes que pueblan hábitats similares, ocupan en el ecosistema un nicho ecológico igual o similar.



► A. Alexander von Humboldt y Aimé Bonpland en la selva amazónica, en el Río Caquetá, Venezuela (dibujo de Eduard Inder, hacia 1850). B. Dibujo original de Humboldt del detalle de pata y cabeza de condor andino.

© Ediciones Edebé S.A. - Título de los autores: cap. 11.1.2.3

## Estructura y dinámica de las poblaciones

El conjunto de individuos de una especie que forma parte de un mismo ecosistema recibe el nombre de población. Por ejemplo, en el pastizal pampeano, se pueden encontrar una población de liebres, una población de venado de las pampas, una población de árboles caldén, entre muchas otras.

La especie está compuesta por los individuos de todas las poblaciones que se encuentran distribuidas en todos los ecosistemas del planeta. Por ejemplo, la especie *Lepus europaeus* (liebre común o europea) está formada por las poblaciones que se encuentran en España, Francia, Rusia y el norte de África. Además, esta especie fue introducida por los seres humanos en América, Australia y otros países. Es muy común también en nuestro país, donde fue introducida a fines del siglo XIX.

La población constituye una unidad de estudio ecológico dentro del ecosistema. Para investigar las poblaciones, se toman en cuenta diversos parámetros de importancia ecológica que definen su estructura, como el tamaño poblacional o la distribución en el hábitat.



► Liebre común (*Lepus europaeus*), ampliamente distribuida por el mundo en diversas poblaciones.

## ACTIVIDADES

- Teniendo en cuenta la definición de población, ¿qué crítica le harías a esta afirmación? "En la pampa, la población vegetal más abundante es la de pastos".

## Tamaño poblacional

El tamaño poblacional es la cantidad de individuos que integran una población. Esta cantidad puede fluctuar a lo largo del tiempo, por ejemplo, debido a las migraciones estacionales en función del clima. Un ejemplo conocido es el de las golondrinas que migran de un hemisferio a otro, en el que sea verano. En algunas poblaciones, los nacimientos se concentran en una época del año durante la que hay más individuos que en otro momento, debido a que no todos sobrevivirán hasta el año siguiente. Sin embargo, en estos casos, si se tomara el año como intervalo de tiempo, el tamaño poblacional sería relativamente estable. En otros casos, cambios bruscos de las condiciones ambientales pueden afectar fuertemente el tamaño poblacional de forma inesperada.

Los cambios en los tamaños poblacionales son importantes, ya que pueden afectar a otras poblaciones del ecosistema e incidir sobre los intercambios de materia y energía. Por ejemplo, la disminución del tamaño en una población de consumidores primarios limita la disponibilidad del alimento de una población de consumidores secundarios, y así se reduce también el tamaño poblacional de estos.

El tamaño de una población se rige por tres parámetros: reproducción, mortalidad y migración.

↑ **Reproducción:** mecanismo por el que se incrementa la cantidad de individuos de las poblaciones.

↓ **Mortalidad:** mecanismo por el que disminuye la cantidad de individuos de las poblaciones.

↑ ↓ **Migración:** Salida o entrada de individuos provenientes de otros ecosistemas a la población. Si los individuos ingresan al ecosistema, se habla de inmigración. Por el contrario, si egresan, se denomina emigración.



## Natalidad y mortalidad

Cada especie tiene una capacidad o potencial reproductivo que le es propia. Ese potencial se basa en las características biológicas de la especie. Una sola mosca doméstica (*Musca domestica*) hembra puede poner 120 huevos, de los cuales 60 corresponderán a hembras. Si todas las hembras nacidas fueran fértiles, la siguiente generación podría producir 7.200 descendientes. Sabiendo que, en un año, se producen 7 generaciones de moscas, se llegaría a la cifra de 5.598.720.000.000 moscas en un año.

Por otra parte, una elefanta asiática (*Elephas maximus*) puede tener solamente una cría por año.

La tasa de natalidad (TN), que mide este potencial reproductivo, informa sobre el número teórico de descendientes que puede producir cada individuo de la población en un tiempo  $t$  determinado. Donde  $t_2 - t_1$  representa dicho intervalo temporal, por ejemplo, un año.

$$TN = \frac{\text{número de nacimientos } (t_2 - t_1)}{\text{tamaño de la población en } t_1}$$

Pero como se vio, no todos los individuos sobreviven. Estos números teóricos se ven limitados por los índices de mortalidad (TM), que se calculan de la siguiente manera:

$$TM = \frac{\text{número de muertes } (t_2 - t_1)}{\text{tamaño de la población en } t_1}$$

Tomando en cuenta estos valores, se podrá calcular la tasa de crecimiento de la población a través de un nuevo índice:

$$TC = \frac{N.^{\circ} \text{ de nac. } (t_2 - t_1) - N.^{\circ} \text{ de muertes } (t_2 - t_1)}{\text{tamaño de la población en } t_1}$$

Para el caso de que la población considerada fuera migrante, habrá que sumar o restar en el dividendo el ingreso o egreso de individuos en la unidad de tiempo considerada.

## Estrategias reproductivas $r$ y $K$

Como se vio, las especies tienen tasas de natalidad propias que indican su potencial reproductivo. En el ejemplo de la mosca doméstica, un individuo es capaz de producir muchos descendientes en el término de un año, mientras que, para el caso del elefante, solo es posible un descendiente. El primer tipo de estrategia reproductiva se ha denominado "del  $r$ " (gran número de descendientes); y el segundo, "del  $K$ " (poco número de descendientes).

Una generalización basada en el estudio de muchas especies permite arribar a la conclusión de que las estrategias del  $r$  corresponden a especies con ciclos de vida cortos y crecimiento rápido, como bacterias, insectos, pastizales, roedores, etcétera. Por el contrario, las estrategias del  $K$  corresponden a especies cuyos individuos son longevos y de crecimiento lento, como muchos mamíferos o los árboles. Aunque existen excepciones y también estrategias "intermedias", esta generalización es útil para los estudios ecológicos.



► La Mosca doméstica es un ejemplo de una especie estratega del  $r$ . El elefante asiático (*Elephas maximus*) y las secuoyas (*Sequoia sempervirens*) son estrategas del  $K$ .

### ACTIVIDADES

1. Reescribi la tasa de crecimiento; para ello, considerá un ecosistema donde se produce la migración de individuos de una población desde otro ecosistema durante el período  $t_2 - t_1$ .

2. ¿Qué otros ejemplos podés dar de organismos con estrategias reproductivas  $r$  y  $K$ ?

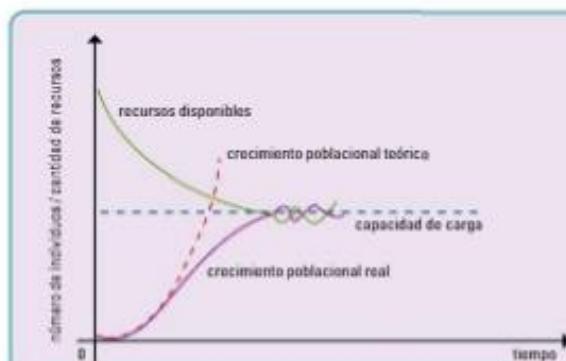
3. En cuál de las dos estrategias ubicarías a la especie humana?

## Crecimiento poblacional teórico y real

Los microorganismos son típicos estrategas del  $r$ . En un cultivo de laboratorio donde no existieran limitaciones para la supervivencia y estuvieran garantizadas las condiciones óptimas de temperatura, pH, alimento y otros parámetros, la

población crecería rápido. Idealmente, sin límite.

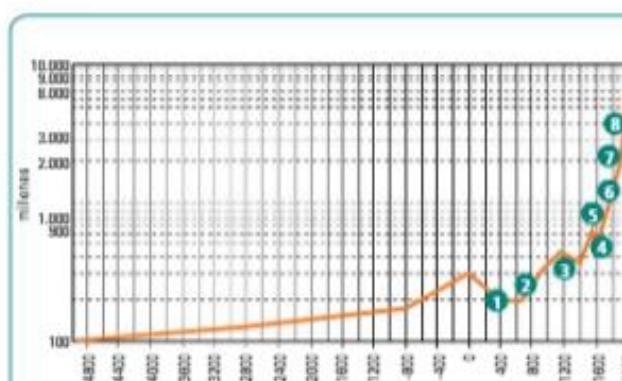
Sin embargo, en condiciones reales, el agotamiento de los recursos, la acumulación de desechos, entre otros factores, impidrían un límite al crecimiento poblacional e incrementarían la tasa de mortalidad. El límite impuesto al tamaño poblacional se denomina capacidad de carga del ecosistema.



El crecimiento teórico de una especie se ve limitado por la capacidad de carga del ecosistema, determinada principalmente por la disponibilidad de recursos (alimento, territorio u otros). A medida que la población aumenta, los recursos disminuyen. Como consecuencia, el tamaño poblacional se estabiliza alrededor de un valor máximo.

La especie humana adaptó paulatinamente el medio para garantizar su supervivencia. Esto redundó en un crecimiento poblacional muy marcado

con algunos pocos descensos debidos a determinados factores como epidemias y guerras. La curva de la imagen es ilustrativa de esa situación.



1. Grandes invasiones
2. Avances en la agricultura
3. Peste negra (viruela)
4. Guerras y crisis económicas
5. Revolución industrial
6. Avances médicos en Tumba
7. Descubrimiento de la penicilina
8. Avances médicos en América Latina, África y Asia

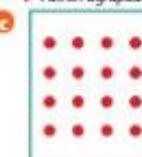
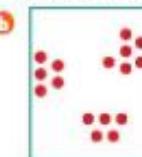
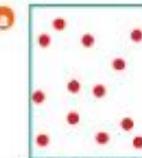
A partir de este gráfico, se puede interpretar que los avances científicos y tecnológicos permiten superar la capacidad de carga natural de la biosfera produciendo más alimentos y combatiendo las enfermedades. Esta intervención supone la alteración de los ecosistemas naturales con pérdida de biodiversidad, contaminación, entre otros. Existen muchos debates e investigaciones sobre si esta situación podría mantenerse indefinidamente si continúa el modelo de producción y consumo vigente.



## Dispersión y densidad poblacional

En el estudio de las poblaciones, además de su tamaño, es necesario considerar otros dos aspectos: la densidad poblacional y la dispersión poblacional. La primera refiere a la cantidad de individuos que habitan un área determinada y la segunda, a cómo se distribuyen en el territorio.

Por ejemplo, los lobos forman manadas dirigidas por un macho y una hembra reproductores en un territorio propio muy extenso. Cuando la manada crece en número, se formará otra pareja reproductora que fundará una nueva manada y ocupará su propio territorio. Si la densidad poblacional crece, habrá menos territorio y se incrementarán los combates. Eso provocará más muertes, lo que regulará el tamaño poblacional. Ese comportamiento define un patrón de dispersión que lleva el nombre de agrupado. Otras especies tienen otros patrones de dispersión.



► Diferentes patrones de dispersión poblacional en: A. dientes de león, B. peces que se mueven en cardúmenes y C. pingüinos.

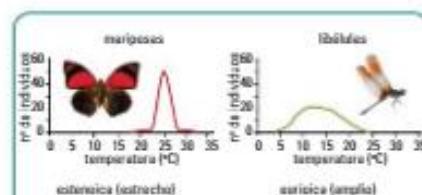
## Tolerancia a los factores abióticos

En la distribución geográfica y la dispersión de las poblaciones, también, influye la tolerancia:

la posibilidad de las especies de vivir en ciertas condiciones del medio abiótico que se apartan de las óptimas. Cada especie tiene rangos de tolerancia diferentes para cada factor abiótico. Según el grado de tolerancia para un cierto factor abiótico (temperatura, humedad, presión de oxígeno), las especies se dividen entre:

- especies euroicas: tienen un amplio rango de tolerancia,
- especies estenoicas: tienen un bajo rango de tolerancia.

En el gráfico, podemos ver un ejemplo del rango de tolerancia a la temperatura en dos especies de insectos.



Para las poblaciones de mariposas, el rango de temperatura óptima es estrecho, ( $25 \pm 2.5$  °C). Fuera de esa zona, son pocos los individuos que pueden sobrevivir con un máximo y un mínimo entre los 19 °C y los 32 °C. Para las libélulas, la temperatura óptima (entre 10 °C y 15 °C) y la zona de tolerancia (entre 5 °C y 25 °C) son más amplias. Esto afecta tanto el tamaño poblacional como la dispersión de las especies, ya que cuanto mayor sea ese rango, se pueden distribuir más extensamente. Las especies estenoicas tienen menores posibilidades de sobrevida ante condiciones ambientales adversas o cambiantes.

## TOLERANCIA HUMANA A LA LUZ SOLAR

La distribución geográfica del color de la piel humana está correlacionada con la intensidad de radiación ultravioleta (uv) incidente sobre la superficie terrestre. En lugares con una alta irradiación, los procesos de selección natural favorecieron pieles más oscuras, que bloquean parte de la uv y así disminuyen el riesgo de contraer cáncer de piel. Por el contrario, en las zonas con menor irradiación solar, la evolución favoreció las pieles más claras, que permiten pasar este tipo de radiación. Por lo tanto, las personas de piel clara que viven en zonas de alta radiación muestran menores niveles de tolerancia.

Sin embargo, niveles moderados de uv son necesarios para que la piel sintetice la vitamina D, importante para el metabolismo del calcio y del fósforo y cuya deficiencia provoca descalcificación ósea. Las personas de piel oscura que viven en zonas de baja radiación solar tendrán mayor riesgo de presentar deficiencias de esta vitamina.

## Competencia intraespecífica

Se denomina competencia intraespecífica a la que se establece entre individuos de la misma población. Como todos los individuos de la población requieren de los mismos recursos, y estos son siempre limitados, cuando se satura la capacidad de carga del ecosistema, se produce una "lucha" por la existencia. El concepto de recurso debe entenderse como un concepto amplio que involucra el alimento que requieren los integrantes de la población, la forma en la que lo obtienen, los refugios que construyen, la elección de pareja reproductiva, etcétera. En un bosque, para una población de árboles, el recurso principal es la luz y entre los que crecen muy juntos se establece una competencia por recibir la mayor cantidad posible. Algunos árboles alcanzan mayor altura y así limitan la luz que llega a los más bajos, las semillas que germinan al nivel del suelo tienen poca luz y muchas terminan siendo inviables, muchos individuos jóvenes se secan. El tipo de dispersión poblacional influye fuertemente en la intensidad que alcance este tipo de competencia.

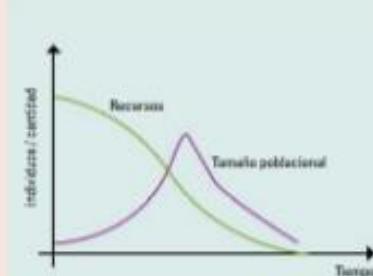


A. En un bosque natural, los pinos compiten por el suelo y la luz. El modo de dispersión al azar intensifica la competencia. Algunos crecerán más que otros y algunos morirán. B. En las plantaciones con fines comerciales, se dispone una dispersión regular, que mantiene distancias fijas entre los individuos para evitar que compitan y para favorecer que todos crezcan al mismo ritmo y rectos.

## COMPETENCIA INTRAEspecífICA Y EVOLUCIÓN

En algunos casos, la competencia intraespecífica puede llevar a la extinción de la población por agotamiento del recurso. Los gusanos de seda se alimentan solo de hojas de mora. Son capaces de comer grandes cantidades y su tasa de natalidad es muy alta. Si una población se establece en un pequeño bosque de moras, llegará un momento en el que ya no habrá más alimento y no sobrevivirá.

En poblaciones donde haya mayor variabilidad genética y algunos individuos puedan, por ejemplo, alimentarse de otra vegetal y no solo de moras, pueden darse las condiciones para que la selección natural actúe y sobrevivan los individuos que se alimenten también de otra planta. La competencia intraespecífica actúa como un "motor" de la evolución biológica, por medio del cambio de las características de las poblaciones. En ciertas circunstancias, estos cambios podrían conducir a la formación de nuevas especies.



► Curva hipotética de la variación en el tamaño de una población que agota todos los recursos disponibles.

## ACTIVIDADES

- ¿Se podría decir que, en las plantas, la competencia por la luz es equivalente a la competencia por los recursos alimenticios? Justifica tu respuesta.

## Estructura y dinámica de las comunidades

La comunidad es el conjunto de poblaciones que forman parte del mismo ecosistema.

Entre dichas poblaciones, se establecen distintas interrelaciones. Algunas se alimentan de otras, y otras compiten por el mismo recurso. Es decir, que las poblaciones interactúan entre sí de maneras muy diversas, ya que forman parte de la misma red trófica. Como se vio en el capítulo anterior, las redes tróficas dan cuenta del modo en que se producen los ciclos de materia y el flujo de la energía en una porción de la naturaleza considerada como un ecosistema. Por ello, el análisis de las relaciones entre las poblaciones de especies que conforman la comunidad biótica resulta de particular interés para los estudios ecológicos. Dado que estas relaciones se establecen entre diferentes especies, se denominan interespecíficas.

Aunque las relaciones son complejas y variadas y aún falta mucho por investigar para delimitar claramente unas de otras, algunas fueron muy estudiadas. Un criterio utilizado para clasificar estas relaciones es considerar qué especie se beneficia y cuál se perjudica como producto de la interacción. Así, se puede diferenciar tres tipos básicos de relaciones interespecíficas: aquellas en la que una de las poblaciones se perjudica y otra



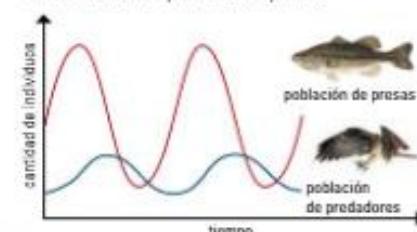
se beneficia, las que hacen que ambas poblaciones se beneficien y las que perjudican a ambas poblaciones.

### Depredación

La depredación se refiere a la acción por la cual un individuo de la población (el predador) se alimenta cazando a otro (la presa). Por lo tanto, se limita a las relaciones entre poblaciones de animales. Para el caso de los consumidores primarios, se utiliza el término herbivoría.



► Aguja pescadora (*Pandion haliaetus*) capturando una presa. La relación predador-presa es un regulador del tamaño poblacional de ambas poblaciones. Debido a que ambas son interdependientes una de la otra, es habitual que, en los ecosistemas, haya fluctuaciones en el tamaño poblacional del predador y de la presa. Desde este punto de vista, se puede relativizar la idea de que una población se beneficia y que la otra se perjudica, ya que dicha fluctuación actúa como moderador de la competencia intraespecífica.



► Modelo de cambios en el tamaño poblacional de predadores y sus presas.

### ACTIVIDADES

• En el gráfico, se observa que la población de predadores tiene un tamaño poblacional más reducido que el de las presas.

a. ¿Cómo explicarías esto desde los conocimientos adquiridos sobre las pirámides alimentarias que se vieron en el capítulo anterior?

b. ¿Qué explicación darías para fundamentar por qué los "picos" del gráfico de cada población están desfasados?

### Parasitismo

La relación de parasitismo se establece cuando un organismo obtiene su alimento de las sustancias de otro ser vivo (huésped) sin necesidad de matarlo, al menos en lo inmediato. Los parásitos pueden establecer su hábitat en el huésped en forma permanente o temporal. Cuando el parásito tiene vida independiente y solo temporalmente se alimenta del huésped, se llama ectoparásito. Es el caso de los mosquitos, los vampiros o las vinchuca, que se alimentan de la sangre de otras especies (son hematófagos). Cuando el parásito establece su hábitat en el interior del organismo que parasita, se denomina endoparásito. Es el caso de muchas bacterias, protozoarios o virus. También, existen endoparásitos animales como es el caso de los gusanos nematodos del género *Ascaris*. Estos gusanos que pueden medir hasta 35 cm de largo y se instalan en el interior del intestino humano (especie *Ascaris lumbricoides*) y de otros mamíferos.

Muchos parásitos son específicos del organismo que parasitan. Esta especificidad ha sido utilizada para controlar ciertas plagas. En la década de 1960 en Australia, se utilizó el virus que produce una enfermedad conocida como mixomatosis. Se lo introdujo en conejos de campo con el objetivo de limitar la población de conejos que se alimentan de los cultivos. A este tipo de intervención humana se la denomina control biológico de plagas.



► Murciélagos vampiro (género *Desmodus rotundus* sp.) alimentándose de la sangre de un cerdo. Ambos animales están embalsamados y expuestos en el Museo de Historia Natural de Viena.

### MAL DE CHAGAS-MAZZA

El *Trypanosoma cruzi* es un endoparásito unicelular flagelado que produce el mal de Chagas-Mazza. Es endémico en la Argentina y otros países latinoamericanos. Lo transmite la vinchuca, un ectoparásito hematófago que se alimenta de sangre de mamíferos, incluidos los seres humanos. Fue descubierto por el infectólogo brasileño Carlos Chagas (1879-1934) en 1909. El médico argentino Salvador Mazza (1886-1946) perfeccionó los tratamientos de la enfermedad y logró una mejor comprensión del ciclo del parásito.

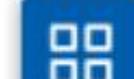
La vinchuca pica a una persona o a un animal infectado por *T. cruzi* que se aloja en el sistema digestivo del insecto. Cuando el insecto pica a otro individuo, suele defecar y las heces son introducidas en la herida producida por la picadura cuando el huésped se rascá. En una parte de su ciclo, el *T. cruzi* se introduce dentro de las células del huésped.

Se estima que, en nuestro país, 2,5 millones de personas están infectadas y 10 millones de personas están expuestas a infectarse. La vinchuca se refugia en hendiduras y techos de construcciones precarias, con lo cual el riesgo de contraer la enfermedad está directamente ligado a las condiciones de vida en las zonas más pobres del continente.



La película argentina Casas de Fuego trata sobre la lucha contra esta enfermedad. Completa en: <http://cor.iglp.org>

Para tener más información sobre esta enfermedad, pueden consultar en la página de la Fundación Cardio-Cardiología Argentina: <http://cor.iglp.org>



## Comensalismo

El comensalismo es la interacción entre dos especies en la que ambas pueden verse beneficiadas. El comensal obtiene su alimento de los restos de los alimentos que consume el huésped o preda algún organismo que lo perjudica. Un ejemplo típico que puede observarse es el de los pájaros que se montan sobre los caballos o las vacas y se alimentan de parásitos de estos animales, como las garrapatas.



## Mutualismo

En este tipo de relación, un individuo de una especie aprovecha la ventaja que otra pueda ofrecerle, aunque ambas especies no dependen una de otra y podrían vivir perfectamente separadas. Por lo general, ambas poblaciones obtienen un beneficio de la relación, aunque en muchos casos, es difícil precisar en qué consiste.

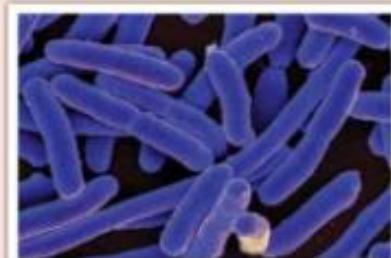


## Simbiosis

Relación en la que ambos individuos se benefician. A diferencia del mutualismo, la relación simbiótica es obligada, ya que ninguno puede vivir en forma independiente del otro. Un ejemplo clásico de simbiosis es la que se establece en los liquenes, donde un hongo y un alga se fusionan estrechamente entre sí. Esta asociación entre un descomponedor (el hongo) y un productor (el alga) permite que el primero le otorgue a la segunda protección frente a la desecación y a la radiación solar. A su vez, la capacidad fotosintética del alga le otorga al hongo un reservorio de materia orgánica para la descomposición. Son objeto de investigación muchos otros beneficios que podrían obtener ambos organismos de esta relación. Los liquenes pueden sobrevivir en condiciones muy adversas.

### SIMBIOSIS BACTERIANA EN LOS SERES HUMANOS

Desde el nacimiento, el intestino humano es colonizado por una variedad de bacterias que permanece allí durante toda la vida. Tienen un papel relevante en el desarrollo del sistema inmunitario del huésped y aportan vitaminas producidas por esos tipos bacterianos que el organismo humano no produce. Además, protegen al huésped frente a la invasión de microorganismos patógenos, con los que compiten. Con el fin de enriquecer la flora intestinal con hongos y bacterias beneficiosas, la industria alimentaria y farmacéutica desarrolla diversos medicamentos y alimentos que contienen prebióticos (compuestos destinados a "alimentar" la flora bacteriana intestinal) y probióticos (bacterias y levaduras que enriquecen la flora intestinal).



## Competencia interespecífica

Cuando dos o más poblaciones forman parte de una comunidad y tienen una necesidad vital común, se establece una competencia entre ambas por cubrirla. ¿En qué consiste una necesidad vital común? Aunque el alimento es en lo primero que se piensa, la necesidad vital por la que compiten las poblaciones de un ecosistema puede ser de diverso tipo. En la tabla, se consignan los principales.

Tipo de Competencia	Características	Ejemplos
Por consumo	Las poblaciones compiten por los mismos recursos alimentarios.	El cóndor andino y el zorro se alimentan de liebres.
Por prevención	Se presenta en organismos sésiles (fijos al sustrato). La ocupación de una zona impide que otro la utilice.	La colonización de rocas en ambientes marinos por anémonas o corales de diferentes especies.
Por superposición	Cuando una población crece sobre otra.	Las plantas que crecen sobre otras y limitan el acceso de estas a la luz.
Por infusión química	Producción de sustancias tóxicas por parte de unos organismos que inhiben la proliferación de otros.	El eucalipto segregó tóxicos que impiden que otras especies vegetales crezcan cerca.

Los mismos recursos alimentarios pueden coexistir si su comportamiento reduce la posibilidad de encuentro entre ellos. Es el caso de los tigres y los leones, pues los primeros tienen hábitos predominantemente nocturnos y los segundos, diurnos.



► Solo una parte del nicho ecológico de las poblaciones A y B se superponen, esto permite la coexistencia en el mismo hábitat.

## ACTIVIDADES

► ¿Por qué se aclara en el título que la competencia es de tipo interespecífica? ¿Qué otro tipo de competencia se describió en este libro? Da algunos ejemplos.

## ESPECIES EXÓTICAS Y COMPETENCIA

Se denominan exóticas las especies de seres vivos de un determinado ecosistema que, de forma accidental o intencional, son implantadas en otro ecosistema. Algunas especies de truchas que habitan las aguas de nuestro país fueron traídas de América del norte a principios del siglo XX con fines deportivos. Con el tiempo, esas especies se volvieron problemáticas para los ecosistemas naturales de nuestro territorio porque tienen una gran capacidad de dispersión y son muy voraces. Las truchas modificaron profundamente las redes alimentarias de lagos, ríos y arroyos y propiciaron la desaparición de especies nativas por depredación o competencia por consumo. En nuestro país, la presencia de truchas afectó de forma negativa a la población de percas, un pez autóctono que, en muchas zonas, prácticamente se ha extinguido, ya que su nicho ecológico es muy similar al de la especie introducida.



► La existencia de la perca (A) se ve amenazada por la introducción de la trucha arco iris (B) en los lagos y ríos de la Patagonia argentina.



## Ecología y evolución

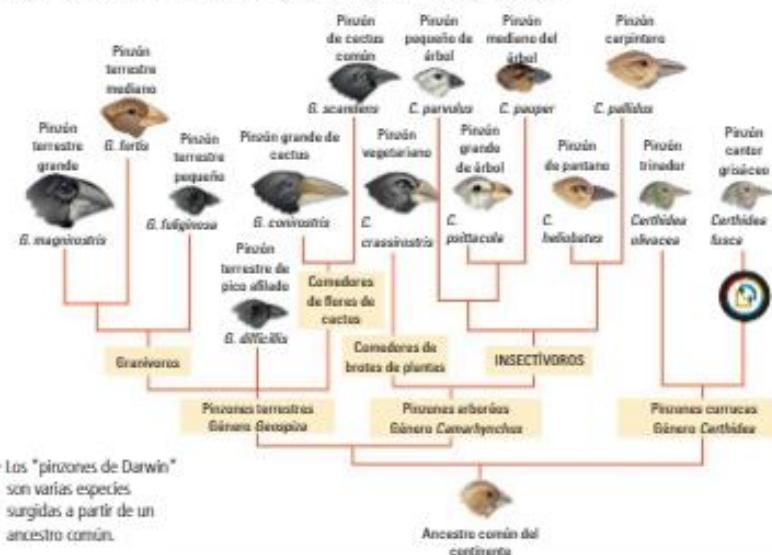
El genetista ruso-estadounidense Theodosius Dobzhansky (1900-1975) sostuvo que "nada tiene sentido en biología si no es a la luz de la evolución".

En este capítulo, se hizo referencia repetidamente a conceptos tales como adaptación, competencia, simbiosis, etcétera. Todos adquieren sentido si se sustentan dentro del marco teórico de la teoría de la evolución por selección natural que postularon Darwin y Wallace.

¿Cómo ocurre la adaptación de los seres vivos a las condiciones que les impone el ambiente biótico y abiótico en los ecosistemas?

Las primeras respuestas a esta pregunta se publicaron en 1859 en el libro *El origen de las especies*, del naturalista inglés Charles Darwin.

Sus observaciones sobre unos pequeños pájaros en el archipiélago de Galápagos (Ecuador) le sugirieron la idea de que, en una población, los individuos no son todos iguales, sino que muestran variaciones en sus características. Frente a un



- ▶ Los "piruletas de Darwin" son varias especies surgidas a partir de un ancestro común.

## ACTIVIDADES

- ¿En qué sentido podría interpretarse el fenómeno de especiación de los pinzones de las Galápagos como un caso de desplazamiento de nicho ecológico?

cambio en el ambiente físico o biológico, algunas características resultan más adecuadas que otras para la supervivencia. El ambiente puede así ejercer una presión sobre la población y dar mayores ventajas a los portadores de dichas características de forma tal que puedan alimentarse mejor, reproducirse más, etcétera. Darwin notó que la forma de la cabeza y los picos de los pinzones estaban adaptados a diferentes hábitos alimentarios y que diferentes poblaciones con distintos aspectos se distribuían en diferentes islas del archipiélago.

Interpretó que, en la población ancestral de pinzones, se estableció una fuerte competencia por el alimento y el territorio. La dispersión poblacional en diferentes islas y en sectores de cada isla redujo el nivel de competencia. Cada isla, a su vez, tiene distintos recursos alimenticios, de forma tal que se fueron seleccionando las características más aptas para cada uno de ellos. La combinación entre la dispersión poblacional y la diversidad de recursos alimentarios generó las condiciones para que evolucionaran hacia especies diferentes.

Revista Brasileira de Biometria

## Adaptaciones a los componentes abióticos del ecosistema

Los seres vivos, producto de la evolución, presentan diversas adaptaciones a las condiciones del medio físico. Factores tan importantes como la humedad, la temperatura, la luz, la salinidad o el pH condicionan la vida de los organismos. A través de diferentes respuestas fisiológicas o etológicas (del comportamiento), los seres vivos mantienen estable o adecuan su medio interno a las condiciones del ambiente abiótico.

### Adaptaciones a la temperatura

Los organismos pueden clasificarse en dos grandes grupos respecto al modo en que regulan su temperatura corporal: ectotermos y endotermos.

Dentro de estos mismos grupos, existen diferencias en las respuestas a la temperatura o a sus fluctuaciones en los ambientes donde viven.

En los polos y zonas cercanas, la temperatura del mar llega a los  $-1,8^{\circ}\text{C}$ , ya que el agua con solutos permanece líquida a temperaturas bajo cero. Los peces, teóricamente, se congelarían a  $-0,8^{\circ}\text{C}$ , debido a que, a esta temperatura, su metabolismo se detendría. Sin embargo, existen peces que viven en este ambiente. Los peces del ártico y el antártico acumulan en la sangre diferentes solutos con propiedades anticongelantes.

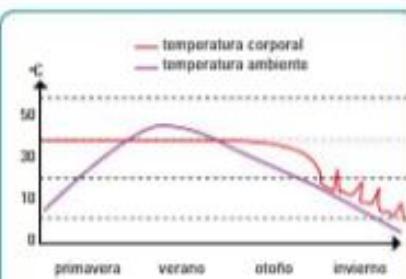


► "Pez-hielo" (*Chimaera aceratus*), de los mares antárticos.



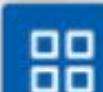
- ▶ Aguas termales en el Parque Nacional Yellowstone, de Estados Unidos. Los colores son el resultado de la presencia de bacterias termófilas clementadas.

En muchos mamíferos, la respuesta a las bajas temperaturas es la hibernación. En invierno, algunas especies de ardillas, por ejemplo, se refugian y su temperatura corporal baja varios grados, lo que reduce el metabolismo a niveles mínimos. Entran en un estado de sueño denominado letargo y se despiertan cada tanto para comer lo que acumulan en sus madrigueras.



Variación de la temperatura corporal de una variedad de ardilla en diferentes épocas del año. Las oscilaciones de la temperatura durante la hibernación desde el principio del invierno corresponden a los cortos períodos en los que se despierta para alimentarse.

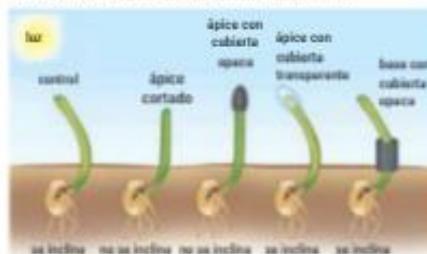
La migración es otra estrategia que a muchos animales les permite eludir las épocas invernales mediante el traslado de un lugar a otro –en muchos casos del hemisferio norte al sur, y viceversa. En la Argentina, es común ver al inicio de la primavera y hasta el final del verano la llegada de diversas especies de golondrinas que provienen del hemisferio norte, principalmente, de Estados Unidos.



### Adaptaciones a la luminosidad

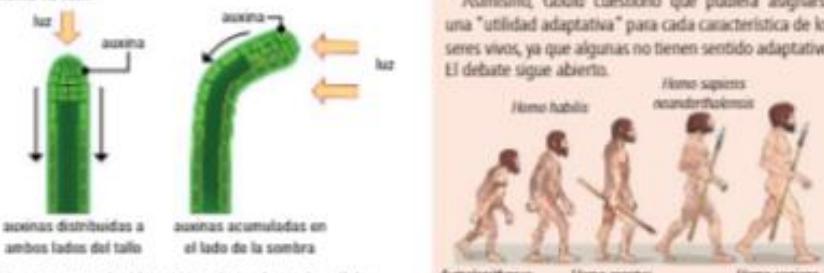
Las plantas son muy sensibles a la cantidad de luz que reciben debido a que esta es fundamental para producir su alimento. Evolutivamente, adquirieron la capacidad de detectar la fuente de luz y desarrollarse hacia el lugar donde reciben la máxima luminosidad. Este fenómeno fue descubierto en 1880 por C. Darwin y su hijo Francis, y lo llamaron fototropismo.

Realizaron una experiencia que consistió en poner a germinar grupos de semillas de trigo y de cebada y exponerlas a la luz en diferentes condiciones, y obtuvieron estos resultados.



► Esquema de los resultados del experimento de Charles y Francis Darwin.

Según se pudo determinar muchos años después, este efecto era causado por unas hormonas a las que se denominó auxinas. La auxina producida por la planta se concentra en el lado menos iluminado del ápice y estimula el alargamiento de las células de ese sector, y produce el curvamiento hacia la luz.



► Las auxinas actúan de manera tal que alargan las células orientadas en la zona más alejada de la luz y producen la inclinación del tallo.

Más adelante, se descubrieron otras acciones de las auxinas en el desarrollo de raíces, tallos y brotes laterales.

Otras adaptaciones a la intensidad de la luz se denominan fotoperiodicidad. En algunas plantas, el momento de floración depende de la duración del día. Algunas requieren de un mínimo de tiempo iluminadas; otras florecerán cuando la duración del día sea más corta.

### ADAPTACIÓN Y PROGRESO EVOLUTIVO

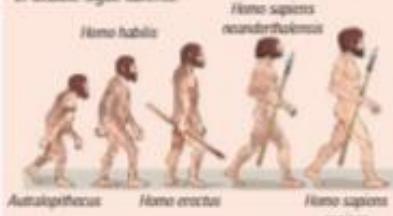
La adaptación de los seres vivos a los ambientes donde viven fue advertida por los filósofos y naturalistas desde hace miles de años. El filósofo griego Aristóteles (384-322 a. de C.) sostuvo que las adaptaciones eran una evidencia de que la naturaleza tenía de lo imperfecto a lo perfecto en función de una causa final o propósito (telos, en griego).

La teoría de la evolución fue heredera de esta concepción de progreso biológico. La historia de la vida en la tierra se pensaba como una escalera que iba de los seres inferiores a los superiores, y el ser humano en el topo de la escala.

En la década de 1970, estas ideas comenzaron a ser cuestionadas. Uno de los críticos más reconocidos fue el biólogo y divulgador científico estadounidense Stephen J. Gould (1941-2002), quien relevó muchos casos que, en su opinión, contradecían esa noción de progreso. Por ejemplo, en los parásitos.

Debido a que los huéspedes solucionan muchas necesidades fisiológicas de los parásitos, la coevolución produce procesos regresivos en ellos. En general, en el curso de la evolución, se simplifica la estructura corporal del parásito en lugar de hacerse más compleja. Los órganos locomotores y sensoriales se reducen, el sistema nervioso se simplifica, se pierden estructuras digestivas al especializarse en absorber los nutrientes a través del tegumento.

Además, Gould cuestionó que pudiera agravarse una "utilidad adaptativa" para cada característica de los seres vivos, ya que algunas no tienen sentido adaptativo. El debate sigue abierto.



Esta imagen popular del progreso evolutivo está actualmente muy cuestionada. El hombre moderno y el de Neandertal coexistieron durante 40.000 años, y no como se muestra aquí. Del mismo modo, es objeto de cuestionamiento el hecho de que siempre se representan personas del género masculino en la "escala" evolutiva.

### Coevolución

El 1862, Darwin describió la flor de una especie de orquídea de Madagascar, llamada *Angraecum sesquipedale*, cuya fuente de néctar se ubica al final de un conducto llamado espolón de unos 30 cm de largo. Darwin, sin necesidad de evidencia física, aseguró que debía existir en el mismo ecosistema un animal con un aparato bucal de esa longitud, capaz de llegar al néctar y contribuir a la polinización de la planta. En 1867, su colega Alfred Russell Wallace apoyó la hipótesis de Darwin al mencionar una polilla africana que posee una probóscide casi tan larga como la orquídea de Madagascar.

Varios años más tarde, fue descubierta una subespecie de la polilla africana, en Madagascar, y se la llamó *Xanthopan morgani praedicta*. Recién en el siglo XXI, pudo ser fotografiada mientras libaba el néctar de *A. sesquipedale*.



► Polilla presente en el mismo ambiente que la orquídea: *Xanthopan morgani praedicta*. Fue nombrada en honor a la predicción de Darwin.

La hipótesis de Darwin se basaba en un concepto que, en la actualidad, conocemos como coevolución, y es el mecanismo por el cual dos especies han evolucionado en paralelo, de tal manera que una especie desarrolló ciertas adaptaciones como respuesta evolutiva frente a la existencia de la otra.

Hacia 1964, los investigadores estadounidenses Paul R. Ehrlich (zoológico) y Peter Raven (botánico) se dieron cuenta de que ciertas plantas habían adquirido en el curso de la evolución la propiedad de sintetizar sustancias venenosas, propiedad que evitaba que fueran consumidas por los herbívoros. A su vez, las larvas de las mariposas monarca habían desarrollado la capacidad de tolerar dichos venenos y incorporarlos en su organismo. De esta forma,

ellas mismas se volvían tóxicas y evitaban ser presa de los pájaros.

Sobre la base de estas investigaciones, Ehrlich y Raven llamaron coevolución al fenómeno por el cual una característica de una especie (la tolerancia al tóxico en las mariposas) ha evolucionado como respuesta a la de otra especie (la planta tóxica). Se han investigado muchísimos ejemplos de coevolución, prácticamente en todas las relaciones interespecíficas. Muchos se dan entre plantas y sus polinizadores. La especificidad de muchos parásitos para con el huésped, también, se interpreta como producto de coevolución.

Se considera que dos especies coevolucionaron si se cumplen estas condiciones:

- las dos especies muestran una variación en unos caracteres determinados que influyen en cómo se desarrolla la interacción entre ellas;
- esos caracteres están genéticamente determinados y, por lo tanto, son heredables;
- la interacción entre las dos especies es reciproca y muy específica;
- se produce en forma paralela en el tiempo durante la evolución de ambas especies.



► Como en *Xanthopan morgani praedicta*, la boca y la lengua del murciélagos trompudo de México (*Cheronectes mexicanus*) están adaptadas para llegar al néctar de la flor del águila.

### ENDOSIMBIOISIS Y COEVOLUCIÓN

La teoría endosimbiótica de Lynn Margulis, mencionada en el Capítulo 5, según la cual las mitocondrias y los cloroplastos fueron alguna vez procariotas de vida independiente que "infectaron" otras células y luego evolucionaron conjuntamente con ellas y dieron lugar a las células eucariotas actuales, describe una forma especial de coevolución.

## Propuesta de actividades

1. Las poblaciones cambian su tamaño en función de diversos eventos. En el gráfico, los círculos representan el tamaño de una población que cambia según el evento que se indica en los recuadros. Complete los recuadros y las flechas con el tipo de evento que aumenta o disminuye el tamaño poblacional según corresponda. Se completa una parte del gráfico como muestra.

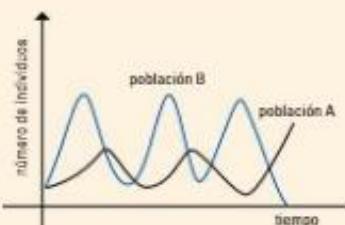


2. En una población de ratones, se investigó la dinámica poblacional, para eso, se tomaron las siguientes mediciones:

Año 1	Año 2	
	Evento	Cantidad
Total de la población:	Nacimientos	27
	Muertes	11
47 individuos	Emigración	6
	Inmigración	7

- a. Calculen la tasa de crecimiento poblacional (TC).

3. El gráfico muestra la fluctuación de los tamaños poblacionales de dos poblaciones en un ecosistema, se ve cómo una población se perjudica y la otra se beneficia.

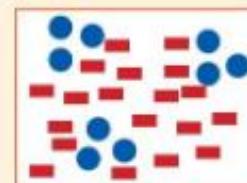


- a. ¿Qué tipo de relación podría existir entre ambas poblaciones? Justifiquen.  
 b. ¿Cuál de las poblaciones se ve perjudicada y cuál beneficiada en esa relación?  
 c. ¿A qué podría deberse que la población A adquiera su máximo tamaño poblacional en

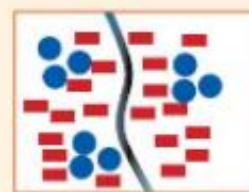
el punto en el que disminuye la de la población B? Justifiquen.

- d. Atendiendo a lo que ocurre en el final de la curva que representa la población B, dibujen en el gráfico ¿cómo piensan que continuaría la curva de la población A?  
 e. Pensando en un ejemplo concreto, hipoteticen sobre las posibles causas que provoca el descenso abrupto del tamaño poblacional de B. Escriban un breve texto en el que fundamenten su hipótesis.

4. En el esquema, se observa la distribución de dos poblaciones de animales en un ecosistema, donde la población azul es predadora y la roja, presa.



- a. ¿Qué tipo de dispersión tiene la población predadora? ¿Y la población presa?  
 b. ¿Qué justificación encuentran para que se hayan representado más presas que predadores?  
 c. En ese territorio, se decide construir un camino para unir dos pueblos que estaban aislados. La población presa no tiene la capacidad de atravesar los caminos. La nueva situación es esta:



- d. ¿Qué consecuencias tendría la construcción del camino para la población predadora en relación con la competencia intraespecífica y la disponibilidad de alimento?  
 e. Pensando en dichas consecuencias, cómo se puede prever que se alterarían los tamaños poblacionales de ambas poblaciones.

5. Unan con las flechas restantes y, en los cuadros vacíos, completen los textos con el tipo de relación entre poblaciones diferentes y el criterio de beneficio/perjuicio según corresponda.

Armas poblaciones se benefician

Armas poblaciones se perjudican

Simbiosis  
Parasitismo  
Comensalismo

Depredación

6. Observen las fotos y completen los carteles con el nombre de la relación interespecífica que representan:

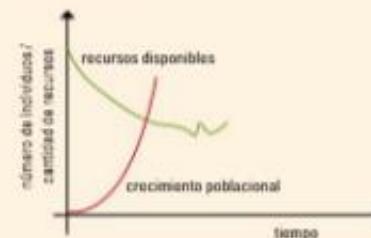


- a. la especie 2? Justifiquen.  
 b. ¿Para qué factor abiótico se está estudiando esta característica de las especies?  
 d. ¿Cuál sería el resultado de una inundación prolongada de las barrancas respecto de la abundancia de la población 1 y de la 2? Justifiquen.  
 e. ¿Cuáles serían las consecuencias frente a una sequía prolongada en este terreno respecto de la abundancia de las especies en estudio? Justifiquen.

8. Completen la siguiente tabla. En ella se presentan diferentes tipos de competencia intraespecífica y sus características.

Tipo de competencia	Características	Ejemplos
Por competición.		El zorro y el puma se alimentan de leones.
		Anémonas de diferentes especies sobre la misma roca.
		Árboles de menor porte quedan a la sombra de los árboles más altos.
		Los hongos del género <i>Penicillium</i> sp segregan el antibiótico penicilina que impide que proliferen otros microorganismos.

9. Observen con atención el gráfico y respondan las consignas.

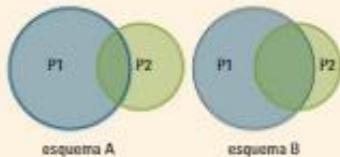


7. En una zona de la provincia de la Buenos Aires, se está realizando un trabajo destinado a conocer la distribución de dos especies vegetales. Para eso, se hace un esquema de la distribución de las plantas en función de las características del terreno, que presenta zonas altas y zonas bajas.



- a. ¿Cómo se denominan las especies según su nivel de tolerancia a un factor abiótico?  
 b. ¿Cuál es la denominación de la especie más tolerante? En el esquema, ¿es la especie 1 o

10. En los esquemas, se representan los nichos ecológicos de dos poblaciones (P1 y P2) de un ecosistema donde cada círculo es el nicho de cada población. Además, el tamaño de los círculos es representativo de los tamaños poblacionales:



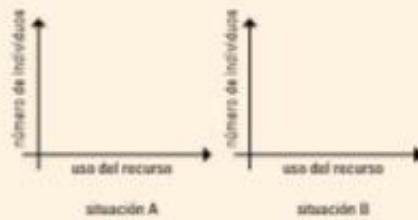
La barra roja corresponde a la población estratega del         
La barra azul corresponde a la población estratega del       

12. En una feria escolar, se desarrolló una experiencia con la intención de probar la adaptación de los vegetales a un factor determinado. Observen el esquema y resuelvan las consignas.



© Editorial Gedea S.A. - Producción de Textos. Ley 17.760

- a. ¿En cuál de las dos situaciones se establecerá una mayor competencia? Justifiquen.  
b. Representen ambas situaciones en estos gráficos de coordenadas.



- c. ¿Qué ocurriría si hubiese una superposición total de los nichos ecológicos de las poblaciones? Justifiquen.  
11. En función de la cantidad de individuos que producen y la duración de la vida, las especies se pueden clasificar sobre la base de dos estrategias reproductivas diferentes.

- a. ¿Qué nombre reciben estas estrategias?  
b. ¿Qué características tienen las especies con estrategias de uno u otro tipo?  
c. Observen el gráfico y completen las frases, justifiquen las respuestas.



© Editorial Gedea S.A. - Producción de Textos. Ley 17.760

- a. Redacten un texto breve que dé cuenta de qué tipo de adaptación se estaba investigando.  
b. ¿Qué le falta a la caja para que la experiencia funcione como estaba previsto?  
c. ¿Qué habría que introducir como parte de la experiencia para asegurarse de que el tallo de la planta no haría el mismo recorrido si la germinación ocurriera fuera de la caja?  
d. Realicen la actividad con un dispositivo similar, añadan las mejoras que consideren convenientes en el diseño experimental. Para realizarla, pueden utilizar semillas de porotos, garbanzos u otra dicotiledónea.

### La enfermedad de Chagas-Mazza y su prevención

El Chagas es una enfermedad producida por un agente infeccioso: el protozoo *Trypanosoma cruzi*. Este protozoo ingresa en el organismo de humanos y otros mamíferos a través de un insecto que es su vector de transmisión: la vinchuca (*Triatoma sp.*). Un vector es un organismo que porta o lleva un microorganismo transmisor de alguna enfermedad hasta su huésped.

Existen cuatro especies de vinchucas capaces de transmitir el tripanosoma y presentan diversas distribuciones geográficas en el continente americano. La vinchuca vive en zonas de escasos recursos económicos, donde las viviendas son rudimentarias, con paredes y techos de adobe surcados por grietas en las que este insecto puede esconderse durante el día, ya que es activo durante la noche. Por tanto, la enfermedad de Chagas se encuentra intimamente ligada a la pobreza y tiene mayor incidencia en ambientes rurales, donde mamíferos domésticos y salvajes (roedores, monos, armadillos, y otros), también, pueden ser picados por vinchucas infectadas y actuar como reservorios. Esta enfermedad afecta hoy en día a unos 18 millones de personas.

La vinchuca se alimenta exclusivamente de sangre y alberga en su tubo digestivo al parásito *T. cruzi*. Cuando pica a un mamífero para alimentarse de su sangre, deposita al mismo tiempo sus heces con el parásito sobre la piel de la víctima, que ingresa al torrente sanguíneo por la lesión producida por propia picadura del insecto u otra lastimadura. La enfermedad en humanos tiene una fase aguda y otra crónica que puede aparecer luego de varios años. En la fase aguda, se pueden presentar diversos síntomas, pero en la mayoría de los casos, son muy leves y pasan inadvertidos. En la fase crónica, se afectan importantes órganos internos que comienzan a fallar, sobre todo, el corazón. De manera que la clave para el control de esta endemia es la prevención mediante el control del vector, que básicamente consiste en la erradicación de las viviendas rudimentarias y la fumigación.

La erradicación de esta enfermedad es una gran deuda pendiente en un nuestro país y en la región que interpela directamente la responsabilidad sanitaria de los gobiernos; así como la utilidad de la ciencia argentina para la resolución de problemas de relevancia social.



► Las vinchucas suelen vivir y anidar en casas de adobe y paja.

Adaptado de: <https://ohu.educ.ar/dinamico/UnidadHtml...pt...995b7c31-c843-11e0-811c-c7f760fda940/aneox2.htm>  
Autoras: Dra. Erica Carrizo y Alicia Massarini.

- A partir de la lectura del texto, resuelvan las siguientes consignas.
  - ¿Qué tipo de relación interespecífica se establece entre la vinchuca y los seres humanos? ¿Y entre el tripanosoma y los seres humanos?
  - ¿Cuáles son los efectos de la presencia de *Trypanosoma cruzi* sobre la salud humana?
  - Redacten un texto con su opinión sobre la afirmación con que finaliza el texto en la que dice que la enfermedad es una deuda de los gobiernos y una prueba de la utilidad de la ciencia argentina.
  - La Organización Mundial de la Salud, entre otras medidas preventivas, recomienda analizar la sangre de los donantes para prever que no sean portadores de enfermedades infecciosas como el vir, la sifilis, la hepatitis y otras. ¿Pensán que sería necesario también analizar la sangre para saber si es capaz de transmitir *T. cruzi*? ¿Sería necesario tomar la misma precaución para la donación de órganos? ¿Por qué esta medida sería más necesaria en América latina que en otras regiones? Justifiquen sus respuestas.



## El cambio en los ecosistemas



La estabilidad de los ecosistemas es relativa, pues experimentan disturbios que los modifican en mayor o menor medida. Estas modificaciones conducen a la formación de nuevos ecosistemas. Los ecosistemas han evolucionado a lo largo de la historia del planeta, pero también, suceden cambios más rápidos que los del tiempo geológico: las sucesiones y regresiones ecológicas. Durante los cambios, la comunidad establecida se modifica y dota al ecosistema de una nueva estructura y función.

### Los ecosistemas en el tiempo

La Tierra es un planeta inestable en el que se producen diversos cambios. Algunos pueden ser continuos y lentos y otros más rápidos. Incluso súbitos. La evolución de la biosfera, por ello, es el producto de cambios globales e imperceptibles a lo largo de las eras geológicas.



Esquema hipotético del aspecto de los continentes a lo largo de la historia geológica. Hace 250 millones de años, existió un supercontinente llamado Pangea que se fue fraccionando. Las mediciones con sistemas de Sistema de Posicionamiento Global (GPS, por su sigla en inglés) han determinado que, en la actualidad, el continente sudamericano se separa del africano unos 3 cm por año. Estas modificaciones, a largo plazo, producen cambios geológicos y climáticos profundos que resultan en cambios evolutivos con la extinción de algunas especies y el surgimiento de nuevas, lo que determina la evolución de los ecosistemas.

### LA SELVA TROPICAL PATAGÓNICA

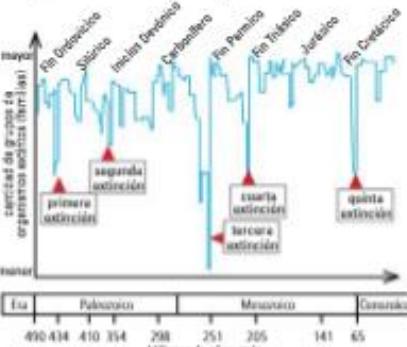
Existen evidencias que permiten sostener que, 125 millones de años antes del presente (AP), la actual región patagónica presentaba un clima tropical o subtropical. Eran tierras planas y con abundantes aguas superficiales. La vegetación dominante estaba formada por helechos gigantes, coníferas (como araucarias primitivas, parecidas a las que aún subsisten en algunas zonas cercanas a la cordillera) y palmeras. Entre los animales que

existían entonces, dominaban diferentes poblaciones de dinosaurios y gigantescos reptiles voladores y acuáticos. La cordillera de los Andes aún no existía; surgió varios millones de años después y elevó parte de lo que se supone era un mar interior. En la actualidad, los ecosistemas patagónicos corresponden a climas fríos y suelos semiáridos con especies vegetales y animales adaptadas a esas condiciones.



### Las grandes extinciones de seres vivos

A través del análisis de la cantidad y tipo de fósiles, las investigaciones paleontológicas identificaron cinco extinciones masivas de organismos a lo largo de la historia de la vida en la Tierra. Aunque las causas y la cantidad de organismos extintos son objeto de debate, el registro fósil permite considerar como válidas las estimaciones que se muestran en el gráfico.



► Períodos en los que ocurrieron las cinco extinciones masivas de organismos. El período entre el final del Pérmico e inicio del Triásico corresponde a la mayor extinción detectada.

Se calcula que, desde la primera gran extinción, hace más de 400 millones de años, hasta el presente, desaparecieron, al menos, entre el 50% y el 60% de las especies que existieron. Solo en



► Fósiles de "lirios de mar", grupo de organismos acuáticos extinguidos a finales del período Pérmico e inicios del Triásico.

el período que corresponde al final del Pérmico, la pérdida de biodiversidad terrestre se estima entre un 90% y un 95%; y en un 70%, la marina. Hay indicios de que la mayor extinción de especies conocida está asociada a la formación de la Pangea, lo que habría producido un gran incremento en la actividad volcánica, acompañado de terremotos, formación de cadenas montañosas y cambios en el nivel oceánico.

La extinción masiva mejor estudiada es la del fin del período Cretácico, 65 millones de años atrás, cuando se calcula que desapareció el 70% de las especies. Entre ellas, los dinosaurios y otros grandes reptiles marinos y voladores. La teoría más aceptada para explicarla es el impacto de un asteroide de grandes dimensiones contra la Tierra en Chicxulub, actual península de Yucatán, México. Este objeto dejó un cráter de 200 km de diámetro y levantó una columna de cenizas y polvo que podría haber cubierto toda la Tierra y haberla sumido en la oscuridad. Esto, quizás, pudo provocar la extinción de gran parte de los extensos bosques y selvas cretácicas. Los terremotos, tsunamis y erupciones volcánicas que siguieron como consecuencia del impacto contribuyeron a producir cambios globales en las condiciones abióticas del planeta.

Hoy, existe un intenso debate del que participan diversas ONG y algunos ámbitos académicos sobre si está en curso una sexta extinción. Esta vez, debida a las actividades humanas (antropogénicas), que transforman profundamente los ecosistemas naturales con la consecuente pérdida de biodiversidad.

### ACTIVIDADES

► En el texto, se dice que, en el Cretácico, el choque de un asteroide "levantó una enorme columna de cenizas y polvo que podría haber cubierto toda la Tierra y haberla sumido en la oscuridad. Esto, quizás, pudo haber provocado la extinción de gran parte de la vegetación".

► ¿Cómo se podría explicar la extinción de los dinosaurios y otros grandes reptiles por la desaparición de los bosques y selvas de la época? Justifica tu respuesta.

## Sucesión ecológica

Se denomina sucesión ecológica a los cambios que se producen en los ecosistemas en períodos de tiempo relativamente cortos y que van desde el suelo carente de seres vivos (desnudo) o débilmente poblado hasta el establecimiento de una comunidad definitiva. Estos cambios se dan a través de la colonización del territorio por los organismos y por la substitución gradual de unas poblaciones por otras.

Según la teoría clásica, en un principio, las sucesiones ecológicas fueron definidas como una serie de etapas en las que ocurren cambios temporales y direccionalmente en la estructura de una comunidad.

Uno de los principales aportes para explicar las sucesiones ecológicas fueron las investigaciones en poblaciones vegetales del ecólogo estadounidense Frederick Clements (1874-1945).



► Frederick Clements, realizando sus observaciones.

Las sucesiones se estudian en ecosistemas que sufren o son producto de fenómenos naturales intensos, denominados disturbios. Son ejemplos de disturbios la erupción de un volcán que cubre de lava una región y destruye todos los organismos que viven allí o el surgimiento de una isla volcánica en el océano.

Este tipo de sucesión, que ocurre luego de un disturbio, recibe el nombre de sucesión primaria. En este caso, los primeros organismos que se establecen (colonizan) provienen de otros ecosistemas.

Se denomina sucesión secundaria a la que sobreviene cuando, después de una alteración, quedan vestigios de seres vivos (semillas, detritívoros y descomponedores, algunos animales) que reiniciarán el proceso. Tal es el caso de incendios o de zonas de cultivo abandonadas.

Tanto la sucesión primaria como la secundaria son procesos que para Clements comparten

tres rasgos:

- el desarrollo de la comunidad se da en etapas denominadas seriales y está orientado hacia una última etapa predecible denominada clímax.
- el medio físico (clima, tipo de suelo, hidrología) condiciona el tipo y la velocidad del cambio, pero la dirección de la sucesión está controlada por la comunidad que va modificando paulatinamente el medio físico.
- culmina en un ecosistema estabilizado donde se llega a la máxima cantidad de biomasa y a la mayor complejidad posible de la red trófica que depende de las características abióticas de la región.



► Esquema realizado por F. Clements (1916) para el libro *Sucesión de plantas*. En él, el botánico explica la sucesión vegetal en un bosque previamente talado (succesión secundaria).

### NACE UNA ISLA

En 1927, en el archipiélago de Krakatoa (Indonesia), una serie de erupciones volcánicas en el fondo oceánico hizo surgir una nueva isla, conocida como Anak Krakatoa. La isla fue creciendo en forma gradual y, actualmente, alcanza los 300 m. El estudio de la colonización de especies vegetales y animales en esa isla posibilita a los investigadores comprender cómo ocurren las sucesiones primarias. La última erupción ocurrió en 2018 y provocó un tsunami.



► Erupción del volcán de la isla Anak Krakatoa (el hijo de Krakatoa, en indonesio), en 2009.

### ACTIVIDADES

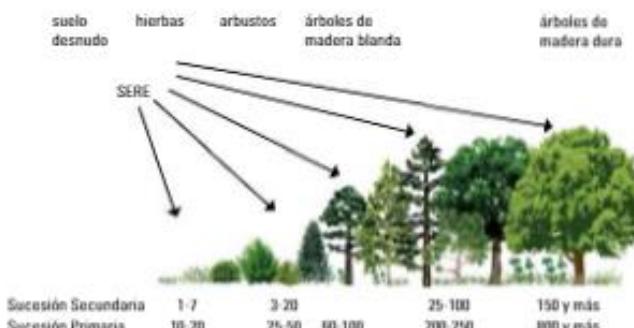
- Uno de los primeros estudios de una sucesión fue realizado por el ecólogo estadounidense Henry Cowles (1869-1939). Investigó la forma en que las plantas colonizaban la costa del lago de Michigan (Estados Unidos) luego de que unas dunas de arena cubrieron por completo la vegetación preexistente.

¿Ese estudio se refiere a una sucesión primaria o secundaria? Justifica tu respuesta.



## Etapas seriales y etapa clímax

La teoría clásica del desarrollo de los ecosistemas en diferentes regiones geográficas que comparten un clima similar predice que las sucesiones ecológicas serán muy parecidas. Es decir que las especies dominantes en cada etapa serial y en la etapa clímax, en esas regiones, tendrán pocas diferencias entre sí. Según esta teoría, además, el clímax terminará



► La diferencia entre la sucesión primaria y secundaria, según la teoría clásica, es el tiempo en que tarda en establecerse la comunidad clímax.

Las plantas que ocupan las primeras etapas seriales (seres) modifican el suelo paulatinamente y permiten que se abren nuevos nichos ecológicos que serán ocupados por otras especies. Estudios de principios del siglo XX muestran cómo se produce una transformación profunda sobre las dunas de un lago en Michigan, Estados Unidos. De un suelo seco y estéril de arena, a las primeras etapas seriales debido a la acción de los organismos: hierbas de vida corta, alta tasa de natalidad y gran dispersión (estrategas del r).

Los restos de materia orgánica que aportan las especies que colonizan el suelo en las primeras etapas lo transforman en un sustrato rico en humus y poblado de detritívoros y descomponedores. Estos suelos serán aptos para albergar árboles de madera blanda (álamos y cerezos) y finalmente, se establecerán árboles de madera dura (hayas y arces), de larga vida y baja tasa de natalidad (estrategas del K).

En el cuadro, se sintetizan algunas de las características de las primeras y últimas etapas de una sucesión ecológica.

La mayor parte de los estudios de las sucesiones se basan en poblaciones vegetales y su sustitución en

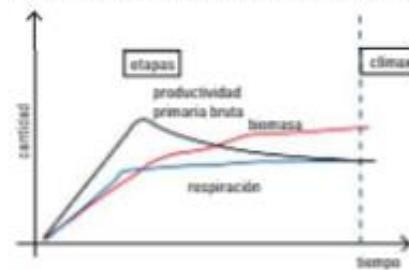
siendo el mismo, independientemente de si la sucesión haya sido primaria o secundaria.

En una sucesión secundaria, se llegará más rápidamente a la comunidad clímax que en una sucesión primaria, debido a que el suelo todavía conserva vestigios de los vegetales y descomponedores anteriores al disturbio y será más apto para ser colonizado por las nuevas especies.

	PIONERAS Colonizan el sustrato en la primera etapa de una sucesión	TARDÍAS Colonizan en etapas avanzadas, luego de la colonización de las pioneras.
Dispersión de semillas	Alta	Baja
Tolerancia a la luz	Alta	Baja
Resistencia competitiva	Baja	Alta
Estrategia	R	K
Tasa de fotosíntesis	Alta	Baja
Velocidad de crecimiento	Alta	Baja

## Cambios de biomasa y producción primaria en las sucesiones ecológicas

En el estudio de las sucesiones ecológicas se recurre también a la medición de los parámetros que permiten evaluar el flujo de energía en el ecosistema, ya estudiados en el Capítulo 10. Entre otros parámetros, las variaciones de productividad, biomasa y respiración en cada etapa de la sucesión permiten explicar los procesos que conducen a la estabilidad del ecosistema en el clímax. Estudios realizados sobre una sucesión cuya etapa clímax es un bosque muestran este resultado:



- En una sucesión durante las últimas etapas seales, se maximizan todos los parámetros que, al llegar al clímax, se estabilizan.
- En el cuadro, se muestran algunos de los cambios estructurales y funcionales que ocurren durante una sucesión ecológica.

Cambios	Parámetros	Etapas seales	Clímax
Estructurales	Cantidad de materia orgánica total	Baja	Alta
	Diversidad de poblaciones	Baja	Alta
	Nichos ecológicos	Anchos, poco especializados	Más estrechos, muy especializados
Funcionales	Cadenas biogeoquímicas	Más abiertas	Cerradas
	Productividad primaria bruta	Aumento rápido	Estable
Funcionales	Respiración	Aumento rápido Estabilización temprana Menor que la productividad bruta	Estable, iguala la productividad bruta
	Productividad primaria Neta	Alta	Baja
	Cadenas tróficas	Lineales, simples	Complejas, forman redes

## Modelos alternativos para explicar la sucesión ecológica

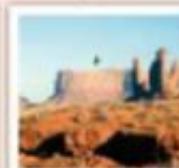
Hasta el momento, se analizó la sucesión como un fenómeno unidireccional y que finaliza con una etapa clímax determinada principalmente por el clima de la región. Esta teoría recibe el nombre de monoclimax y fue propuesta por Clements en 1916. Supone un ambiente homogéneo en el tiempo y en el espacio, que conduce a un solo resultado posible tanto en las etapas seales como en su último estadio. Luego surgieron teorías alternativas que son críticas de la idea que supone un solo camino para las sucesiones ecológicas y, en particular, para la etapa clímax. Se basan en la heterogeneidad de los componentes bióticos y abióticos que inciden en las interacciones dentro de las comunidades. Consideran que la dinámica de una sucesión es compleja y que adquiere un carácter local, particular y único que no permite predecir con exactitud sus características en función del clima.

### ¿SELVAS O DESIERTOS?

Según la teoría clásica, la homogeneidad en las condiciones climáticas de una región será determinante del tipo de bioma y de los ecosistemas que lo componen. Por ejemplo, a un clima tropical, caracterizado por altas temperaturas y humedad, le corresponderá una etapa clímax de gran diversidad biológica con varios estadios vegetales y una fauna diversa con complejas redes tróficas. Por el contrario, a un clima seco con gran amplitud térmica le corresponderá un clímax con baja diversidad biológica, vegetación de pocos estadios y redes tróficas simples. Las teorías alternativas cuestionan esta visión y la califican de simplista.



► Clímax selvático.



► Clímax desértico.

### ACTIVIDADES

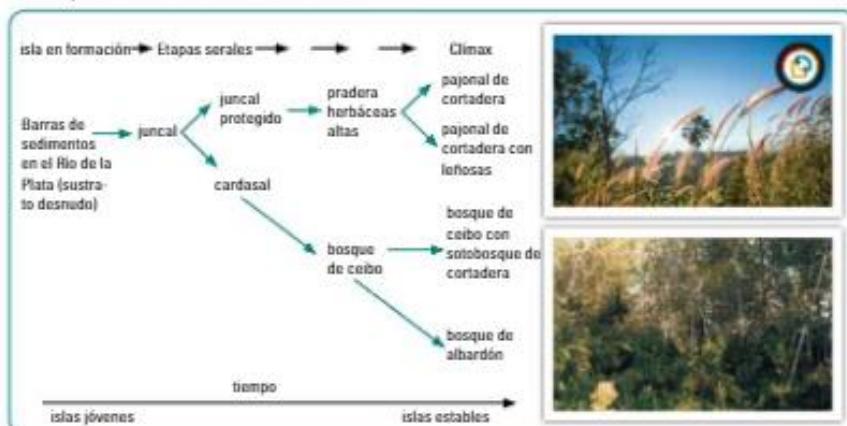
- Observen el gráfico y el cuadro. ¿En la etapa clímax, la eficiencia ecológica aumentará o disminuirá? Justifiquen la respuesta.

## Teorías de monoclimax y policlimax

La teoría llamada policlimax (Tansley, 1939) sostiene que, en una misma región, pueden coexistir varios clímax debido a que actúan otros factores determinantes. De acuerdo con la teoría de Arthur Tansley, es posible predecir las etapas y el clímax en una sucesión, como pensaba Clements, pero introduce la posibilidad de que surjan "mosaicos" clímaxicos.

La formación de nuevas islas en el delta inferior del río Paraná en la provincia de Buenos Aires permite estudiar sucesiones ecológicas primarias y el o los clímax resultantes. Los sedimen-

tos del río Bermejo (que nace en las montañas de Santa Victoria, Estado Plurinacional de Bolivia), volcados en el río Paraná como producto de la erosión de las montañas, se acumulan y forman nuevas islas. Gradualmente, las islas se van cubriendo de vegetación, y los juncos son las primeras plantas colonizadoras. A partir de esa primera etapa, puede ocurrir más de un tipo de sucesión según las características de los sedimentos, de la velocidad de las corrientes de agua y de la formación de zonas más o menos inundables. En el esquema, pueden observarse los resultados posibles de la sucesión.



### IMPACTOS DE LA ACTIVIDAD HUMANA EN EL DELTA DEL PARANÁ

El delta del río Paraná es uno de los más grandes del mundo y está declarado "reserva de la biosfera" (unesco, 2000). El bioma es selvático, resultado de la extensión de una parte de la selva subtropical hacia la zona pampeana templada. Diversas actividades económicas tradicionales desarrolladas por sus pobladores, como la caza, la extracción de madera y mimbre, la producción de fruta o la cría de ganado, transformaron mucho los ecosistemas isleños. Aunque estos poseen aún una gran biodiversidad, hay especies, como el gato montés, el ciervo de los pantanos y el carpincho, que son poco frecuentes; y algunas, en riesgo de extinción. El yacaré, el jaguaré, el aguará guazú y el puma han desaparecido del área desde principios del siglo xx, principalmente por la caza y el fraccionamiento y la reducción de los espacios naturales. Asimismo, desde hace algunos años, se vienen realizando grandes desarrollos inmobiliarios con intervenciones a gran escala (apertura de

caminos, desvío de cursos de agua, construcción de puentes, relleno de terrenos inundables) que modifican profundamente todo el ecosistema. Los especialistas alertan acerca de que estas actividades ponen en serio peligro las especies que todavía habitan las islas y los ríos de la zona.



► Embalsamiento de las casas en las islas del delta del Paraná. Los grandes proyectos inmobiliarios, la mayor afluencia de vehículos y el sobre poblamiento tienen un impacto ambiental que debe ser evaluado para asegurar un desarrollo sostenible.

## Modelos de facilitación, inhibición y tolerancia

Luego de la teoría del policlimax, surgieron otras que, también, pusieron en cuestión que todas las sucesiones ocurrían tal como lo propone la teoría clásica.

El botánico estadounidense Henry A. Gleason, en 1927, planteó que, además de los componentes abióticos, el medio biótico era determinante de la sustitución de especies en una sucesión ecológica. Propuso que, luego de un disturbio en el ecosistema, la llegada de semillas desde otros ecosistemas, la existencia de especies euroíacas o estenoíacas y la competencia interespecífica introducían factores azarosos, que conducían a distintos recorridos en el curso de la sucesión.

En los años setenta, los ecólogos australianos Joseph Connell y Ralph Slatyer retomaron estas ideas y elaboraron un modelo basado en tres mecanismos que pueden actuar simultáneamente o en diferentes momentos.

- Mecanismo de facilitación: las especies pioneras modifican el hábitat de modo que este se vuelve menos adecuado para ellas y más conveniente para las sucesoras.
- Mecanismo de inhibición: las especies pioneras no permiten el establecimiento de otras con las que compiten. La sustitución solo se produce cuando las primeras se extinguieron localmente por causas ajenas a las relaciones interespecíficas (cambio brusco de condiciones ambientales u otro disturbio en el ecosistema).



- Mecanismo de tolerancia: las especies de crecimiento rápido de las primeras etapas son menos tolerantes a los cambios en las condiciones ambientales que las de crecimiento lento que terminan excluyéndolas por competencia.

## Climax edáficos y climáticos

Como se dijo, las teorías del policlimax plantean que un bioma puede presentar más de una etapa climax debido a la heterogeneidad en las condiciones locales.

Con frecuencia, el tipo de sustrato es determinante de la posibilidad de que se establezcan determinadas comunidades en los ecosistemas. Y dentro de un mismo bioma, por diferentes causas, las características del suelo son heterogéneas. Como consecuencia, se han definido dos tipos de climax: el climático y el edáfico.

- El climax climático corresponde a la comunidad teórica hacia la que tiende una sucesión ecológica en una región determinada. Se realiza allí donde las condiciones físicas del sustrato (el suelo) permiten los efectos del clima regional dominante en el establecimiento de la comunidad.
- El climax edáfico está determinado por las condiciones locales del sustrato que limita el desarrollo del climax climático. En este caso, una sucesión finaliza en un climax que puede ser muy diferente del que prepondera en el entorno.



► La erosión producida por precipitaciones en zonas montañosas puede conducir al arrastre (lodo) del suelo fértil en las laderas. Las comunidades que se establecen en las zonas erosionadas serán diferentes a las del entorno debido a las características diferenciadas del suelo.

## Cambios cíclicos en la etapa climax

Cuando los cambios en una comunidad climaxica presentan una regularidad (se repiten estacionalmente), se denominan cambios cíclicos. Pueden ser de diversa magnitud, pero en ningún caso, los cambios cíclicos son considerados sucesiones ecológicas. Por ejemplo, en ecosistemas de regiones donde las condiciones del medio son, alternadamente, muy diferentes, los cambios pueden modificar mucho la estructura y las funciones del sistema.

Es el caso de algunos ecosistemas selváticos de la cuenca del río Amazonas donde se producen inundaciones anuales. Estas son tan pronunciadas que, durante varios meses, el suelo del bosque llega a cubrirse de un metro o más de agua. Estas zonas selváticas se llaman bosque de várzea y son ecosistemas únicos por el tipo de comunidades que allí se establecen. Durante los meses de inundación, la selva es ocupada por diversos animales acuáticos. Al pie de los árboles sumergidos, merodean delfines, rayas, tortugas acuáticas entre otras especies.

En el periodo seco, cuando el agua se retira de la selva, queda en el suelo una gran cantidad de sedimentos con minerales y materia orgánica como fertilizante, que permite un gran desarrollo de la vegetación. La vida de las poblaciones de estos ecosistemas está sincronizada con las fluctuaciones de los períodos húmedos y secos que los caracterizan.



► Un delfín de río del Amazonas, boto o delfín rosado (*Inia geoffrensis*) —actualmente en peligro de extinción—, nada sobre el suelo por el que otros animales caminaron durante la temporada seca.

## ACTIVIDADES

1. Explica cómo la productividad primaria de los bosques caducifolios desciende marcadamente durante el invierno.
2. Teniendo en cuenta la energía disponible, ¿por qué el descenso de la productividad primaria afecta la configuración de las redes tróficas?

## EL PIRARUCÚ, UN PEZ PULMONADO

Una especie endémica del Amazonas, pues solo habita en esa región que ingresa en la selva inundada, es el pez llamado pirarucú (*Arapaima gigas*). Puede medir hasta 3 metros y pesar 250 kilogramos. Tiene la particularidad de ser un pez con pulmones, que debe emerger para tomar oxígeno del aire. Coloca los huevos en el fango, y estos eclosan cuando se produce la inundación. Otra característica de este animal, que es poco común en otros peces, es que cuida a sus crías hasta que puedan valerse por sí mismas. Es considerado un "físico vivo", ya que su origen es del periodo Cretácico. En la actualidad, se encuentra en estado de vulnerabilidad porque es intensivamente capturado para su comercialización.



► Dos pirarucús nadando en la selva inundada.

Otros cambios cíclicos son menos espectaculares. Es el caso de los bosques caducifolios, donde los árboles pierden todas sus hojas durante el periodo invernal.

La elevada productividad primaria que ofrece el ecosistema durante el verano desciende marcadamente en invierno y se produce una reconfiguración de la red trófica. Estos ambientes, con frecuencia, están sometidos a inmigración y emigración de poblaciones (por ejemplo, de aves), sincronizadas con los períodos invernal y estival. Asimismo, en algunas zonas, parte de la fauna entra en estado de hibernación en el periodo frío y reduce su actividad metabólica.



► Aspecto del mismo bosque caducifolio en diferentes momentos del año.



## Regresión ecológica

Se denomina regresión ecológica a los cambios en la etapa clímax que conducen a una disminución abrupta en la organización y la complejidad de la comunidad.

La regresión es la destrucción irregular o al azar de algunos o de todos los elementos de la estructura de un ecosistema por la acción de un elemento perturbador. Puede ocurrir por causas naturales (como vulcanismo o inundaciones) o por causas antropogénicas (como deforestación o introducción de especies exóticas).

Mientras que las sucesiones ecológicas son lentas y continuas (etapas seriales), las regresiones constituyen cambios catastróficos. Por lo tanto, no pueden ser consideradas una "inversión" del proceso de sucesión.

Si la destrucción es muy localizada, cuando deje de actuar el agente perturbador, la sucesión



► La desertización es una regresión ecológica que puede producirse por la erosión del suelo. La tala es uno de los causantes principales de este proceso.

### INCENDIOS EN LA AMAZONÍA

En agosto de 2019, se detectaron 4.000 incendios en la Amazonía brasileña. Las Naciones Unidas informaron que "Si bien la sequía ha jugado un papel importante, a principios de la temporada seca de 2019 los datos son más consistentes con la quema controlada de tierras que con la sequía regional". Es común que pobladores queman pequeños sectores de selva para desbruzar el terreno y fertilizarlo con las cenizas resultantes para luego cultivar.

### ACTIVIDADES

► Para el ejemplo de erosión de zonas selváticas que figura en el texto, ¿considerás correcto decir que, como consecuencia de la erosión, la sucesión en la zona afectada se corresponderá con un climax edáfico? Justificá tu respuesta.

## Propuesta de actividades

1. En las laderas y en la cima del cerro Otto (Bariloche, provincia de Río Negro) pueden hallarse fósiles de organismos marinos de 20 a 30 millones de años de antigüedad. En su formación, el cerro pudo tener 1800 metros sobre el nivel del mar, pero los procesos de erosión lo fueron desgastando hasta los 1405 actuales. Teniendo en cuenta la edad de los fósiles, contesten las preguntas y justifiquen sus respuestas.

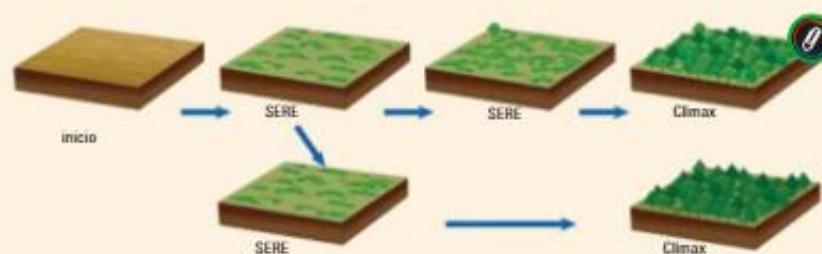
- a. ¿Cómo se explica que se puedan hallar fósiles de ecosistemas marinos en la cumbre del cerro?
- b. En función de cómo contestaron en a., la sucesión ecológica que ocurrió posteriormente ¿será una sucesión primaria o secundaria?
- c. ¿Se podría calificar de regresión ecológica al suceso que destruyó los ecosistemas?
- d. ¿Existían dinosaurios en los ambientes terrestres de esa época?



► En la formación del cerro Otto llamada "ventana", se encontraron fósiles como este de una especie de molusco marino bivalvo de 25 millones de años de antigüedad.

4. Observen el siguiente modelo representativo de una sucesión ecológica y redacten un texto que permita comprender el modelo representado y sus diferencias con otro/s modelo/s que explica/n las sucesiones ecológicas.

El texto debe contener estas palabras:  
 Modelo tradicional • Tansley • Monoclimax • Polyclimax • Clements • Modelo alternativo • Componentes bióticos • Componentes abióticos.



1. Foto tomada por el Dr. Damiano H. Zanotto. Bivalvo *Meristina* de la formación geológica "ventana" (Diligenico, 25 millones de años) hallado en la formación Ventana, San Carlos de Bariloche.



5. Un modelo alternativo para explicar las sucesiones ecológicas introduce elementos azarosos que inciden en las características de la etapa clímax (modelo no determinista). Este modelo se basa en tres mecanismos diferentes.

a. Completan la tabla con el nombre de los mecanismos faltantes y con los términos adecuados en las frases que definen cada uno.

MECANISMO	DEFINICIÓN
	Las _____ pioneras modifican el hábitat e inhiben su propio crecimiento y _____ la sustitución por otras.
	Las _____ no permiten que se establezcan otras.

Tolerancia

6. Redacten un breve texto que permita responder estas preguntas: ¿Qué es un modelo determinista? ¿Qué significa que los modelos alternativos para explicar las sucesiones ecológicas sean no deterministas?

7. Lean el siguiente texto y contesten las preguntas que se formulan a continuación.

**Momento 1:** un antiguo bosque de robles muy gruesos y altos proyecta una densa sombra que casi no deja crecer vegetación baja. Las ardillas suben a los árboles y, de vez en cuando, se ve un zorro que intenta atrapar alguna.

**Momento 2:** se produjo un incendio en el bosque de robles. Ahora, solo se ven cenizas y madera quemada. Ya no hay zorros, pájaros o ardillas, que antes abundaban.

**Momento 3:** primero, surgieron hierbas muy bajas de pequeñas y abundantes flores rojas que solo vivieron un año. Los colibríes se acercaron a ellas.

**Momento 4:** años después, crecieron rápidamente pastos, se distribuyeron y ocuparon todo el terreno. Cada tanto, pueden verse liebres y algún zorro que trata de cazarlas. Algunos pájaros de otras especies empiezan a acercarse. Las ardillas no han vuelto.

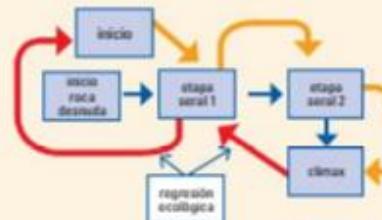
**Momento 5:** se pueden ver arbustos y, creciendo entre ellos, algunos pinos. Se ven tam-

bien unos pocos nogales y robles pequeños que todavía no dan frutos. Abundan los pájaros y las liebres. Algunas aves han anidado en los arbustos y entre sus raíces construyeron su refugio los cuises.

**Momento 6:** los robles dominan el terreno y forman un dosel denso que proyecta su sombra sobre la superficie. Pájaros, ardillas y algún que otro zorro vuelven a verse en el lugar. Se escuchan los golpes de los pájaros carpinteros sobre los troncos. En los árboles, abundan nidos de aves y refugios de ardillas. Se puede observar heras de liebre dispersas en todo el terreno. Han pasado 150 años.

- ¿Lo que se relata corresponde a una sucesión primaria o secundaria? Justifiquen la respuesta.
- ¿Cómo se denominó lo que ocurre en el momento 2 del relato?
- Elaboren un esquema que permita representar el proceso completo, unan cada etapa con flechas y escriban el nombre que corresponda a cada una.

8. Observen el esquema y resuelvan las consignas.



- ¿Qué crítica harían al modo en que se representa la regresión ecológica? Justifiquen la respuesta.
- Comiñen el esquema a partir de la respuesta que dieron en a.
- ¿Qué diferencia hay entre los procesos representados con flechas azules y con amarillas? ¿Cuál es el nombre de cada uno de estos procesos?
- Observen el esquema que muestra cuatro situaciones de un ecosistema lacustre en diferentes momentos y respondan las consignas.

- El esquema ¿corresponde a una sucesión ecológica, a una regresión ecológica o a un cambio cíclico del ecosistema? Justifiquen su propuesta.
- Basándose en la propuesta, reordenen las figuras y coloquen las flechas en el sentido que corresponda para graficar dicho proceso.
- Redacten un breve texto que describa la propuesta.



9. Las afirmaciones que siguen contienen errores. Reescribanlas correctamente.

- Todo cambio que se produce en un ecosistema constituye una sucesión ecológica.
- Cuando se destruye un ecosistema en la etapa clímax, se producirá una nueva sucesión ecológica primaria.
- La sucesión ecológica es probable que sea un proceso azaroso que puede culminar en un clímax o detenerse en un estado intermedio denominado etapa serial.

10. Lean el texto y luego resuelvan las consignas que están a continuación.

### Ecosistemas dependientes del fuego

El fuego suele ser considerado un evento catastrófico por el nivel de destrucción que produce en los ecosistemas afectados. Sin embargo, existen ecosistemas cuya estabilidad depende de incendios que se producen naturalmente, en general, como consecuencia de las tormentas eléctricas.

Un caso muy estudiado es el de los bosques de secuoyas gigantes en el Parque Nacional Yosemite, Estados Unidos. Durante muchos años, se evitaron los incendios naturales o artificiales para preservar el bosque. Sin embargo, se detectó que los árboles no producían nuevos árboles (renovales), ya que las semillas no germinaban. En la década de 1960, las investigaciones mostraron que era necesaria la acción del fuego para que las secuoyas pudieran prosperar. Las cenizas aportaban los minerales indispensables para que el suelo fuera dotado de la fertilidad adecuada (condiciones edáficas). Pero para germinar, las semillas, también, necesitaban luz solar directa y ausencia de hierbas y otras plantas que compitan.

El fuego, en estos ecosistemas, resaca y abre las pídas de los árboles, lo que produce una lluvia de semillas que cae sobre un suelo libre de hierbas. Cuando la nieve se derrite, el suelo húmedo y mineralizado permite la producción de los renovales de secuoyas.

A partir de este conocimiento, los guardaparques producen regularmente incendios intencionales y controlados para permitir la propagación del bosque. En nuestro país, los bosques de palmeras yatay (Entre Ríos, Corrientes y Misiones) o de araucarias patagónicas (pehuén) son ejemplos de poblaciones vegetales cuyo desarrollo, también, se ve beneficiado por la acción del fuego.

- ¿Se podría considerar que los incendios en esos ecosistemas producen regresiones? Si no fuera así, ¿en qué categoría de los cambios de los ecosistemas ubicarían estos eventos? Justifiquen sus respuestas.
- Elaboren un esquema que permita comprender la dinámica de este ecosistema según su respuesta en a.
- El sentido de la creación de los Parques Nacionales es, primariamente, preservar los ecosistemas y su biodiversidad y evitar o atenuar el impacto antrópico. ¿Qué razones habrá que justifiquen que los guardaparques intervengan y produzcan incendios de manera artificial? ¿Qué opinan ustedes sobre dicha intervención?



## Ecosistemas humanos. La producción agrícola



La especie humana utiliza y transforma la naturaleza. De esta forma, se han generado nuevos sistemas “artificiales” que dependen de los naturales, cuyos intercambios de materia y energía son, en parte, controlados por las personas. En este capítulo, se estudiarán los llamados ecosistemas humanos o ecosistemas subsidiados, en especial, un tipo particular: los agroecosistemas. Se analizará el impacto de estos sistemas biológicos en el ambiente natural.

### La actividad humana a través del tiempo

La historia de la vida humana en la Tierra puede reconstruirse basándose en dos tipos de datos: los biológicos, que son aportados por la paleontología al analizar restos fósiles humanos, y los culturales, que son obtenidos por disciplinas como la historia y la arqueología a partir del estudio de antiguas construcciones, artefactos y otras fuentes. Las personas que se especializan en arqueología e historia dan pistas acerca de las actividades que desarrollaron los seres humanos en diferentes épocas.

Una de las actividades que desde siempre ocupó un lugar preponderante en la vida de la especie humana es la de procurarse los recursos necesarios para la alimentación. Las fluctuaciones en el crecimiento de las poblaciones humanas a lo largo del tiempo dependen, en gran parte, de la dieta y de la salud (intimamente ligadas a la alimentación), ya que son dos de los factores que condicionan la supervivencia de los individuos y su reproducción.

En el último millón de años, la población humana ha experimentado un crecimiento que, en general, ha sido gradual, pero que se incrementó en tres períodos caracterizados por avances tecnológicos: la Revolución Agrícola, la Revolución Industrial y la Revolución Científico-tecnológica.

Los cambios en las actividades desarrolladas por los humanos provocaron, a su vez, cambios en las costumbres de las poblaciones, en las tareas cotidianas, en la división del trabajo, en el establecimiento de viviendas, y en la relación con el resto de los seres vivos y con el medio ambiente, en general. Tanto el crecimiento poblacional como los cambios en las pautas de consumo demandan elevar permanentemente los niveles de producción energética con efectos no deseados sobre el ambiente.



Fuente: Modificado de “Crecer o decrecer”, 2011. Pedro Pérez Printz

► Incremento del consumo de energía promedio por habitante a lo largo de la historia debido a “nuevas” demandas. Hoy por hoy, las fuentes principales de energía son los combustibles fósiles y la energía nuclear. Ambas impactan negativamente sobre el ambiente por la acumulación de contaminantes.

### Sociedades basadas en la caza y la recolección

La evidencia sugiere que la especie *Homo sapiens* ha vivido sobre la Tierra, tal como la conocemos, alrededor de 300.000 años. Hasta hace aproximadamente 10.000 años, los humanos subsistieron gracias a la caza y a la recolección.

Se dedicaron a estas actividades para alimentarse y para elaborar utensilios, ropa y abrigo. Los primeros pueblos cazadores-recolectores se organizaban en tribus. Eran nómadas, su hábitat cambiaba de acuerdo con los desplazamientos de las diferentes especies de animales que constituyan su sustento. A su vez, los humanos eran el alimento de los grandes depredadores, en particular, cuando las herramientas de ataque y defensa eran aún precarias.

La permanente mejora de las técnicas en la elaboración de armas y herramientas de piedra durante el Paleolítico superior (40.000 a 10.000 años AP) posibilitó que los seres humanos se convirtieran en cazadores cada vez más eficientes. Esto contribuyó con el aumento del tamaño poblacional y con la posibilidad de colonizar nuevos territorios.

En la mayoría de los casos, los varones y las mujeres compartían la toma de decisiones, el trabajo y los alimentos en la tribu. Eran sociedades basadas en la cooperación. Los varones cazaban y las mujeres hacían la mayor parte de la recolección.

De acuerdo con algunas investigaciones, hace alrededor de 13.000 años, las técnicas que empleaban el fuego como arma de caza tuvieron impacto



► Las poblaciones de mamuts eran parte del sustento de las poblaciones humanas. En esta ilustración, se reconstruye una hipotética escena de caza en la que se utiliza el fuego para asustar y empujar al mamut hacia un precipicio.

sobre el ambiente. Provocaron la extinción de varias especies, incluso de grandes herbívoros y carnívoros, y contribuyeron al empobrecimiento de los ecosistemas habitados por seres humanos.

Sin embargo, otros científicos atribuyen este suceso, fundamentalmente, a los grandes cambios climáticos de esa época, denominada Holoceno, cuyo comienzo está determinado por el último período glacial.

Los glaciares que habían cubierto gran parte del hemisferio norte del planeta comenzaron a retroceder hacia Groenlandia. El clima se volvió más cálido. Una de las consecuencias fue que hubo un cambio en la vegetación, y solo los individuos que se adaptaron a esas nuevas condiciones sobrevivieron. La agricultura habría surgido durante el Neolítico (el último período del Holoceno) como una actividad derivada de la necesidad de alimentar a una población humana cada vez más numerosa en un ambiente en el que se estaban extinguendo las especies que constituyan el sustento principal.

En la actualidad, algunos grupos de personas, ya sea por sostener prácticas ancestrales o por no acceder a otros recursos, siguen dependiendo de la caza de animales y de la recolección de frutos, raíces y tubérculos, y miel de abejas silvestres. Entre los más conocidos, se encuentran los pueblos originarios de Australia; los inuit, de Groenlandia, Canadá, Alaska y norte de Siberia; y los san, que habitan en el desierto de Kalahari, en el sur de África.



En la actualidad, muchas tribus, como los Kamayura, de la cuenca del río Amazonas, dependen de la caza y de la recolección. Su estilo de vida y su subsistencia se ven amenazadas por la tala y la quema del bosque tropical con fines agrícolas y ganaderos a gran escala.



### Sociedades agrícolas

Hace unos 10.000 años, en varias partes del planeta, empezó un cambio cultural conocido como Revolución Agrícola. Durante este proceso, los grupos nómadas cazadores-recolectores cambiaron sus hábitos y empezaron a formar pequeñas comunidades agrícolas establecidas en sitios determinados. Sobrevivían mediante la cría de animales y el cultivo de plantas silvestres cerca de las viviendas.

La agricultura y la domesticación de animales posibilitaron un mayor abastecimiento de alimentos a través de una actividad potencialmente más segura que la caza; la que permitía, también, el almacenamiento de excedentes de alimentos para épocas de escasez. Esto produjo un incremento de la densidad poblacional en las zonas cultivables.

En los casos en los que las actividades agrícolas no afectaron en forma drástica la fertilidad y la calidad del suelo, las personas pudieron permanecer en un solo lugar durante mucho tiempo y empezaron a construir viviendas fijas.

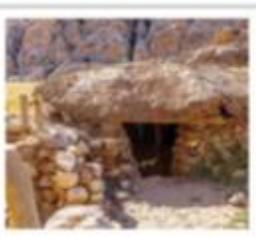
Además, el sedentarismo provino, en parte, por la dificultad que implicaba movilizar los animales domesticados y a raíz de la necesidad de cuidar los cultivos, realizar las cosechas, que tenían lugar meses después de la siembra, y ahuyentar a los competidores.

De esta forma, se empezaron a construir aldeas, pueblos y, posteriormente, ciudades. Las familias se

organizaron en pequeños grupos sociales; y mientras algunos integrantes se dedicaban a las tareas agrícolas, otros se especializaron en tareas como la artesanía textil y la alfarería (elaboración de vasijas y cuencos de arcilla), que tuvo gran influencia en los cambios tecnológicos posteriores.

Sin embargo, el aumento de la densidad poblacional, el uso intensivo del suelo y la deforestación (que causó un déficit de la leña que se utilizaba como combustible para cocinar y calentarse), produjeron sucesivas crisis que obligaron al desarrollo de nuevas técnicas agrícolas.

Hace aproximadamente 7.000 años, comenzó una nueva Revolución Agrícola, caracterizada por un perfeccionamiento de los métodos de la branza. Poco a poco, el uso del arado, el abono de la tierra, la mejora de las variedades vegetales cultivables, la construcción de canales de riego y la rotación de cultivos permitieron un aumento de la productividad.



► Beida, en Jordania, es un sitio arqueológico en el que pueden verse viviendas típicas de las primeras poblaciones sedentarias del Neolítico.



► Algunas de las herramientas utilizadas por los pueblos sedentarios del Neolítico, y sus usos.

### ACTIVIDADES

• ¿Cuáles fueron los factores que condujeron al sedentarismo durante el Neolítico? ¿La transformación en el estilo de vida y la organización social que se menciona en esta página fue universal y simultánea en todo el planeta? Justifica tu respuesta con algunos ejemplos concretos.



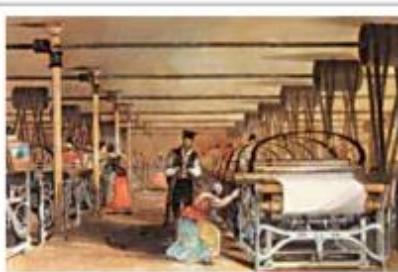
### Sociedades industriales

Transcurrieron miles de años luego de la Revolución Agrícola en los que se sucedieron cambios en relación con la tecnología y la modificación de los ambientes por parte de las personas. Hacia el siglo xv, en Europa, el sistema feudal entró en crisis y se potenció el sistema mercantilista. Este se caracterizó por el comercio y por la acumulación de riqueza de algunas personas; así, se inició la transición hacia el sistema capitalista, que aún perdura y que se caracteriza por la intervención a gran escala en los ecosistemas.

En el siglo xviii, se inició en Inglaterra un proceso de cambio social y económico asociado, entre otros aspectos, a la aplicación de los conocimientos científicos y técnicos a la producción de máquinas y herramientas. Este proceso se denominó Primera Revolución Industrial y trajo innovaciones como la máquina de vapor. El uso de energía se hizo más eficiente y permitió la producción en masa.

Hasta la Revolución Industrial, la sociedad dependía de las plantas y de los seres vivos para alimentarse y obtener calor, luz y transporte; luego, pasó a utilizar otras fuentes energéticas de origen fósil como el carbón, el petróleo y el gas natural.

El empleo de maquinaria elevó los rendimientos de las granjas y reemplazó las tareas de muchos trabajadores, que se trasladaron a las zonas urbanas e industriales. Esto llevó a un acelerado proceso de urbanización y al surgimiento de ciudades industriales cuyas fábricas trabajaban día y noche. A partir del siglo xix, se desarrollaron la metalurgia, la siderurgia, el motor a combustión y los transportes, que dieron lugar a la expansión global de la población y de la información.



► Pintura de una fábrica de la época de la Revolución Industrial.

### Sociedades industriales avanzadas

Después de la Primera Guerra Mundial (1914-1918), se desarrollaron máquinas más eficientes y técnicas de producción en masa, que formaron la base de las sociedades industrializadas actuales.

Muchos descubrimientos de la biología y de la medicina (antibióticos, vacunas, etc.) permitieron, durante el siglo xx, controlar varias enfermedades y aumentar así la expectativa de vida, lo que produjo un marcado crecimiento de la población, que aún continúa. Como consecuencia se generó una mayor presión para producir alimentos y otros productos agrícolas para la industria, así como la expansión en el uso de combustibles fósiles.

A partir del inicio de la Revolución Científico-tecnológica posterior a la Segunda Guerra Mundial (1939-1945), se impulsó la utilización de la energía nuclear con fines pacíficos (producción de energía eléctrica) y nuevos desarrollos biotecnológicos a través de los cuales las personas hacen uso de la actividad de otros seres vivos en la industria; fundamentalmente, en la alimentación y la salud.

El crecimiento sostenido de la población, en el marco de un modelo de desarrollo económico depredativo y centrado en el consumo, aceleró el ritmo del deterioro del ambiente, asociado a problemas económicos y sociales. Se instaló la preocupación por el agotamiento de las reservas de petróleo, que se creían inagotables, y se comenzó a percibir el riesgo de la utilización de la energía nuclear a partir de los accidentes nucleares y la acumulación de desechos radioactivos. Como respuesta, se incentivó el desarrollo de energías basadas en recursos naturales renovables, como la luz solar, las mareas o el viento, y la búsqueda de medios más efectivos para obtenerlas.



La Revolución Científico-tecnológica ha modificado drásticamente la vida de las personas, en la mayoría de los casos, de manera positiva. Sin embargo, se prevén fuertes impactos sobre el ambiente, cuyas consecuencias no se han podido dimensionar hasta el momento.

## Ecosistemas humanos

El ambiente natural ha sufrido diversas modificaciones causadas por los requerimientos de una población humana cada vez mayor.

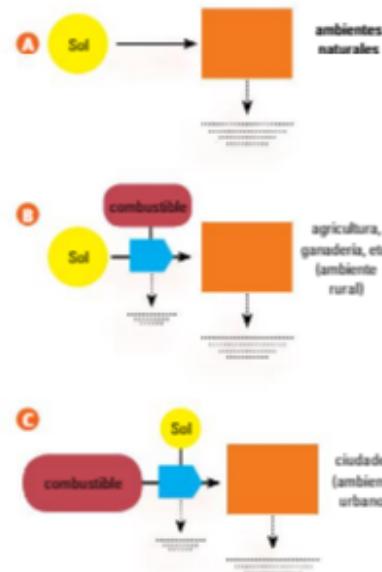
La intervención de las personas ha creado ambientes nuevos que pueden denominarse ecosistemas humanos; entre ellos, los sistemas agrícolas y los urbanos. Estos ecosistemas no existen aislados, ya que dependen, como cualquier otro ecosistema, de una fuente de energía externa y de la interacción con los ecosistemas naturales.

Según la fuente principal de energía que utilizan, los ecosistemas pueden clasificarse en dos grandes categorías: impulsados por el Sol o impulsados por combustibles (químicos o nucleares). En algunos casos, pueden ser utilizadas ambas fuentes de energía. Cuando la energía solar es suplementada con energía de otra procedencia para cubrir las necesidades de su funcionamiento, se hace referencia a ecosistemas subsidiados.

Teniendo en cuenta la información anterior, los ecosistemas pueden clasificarse en tres grupos:

- **Ecosistemas naturales**, impulsados por energía solar, no subsidiados: los océanos, los lagos grandes y profundos, las altas montañas y los bosques silvestres de zonas altas, entre otros. Se encuentran casi en sus estados naturales, no son habitados por personas y tienen poca productividad, pero son fundamentales para el mantenimiento de la vida en la Tierra porque funcionan como un "filtro" para los ecosistemas utilizados con mayor intensidad. Contribuyen a la "limpieza" de la atmósfera, al control climático, además de aportar espacios abiertos, silvestres y de gran valor estético.
- **Ecosistemas humanos**, impulsados por energía solar, subsidiados: áreas destinadas a la agricultura, la ganadería y la acuicultura, entre otras. Los sistemas productivos de los que se obtienen alimentos y fibras, son los más controlados por el hombre. Requieren la entrada de grandes cantidades de energía auxiliar, ya sea en forma de combustibles para el funcionamiento de maquinarias y del transporte o en forma de tracción animal o de esfuerzo humano. También, se denominan agroecosistemas.

- **Sistemas urbano-industriales**, impulsados por combustibles: las ciudades y los parques industriales son ejemplos de este tipo de sistemas, en ellos, los combustibles reemplazan al Sol como fuente principal de energía. Las zonas densamente pobladas tienen requerimientos energéticos mucho más altos que el resto de los ecosistemas y dependen de ellos para su mantenimiento, para el suministro de alimento y de combustible, y para la eliminación de la gran cantidad de desechos que producen.



Fuente: Odum, E. P. *Ecología*. Holt, Rinehart and Winston, New York, 1963

- En este esquema, Los círculos representan fuentes de energía continuas, que no se agotan; mientras que el "tanque" indica fuentes energéticas que disminuyen a medida que se utilizan.
- Ecosistemas naturales sin subsidio.
  - Ecosistemas agrícolas subsidiados con combustibles.
  - Ciudades impulsadas por combustibles.

## ACTIVIDADES

- ¿Los ecosistemas naturales se encuentran aislados de los sistemas con presencia humana? Justifica tu respuesta.

## Los agroecosistemas

Los agroecosistemas son ecosistemas que han sido modificados para producir alimentos, fibras, combustibles destinados al consumo humano, así como para la fabricación de otros productos derivados de dicha producción.

Los agroecosistemas comprenden los policultivos, los monocultivos y los sistemas mixtos. Los sistemas mixtos son los sistemas agrícola-ganaderos, los agropecuarios, los agroforestales y los agrosilvopastorales.

Los sistemas agrícola-ganaderos combinan la cría de ganado con la agricultura; los agropecuarios son los que emplean la biomasa vegetal para la alimentación de ganado. A su vez, los agroforestales combinan los cultivos de diversas plantas utilizadas en la alimentación humana y la forestación con árboles de interés económico.

Los agrosilvopastorales integran cultivos, forestación y cría de ganado.

Si bien existen sistemas agropecuarios de subsistencia que se caracterizan por producir una cantidad suficiente de alimento como para satisfacer las necesidades del campesino y su familia con mínimos excedentes para comercializar, los agroecosistemas más extendidos son los llamados industriales, que producen grandes cantidades de productos que se comercializan.

Los agroecosistemas industriales están altamente tecnificados y los requerimientos de insumos para su funcionamiento son cuantiosos. Además, la creciente demanda de alimentos por

una población en expansión ha llevado a tener que ampliar la llamada frontera agrícola, con la consecuente tala de grandes zonas de bosques y selvas, que está provocando un alto impacto ambiental.

Los agroecosistemas tienen una estructura y una dinámica particulares. Como todo sistema, se caracterizan por una entrada de materiales, energía e información, por una transformación de dichos materiales y energía, y por una salida de productos y desechos.

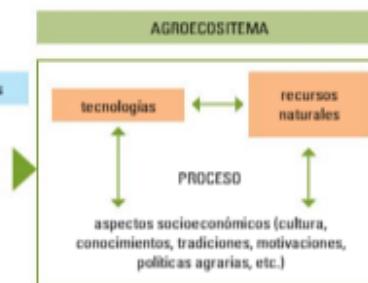
El estudio de los agroecosistemas es a menudo más difícil de realizar que el análisis de los ecosistemas naturales debido a que su estructura y dinámica se complican con la alteración que produce la actividad humana.

Quienes estudian los sistemas agrícolas coinciden en afirmar que para analizar un agroecosistema es necesario tomar en cuenta una amplia serie de factores y procesos ecológicos, económicos y sociales que se relacionan entre sí.

No obstante, la sostenibilidad ecológica es la materia prima de construcción de la que dependen los otros elementos.



► Sistema mixto agrícola-ganadero.



- Esquema simplificado de las entradas y salidas en un agroecosistema.

- Entradas: 1. Energía solar, energía aportada por los combustibles, energía aportada por el trabajo del hombre.
2. Materiales: agua, semillas, plaguicidas, fertilizantes.

3. Información: conocimientos sobre tecnologías, datos climáticos, edáficos, sociales, económicos.

4. Salidas: productos agropecuarios (alimentos, fibras, maderas, etc.), calor, desechos.

### Flujo de energía en los agroecosistemas

En un ecosistema natural, la energía fluye como resultado de un complejo conjunto de interacciones tróficas.

Parte de la energía que ingresa al ecosistema se disipa en diferentes puntos y momentos a lo largo de los distintos niveles de las redes alimentarias.

En los agroecosistemas, a diferencia de lo que sucede en los ecosistemas naturales, el flujo de energía se altera enormemente por la intervención constante de los seres humanos.

La radiación solar es la mayor fuente directa de energía para la agricultura, sin embargo, muchos de los insumos usados en el proceso son producto de la manufactura humana. Estos insumos, por lo general, utilizan otras fuentes de energía.

Así, los agroecosistemas suelen ser sistemas a través de los cuales fluyen cantidades considerables de materia y energía de las cuales una parte es de origen natural (nutrientes del suelo, energía solar, dióxido de carbono, etc.) y otra parte es introducida por las personas; tal es el caso de materiales como los fertilizantes o los combustibles.

En algún momento del proceso de producción, la energía que aporta, tanto el Sol como las fuentes de manufactura humana, es extraída del sistema en forma del producto principal, sea este alimento o fibra (para fabricar telas, papeles, etc.). Por lo tanto, gran parte de la biomasa, que representa la energía acumulada, no queda dentro del sistema para contribuir al funcionamiento de sus procesos internos. En consecuencia, los agroecosistemas funcionan simplemente como transportadores de energía.

La mano de obra utilizada en la producción agropecuaria es otro ejemplo de fuente de energía que abastece el agroecosistema.

Como explicamos en párrafos anteriores, la energía “salió” del sistema agropecuario como biomasa (productos). Pero también, el transporte de los productos hacia los lugares de consumo o de utilización de diversas industrias (alimenticias, madereras, textiles, etc.) representa energía que subsidia el funcionamiento del agroecosistema.



► Cuanto más lejos se encuentra la demanda de los productos agropecuarios, mayor será el gasto de energía utilizada para transportarlos.

La producción agropecuaria industrializada es la que se desarrolla en países industrializados, en países en desarrollo o en las zonas internacionalizadas de los países no desarrollados. De todas las actividades desarrolladas en la actualidad por los seres humanos, la producción agropecuaria industrializada es la que demanda mayor cantidad de energía, que es obtenida a partir de los combustibles fósiles. Por esta razón, la industria agropecuaria se ha convertido indirectamente en una fuente importante de contaminación atmosférica.

ENTRADAS DE ENERGÍA	SALIDAS DE ENERGÍA
Energía lumínica utilizada en la fotosíntesis.	Energía acumulada en la biomasa.
Energía química derivada de combustibles fósiles para mover maquinarias y otros tipos de energía para la fabricación de insumos.	Energía química utilizada para el transporte de productos.
Energía química proveniente de los alimentos que consumen los trabajadores rurales.	Pérdidas de energía calorífica.

► Esta tabla sintetiza las principales entradas y salidas de energía en los agroecosistemas.

© Editorial Eureka S.A. - Propiedad de los autores. Ley 11.723.

© Editorial Eureka S.A. - Propiedad de los autores. Ley 11.723.

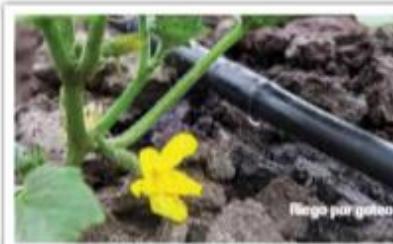
### Reciclado de materiales en los agroecosistemas

En los ecosistemas naturales, los nutrientes entran continuamente en pequeñas cantidades a través de varios procesos hidrogeoquímicos. Mediante una compleja serie de ciclos que están interconectados, estos nutrientes circulan dentro del ecosistema.

En los agroecosistemas, como en el resto de los sistemas naturales, uno de los nutrientes fundamentales es el agua. Esta ingresa por medio de las lluvias o por los sistemas de regadio. En este último caso, el agua proviene de ríos, lagos y arroyos aledaños a los campos, o bien se toma de las napas subterráneas.

En cuanto a los nutrientes del suelo, su reciclaje puede ser mínimo, o incluso nulo. Por lo tanto, se pierden cantidades considerables con cada cosecha, o bien como resultado de la infiltración en las capas más profundas, o también debido a la erosión. Esto se explica por la constante reducción en los niveles permanentes de biomasa mantenidos dentro del sistema.

Para reemplazar estas pérdidas, la agricultura requiere el ingreso de insumos en forma de nutrientes. En algunos casos, se recurre a abonos naturales, como el estiércol o el compost, pero en la agricultura a escala industrial, se utilizan fertilizantes sintéticos, producidos en laboratorios, que contienen nitrógeno (como iones amonio, iones nitrato o urea), fósforo (como iones fosfato) y potasio (como iones potasio). Estos fertilizantes, en muchos casos, contaminan las aguas que se infiltran hacia el subsuelo.



► Existen diversos métodos de riego: a través de canales, por aspersión, por goteo, entre otros. Los riegos por goteo y por aspersión garantizan un uso eficiente y controlado del agua.

### Mecanismos de regulación de poblaciones

En los ecosistemas naturales, a través del tiempo, el proceso de selección natural tiende al establecimiento de una estructura biológica bastante compleja, pero siempre dentro de los límites impuestos por factores ambientales.

Las poblaciones de plantas cultivadas y de animales criados es raro que se autorregulen. Esto se debe a la selección genética y a la domesticación, así como a la simplificación general de los agroecosistemas por reducción de la biodiversidad. Dichos seres vivos son especialmente vulnerables a plagas y enfermedades. Como consecuencia, el peligro de epidemias o plagas catastróficas que afectan los cultivos y el ganado es bastante alto, por lo que, para mantener estas poblaciones “artificiales”, hay que ingresar en forma constante insumos externos, como los plaguicidas.

Los plaguicidas, también llamados pesticidas o biocidas, se emplean para eliminar vegetales y animales que son perjudiciales para las personas, para sus cultivos o para los animales de cría. Estos productos sintéticos matan por medio de la interrupción o la modificación de los procesos vitales normales de la especie considerada como plaga.

### LA RESISTENCIA A HERBICIDAS

Algunos cultivos de especies de gran interés comercial son seleccionados o modificados genéticamente con el objetivo de que las plantas resultantes sean resistentes a herbicidas muy potentes. Estos herbicidas eliminan posibles competidores que pueden reemplazar el cultivo de interés o evitar que crezca.

El cultivo de plantas resistentes ha fomentado el uso de herbicidas muy tóxicos, que pueden afectar gravemente la salud humana y la de otros animales.



## Actividades agrícolas y problemas ambientales

Los agroecosistemas requieren, por un lado, un aporte importante de energía, que brindan los combustibles fósiles. Esto trae como consecuencia un aumento de la contaminación, especialmente, la del aire. Por el otro, se produce una disminución considerable de la diversidad biológica y una posible contaminación de las aguas superficiales y subterráneas debido al mal uso de plaguicidas y fertilizantes.

Uno de los problemas centrales de las actividades agrícolas es la degradación de los suelos, causada como consecuencia de la actividad agrícola.

### La degradación del suelo

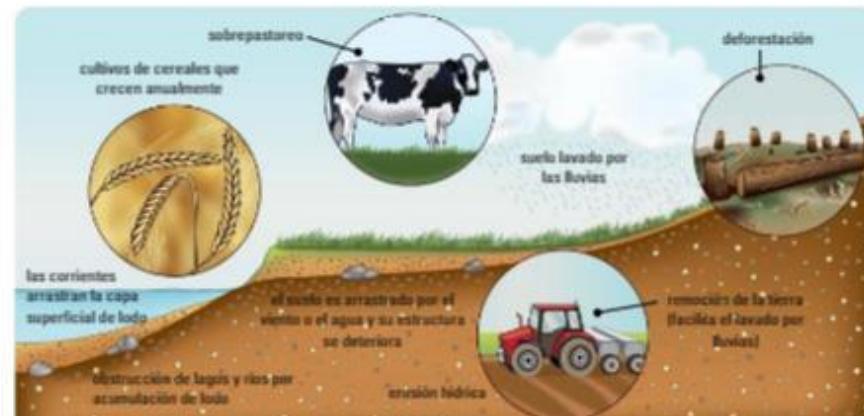
El suelo puede sufrir procesos de degradación, algunos naturales y otros relacionados con la actividad humana, que afectan las propiedades físicas, químicas o biológicas y determinan la pérdida total o parcial de su productividad.

Entre los procesos de degradación física, se hallan la erosión y la compactación (aplastamiento del suelo con la consecuente pérdida de aire). Como procesos de degradación química, se incluyen la pérdida de nutrientes, la acidificación, la salinización y la contaminación. Esta última puede ser causada por el uso excesivo de

plaguicidas y fertilizantes. La degradación biológica, muy vinculada con los procesos anteriores, comprende la disminución en el contenido de materia orgánica y los cambios en la microflora y microfauna del suelo, que impactan negativamente sobre la productividad.

La erosión es el principal factor de deterioro del suelo. Consiste en la remoción y pérdida de componentes del suelo, que son arrastrados por el agua (erosión hidráulica) o por el viento (erosión eólica) y depositados en otro lugar. Existe un proceso de erosión natural que es lento y que se ve compensado por la incorporación de nuevos elementos al suelo. No obstante, cuando la erosión se acelera y arrastra materia a una velocidad mayor que la de su reconstitución natural, se produce la degradación del suelo. La erosión acelerada es causada fundamentalmente por las actividades humanas que transforman los hábitats naturales; entre ellas, la deforestación, el pastoreo excesivo, las malas prácticas agrícolas y el uso abusivo del fuego.

Un suelo erosionado pierde la capacidad de absorber el agua de lluvia que, en consecuencia, corre sobre el suelo, lo lava y arrastra lodo hasta los ríos, proceso denominado escorrentía. La acumulación de sedimentos en las cuencas inferiores obstruye las desembocaduras de los ríos y perjudica la navegación.



► Prácticas que promueven la erosión del suelo.

### • La deforestación y la desertificación

Cada año se pierden 11,3 millones de hectáreas (más de 100.000 km<sup>2</sup>) de bosques tropicales, la mitad de ellos en Latinoamérica. Las principales causas son la utilización de la madera como combustible, como producto de exportación y como materia prima en la industria del papel. Además, inciden la ampliación de las áreas para cultivo, pastoreo y extracción de minerales. Los bosques representan una inmensa fuente de alimentos, fibras, sustancias medicinales y combustibles. Asimismo, contribuyen a regular el caudal de las aguas, protegen contra las erosiones hidráulica y eólica, influyen sobre el clima global, y son grandes proveedores de oxígeno y consumidores de dióxido de carbono. Por estos motivos, su pérdida tiene un impacto muy negativo.

La erosión que resulta de la desaparición de la cubierta vegetal que sujetan las partículas del suelo acarrea la desertificación (la adquisición de condiciones climáticas propias de los desiertos en zonas que originalmente no han sido desérticas).

### • El sobrepastoreo

Cuando la cantidad de animales que pastan en un determinado campo es grande y supera la densidad máxima de herbívoros que puede sustentar su vegetación sin riesgos de degradación, se produce un empobrecimiento de la cobertura vegetal. Esto ocurre debido a que la velocidad de crecimiento de la vegetación es inferior al ritmo de alimentación del ganado. Además, el suelo se compacta debido al pisoteo constante. Estos factores favorecen la erosión del suelo y la desertificación.

### • Las prácticas agrícolas

El reemplazo de una vegetación mixta de árboles, hierbas y pastos nativos por una población densa de una única especie (monocultivo), el arado excesivo, los cultivos en surco y en pendiente, el abuso de fertilizantes y plaguicidas, y el empleo de maquinaria pesada provocan el deterioro del suelo y la pérdida de fertilidad. La estructura se compacta y queda expuesta a la erosión, y la composición química cambia debido a la pérdida de nutrientes, la acidificación, la salinización y la contaminación por metales pesados como el plomo y el cadmio, provenientes de los plaguicidas.

## LOS DESIERTOS VERDES

Durante el Neolítico, las tierras que eran cultivadas con el mismo tipo de planta durante varias temporadas se empobrecían, y las personas se veían en la necesidad de trasladarse donde hubiera nuevos suelos con más nutrientes. Con el tiempo, se descubrió que, como cada planta tiene distintos requerimientos nutricionales, la rotación de cultivos disminuía el empobrecimiento del suelo. Sin embargo, actualmente, la mayor parte de los terrenos cultivados están cubiertos por monocultivos que se siembran año tras año en los mismos campos. Muchas de estas especies, además, fueron modificadas genéticamente para que sean resistentes a plaguicidas y herbicidas muy potentes que afectan a las especies nativas. La soja es uno de estos monocultivos resistentes a ciertos herbicidas (como el glifosato) que, al mismo tiempo consume grandes cantidades de nitrógeno y agota este nutriente en los suelos en los que se la siembra. Debido a estos efectos, algunas personas llaman "desiertos verdes" a las zonas cubiertas por monocultivos.

La demanda mundial de estas pocas variedades y su rédito económico son un gran obstáculo para que los Estados puedan promover entre los productores la rotación de cultivos, ya que esto supone para ellos una reducción en las ganancias.



► Vista aérea de campos cultivados con soja.

### • El uso abusivo del fuego

La utilización del fuego puede ser favorable para mejorar los campos de pastoreo, para limpiar el terreno y evitar la acumulación de residuos vegetales o de plantas perjudiciales. Sin embargo, puede tener efectos negativos, como la destrucción de plantas jóvenes, lo que imposibilita la regeneración del bosque y favorece la eliminación de especies sensibles. Asimismo, el uso abusivo del fuego empobrece la estructura del suelo, lo que facilita la erosión y contamina la atmósfera.

## ACTIVIDADES

- Expliquen a qué se refiere la expresión "desiertos verdes". ¿Cuáles son los efectos de dichos desiertos?

## La sostenibilidad de los agroecosistemas

La agricultura y la ganadería industrializadas han logrado innegables y sustanciales avances en la producción de alimentos y de fibras para las industrias papeleras y textiles.

A pesar de los avances, las prácticas agrícola-ganaderas son consideradas insustentables debido al creciente impacto negativo que producen sobre el ambiente.

En los últimos años ha surgido una nueva disciplina denominada agroecología, que estudia la aplicación de los conceptos y principios básicos de la ecología al diseño, desarrollo y gestión de sistemas agrícolas sostenibles.

Para los agroecólogos, la clave para reducir el hambre y los impactos nocivos sobre el ambiente consiste en desarrollar sistemas agropecuarios sustentadores en nuestro planeta. Esto implica combinar prácticas apropiadas que ya se llevan a cabo en sistemas agrícolas y ganaderos industrializados con algunos aspectos de los sistemas de subsistencia y con nuevas técnicas para aprovechar climas, suelos, recursos y sistemas de cultivos locales.

Algunos principios enunciados por los agroecólogos (en particular, por Gliessman en 1998) para el diseño y manejo de agroecosistemas sostenibles o su reconversión son:

- Desplazamiento del manejo de flujo de nutrientes al manejo del reciclaje de nutrientes, con dependencia creciente en los procesos naturales, como la fijación biológica del nitrógeno por parte de microorganismos.
- Uso de fuentes renovables de energía, en lugar de fuentes no renovables.
- Reducción del uso de aportes externos no renovables, como fertilizantes y pesticidas sintéticos, así como de aditivos para el alimento del ganado.
- Uso de materiales de origen natural en lugar de insumos sintéticos o manufacturados, cuando se tengan que agregar materiales al sistema.
- Manejo de las plagas, los agentes causantes

de enfermedades y las malezas, en lugar de "controlarlas".

- Búsqueda de modelos de cultivo que estén en armonía con el potencial productivo y las limitaciones físicas del paisaje agrícola.
- Uso de una estrategia de adaptación de los potenciales biológico y genético de las especies animales y vegetales cultivables según las condiciones ecológicas del lugar de cultivo, más que modificar el sitio de cultivo para satisfacer las necesidades de esas plantas y animales.
- Conservación del suelo, agua, energía y los recursos biológicos.
- Incorporación de la idea de sostenibilidad en el largo plazo, en el diseño y manejo general del sistema, teniendo en cuenta la comunidad que lo rodea.

Los países europeos, seguidos por otros altamente industrializados, como Canadá y Australia, están a la vanguardia en la implementación de principios agroecológicos en sus políticas de desarrollo agrícola. A su vez, varios países de Latinoamérica, de Asia y de África están poniendo en marcha proyectos nacionales agrícolas que consideran la protección del ambiente como eje central de su desarrollo.



Un agroecosistema diverso integra cultivos dentro de un paisaje natural.

© Editorial Ercilla S.A. - Tratado de Ecología. Ley 11.721

## Prácticas alternativas para la sostenibilidad de los agroecosistemas

Existen métodos que posibilitan manejar los agroecosistemas a través de la conservación del suelo y el manejo de plagas, que tienen como propósito conservar la biodiversidad.

### Conservación del suelo

Las prácticas de conservación del suelo intentan reducir la erosión e impedir la disminución de nutrientes, así como restablecer los nutrientes ya perdidos por la erosión, el lavado y el cultivo excesivo.

La mayor parte de los métodos incluye mantener el suelo cubierto siempre con vegetación. Uno es el método de labranza mínima que consiste en el uso de máquinas especiales para romper el suelo que está bajo la superficie sin tocar el suelo superficial ni los residuos de cultivos anteriores. Otra forma de cultivo de baja labranza es aquella en la que se dejan franjas de terreno limpias y otras con los residuos (labranza en franjas).

En la agricultura sin labranza o arado, máquinas especiales inyectan semillas en hendiduras hechas en el suelo sin arar. Solo en los casos en que se realiza una siembra directa, los residuos orgánicos quedan en el suelo y pueden servir como fuente de energía para microorganismos que son esenciales para un reciclaje más eficiente de nutrientes.

Además de reducir la erosión del suelo, la labranza de conservación disminuye los costos por combustible y trabajo, la pérdida de agua y la compactación del suelo.

En tierras en pendiente, la erosión se puede disminuir de un 30% a un 50% mediante el cultivo en contornos: arar y sembrar en fajas atravesadas a niveles horizontales. Cada hilera o faja sembrada en la extensión de las laderas del terreno actúa como un pequeño dique que ayuda a mantener el suelo y disminuir el escurrimiento del agua. En cada una de las franjas, se cultivan distintas plantas: por ejemplo, en una franja se siembra maíz y, en la franja siguiente, se siembra un cultivo conservador del suelo, como los pastos. Asimismo, las hileras alternadas de cultivo impiden la propagación de plagas y enfermedades de vegetales de una franja a otra.

En pendientes muy pronunciadas, se utilizan terrazas que cubren la cuesta con cortas caídas verticales de una a otra y que van a lo largo del contorno del terreno. Parte del agua que escurre hacia abajo es retenida por cada terraza.

También, se puede reducir la erosión por medio del cultivo en pasillos. Se denomina así porque los cultivos se siembran en corredores o pasillos situados entre setos vivos de arbustos o árboles. Los restos de los setos podados pueden utilizarse como abono verde para los cultivos y como forraje para el ganado. Las hileras alternadas de diferentes tipos de plantas, del mismo modo, ayudan a impedir la propagación de plagas y enfermedades de vegetales.

La erosión que ocasiona la exposición de tierras de cultivos a vientos fuertes se atenúa colocando rompevientos o cinturones de protección, que están formados por largas filas de árboles que pueden bloquear de manera parcial el viento.



► A. Cultivo en contornos.



► B. Cultivo en terrazas.



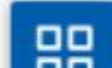
► C. Cultivo en pasillos.



► D. Rompevientos.

### ACTIVIDADES

- Una de las técnicas agroecológicas consiste en intercalar en los sembrados franjas de especies florales autóctonas. Su existencia atrae a fauna de la región, como mariposas y abejas, ausente en los cultivos industriales. ¿Qué importancia podría tener incentivar la presencia de estos insectos en áreas de cultivo?



## Mantenimiento y restablecimiento de la fertilidad del suelo

Los fertilizantes orgánicos pueden aplicarse al suelo para restablecer y mantener de manera parcial los nutrientes vegetales perdidos. Estos pueden reemplazar a los fertilizantes sintéticos, que, si bien se aplican con facilidad, contaminan las aguas subterráneas y disminuyen la cantidad de materia orgánica. La falta de materia orgánica resulta en un suelo más susceptible a la compactación por acción de la lluvia y el "prensado" por el uso de maquinaria agrícola, lo que afecta tanto la capacidad de retención de agua como el contenido de oxígeno.

Los tres tipos básicos de fertilizantes orgánicos son el estiércol, el abono verde y el compost.

El estiércol comprende el excremento y la orina de ganado, de aves de corral y de otros animales de granja. La aplicación de estiércol mejora la estructura del suelo, incrementa el contenido de nitrógeno orgánico (disponible para las plantas), y estimula el crecimiento y la reproducción de bacterias y hongos del suelo. Es de particular utilidad en cultivos de maíz, papa y algodón.

El abono verde es la vegetación verde, fresca o en crecimiento, que es introducida al suelo durante el arado para incrementar la materia orgánica y el humus disponible para próximos cultivos.



El compost es un rico fertilizante natural y acondicionador del suelo. Los agricultores con huertos lo producen apilando capas alternadas de desechos vegetales que contienen abundantes carbohidratos, estiércol y suelo superficial. Esta mezcla proporciona un albergue a organismos que ayudan en la descomposición de las capas vegetales y de estiércol.

La rotación de cultivos es otra alternativa para impedir la disminución de los nutrientes del suelo. Cultivos como el maíz, tabaco y algodón eliminan grandes cantidades de nutrientes, especialmente, si se los siembra durante varios años seguidos. Los agricultores que utilizan la rotación de cultivos siembran un año estas plantas, por ejemplo, y al año siguiente, plantas leguminosas (arveja, lenteja, soja). A las raíces de este tipo de plantas se les asocian algunas bacterias del suelo, como las *Rhizobium*, y forman nódulos. Estas bacterias fijan el nitrógeno gaseoso del suelo y lo incorporan a compuestos nitrogenados que luego aprovecha la planta. Cuando se cosechan las leguminosas, quedan en la tierra las raíces que, en sus nódulos, contienen una importante reserva de nitrógeno a disposición de las plantas que se cultivan luego. Por este motivo, cultivar plantas no leguminosas (como el maíz, que no se asocia con el *Rhizobium*) en el terreno donde previamente hubo leguminosas permite reponer en forma natural el nitrógeno del suelo sin necesidad de recurrir a fertilizantes artificiales.



## Métodos alternativos para el control de plagas

Debido a su persistencia en el ambiente, los plaguicidas a escala industrial tienen efectos a largo plazo y no solo afectan a las especies a las que se quiere eliminar, sino también a otros organismos que contribuyen a mantener el equilibrio en el ecosistema. Pueden pasar a través de una cadena alimentaria y acumularse en los niveles tróficos superiores (bioacumulación). La intoxicación puede producirse en los seres humanos y causar enfermedad o, incluso, la muerte.

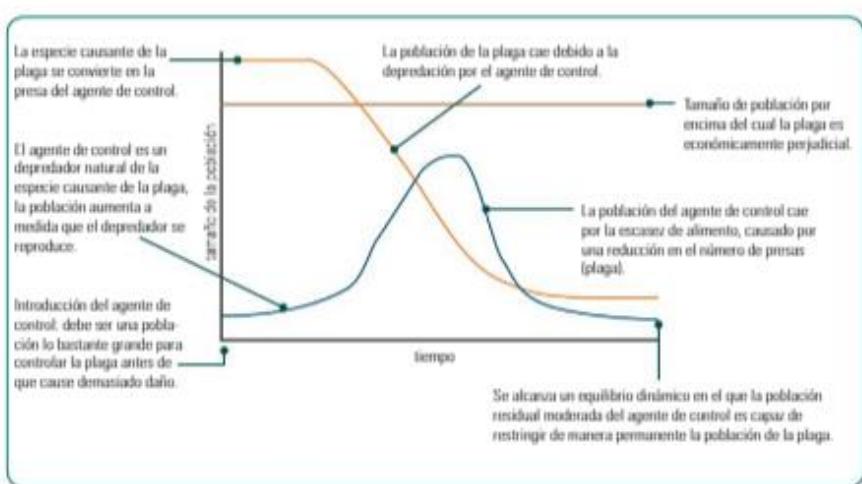
La desventaja más grave de utilizar sustancias para controlar plagas es que la mayor parte de las especies consideradas perjudiciales puede desarrollar una resistencia genética a un veneno por medio de selección. Los individuos que tienen genes que los hacen resistentes al veneno sobreviven y tienen descendencia que hereda esos genes, mientras que los que eran sensibles al veneno, mueren. Además, muchos insecticidas no solo combaten la plaga, sino que matan a sus enemigos naturales, por lo que la población de insectos problema puede crecer mucho más.

Se han desarrollado alternativas para controlar las plagas. Algunas se relacionan con la modificación de los procedimientos de cultivo, como la rotación de cultivos y la plantación en filas de setos vivos o árboles. Otras consisten en ajustar la época

de cultivo de modo que la mayor parte de las plagas de insectos muera de hambre antes de que esté disponible el cultivo; cambiar de monocultivos a agrosilvicultura (cultivos integrados al ecosistema natural) y a policultivos que utilizan la diversidad de plantas para ayudar a controlar plagas; utilizar variedades resistentes a las enfermedades y eliminar plantas enfermas.

Otra técnica utilizada para controlar las plagas se basa en la introducción de un enemigo natural de la especie causante de la plaga, que no la elimina del todo, pero la mantiene por debajo del nivel considerado económicamente perjudicial. El objetivo es crear condiciones ideales para los depredadores de las plagas y, al mismo tiempo, reducir el hábitat de los organismos plaga. El control biológico de las plagas requiere un conocimiento de la relación entre las poblaciones de depredadores y sus presas.

Los expertos en control de plagas creen que la mejor manera de limitarlas es a través del manejo integrado de plagas (MIP). Para ello, desarrollan un programa que utiliza una gran variedad de métodos complementarios: físicos, químicos, biológicos y de cultivo con la secuencia adecuada. El objetivo global es mantener las especies problema por debajo del tamaño en el que puedan causar pérdidas económicas.

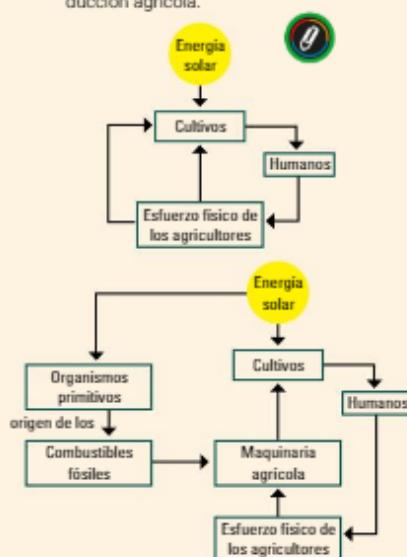


- Con la información que leyeron en este capítulo, respondan las preguntas.
  - ¿Cómo influyó el avance tecnológico ocurrido en cada uno de los períodos de revoluciones tecnológicas en la población humana?
  - ¿De qué manera modificó la alimentación?
- Enumeren los principales impactos ambientales de la actividad agropecuaria industrializada.
- ¿Por qué se afirma en el texto que los agroecosistemas son "transportadores de energía"?
  - ¿Qué diferencia estos sistemas de los de los sistemas naturales?
  - ¿Qué tipo de "subsidios" de materiales y energía reciben los agroecosistemas?
- Mencionen dos prácticas agrícolas que promueven la desertización y dos medidas de protección ambiental que intentan paliar esa situación.
- A comienzos del siglo XX, más del 80% de la superficie de la provincia de Misiones estaba cubierta por árboles. Desde entonces, se perdió las tres cuartas partes de la selva misionera.
  - Expliquen cuáles pueden ser los factores que llevaron a la pérdida de gran parte de la selva misionera.
  - ¿Cuáles pueden ser las consecuencias sobre el medio ambiente y sobre los seres vivos que la habitan?
  - Averigüen acerca de las últimas medidas para preservar este ambiente. ¿Qué instituciones las llevaron a cabo?
- A comienzos del siglo XX, una gran invasión de cactáceas (familia de plantas en las que se incluyen los cactus) afectó a millones de hectáreas en Australia.
 

A comienzos de la década de 1930, se importaron desde la Argentina unas mariposas cuyas orugas parasitan ciertos cactus. En poco tiempo, se eliminó casi todas las cactáceas. Como la mariposa solo parasita en ellas, también, desapareció. Respondan las preguntas:

  - ¿El método elegido para eliminar el cactus invasor es compatible con el modelo de agricultura sustentable? Justifiquen la respuesta.

- Se podría considerar que la desaparición de ambas especies es el resultado buscado en este tipo de método de control de plagas? ¿Cómo debería ser el resultado?
- Analicen los esquemas que se presentan a continuación y respondan las preguntas:
    - ¿Cuál de estos esquemas representaría la "agricultura tradicional" y cuál "la agricultura industrializada"? Justifiquen la respuesta.
    - ¿Cuál es en ambos casos la fuente primera de energía de la que dependen los seres humanos para obtener alimentos mediante técnicas agrícolas? Justifiquen la respuesta.
    - Elaboren un texto que permita comprender la relación entre el crecimiento de la población humana y la industrialización de la producción agrícola.



- Lean las afirmaciones y discutan en grupos su validez. Luego, escriban las conclusiones a las que arribaron.
  - La explotación de un único cultivo hace que se incremente la proporción de nutrientes del suelo.
  - La utilización de cultivos resistentes a herbicidas mantiene la variabilidad en torno a los agroecosistemas.
  - Las alternativas a los herbicidas químicos, por ejemplo, el manejo integrado de plagas, son poco efectivas.

## La Revolución Verde

- Lean el texto y contesten las preguntas que se encuentran a continuación.

### ¿Qué es la Revolución Verde?

Revolución Verde se llama a un período que abarca, más o menos, de 1960 a 1990, cuando hubo un gran auge en la productividad agrícola en el mundo en desarrollo. En esos decenios, en muchas regiones del mundo, especialmente en Asia y América Latina, la producción de los principales cultivos de cereales (arroz, trigo y maíz) se duplicó con creces. También, aumentó mucho la producción de otros cultivos [...]. Esta revolución se debió, sobre todo, a que los gobiernos de los países desarrollados y los países en desarrollo invirtieron mucho en investigación agrícola. Se utilizó la ciencia moderna para encontrar formas de producir más alimentos, lo que revolucionó esta actividad. [...] Al principio, se consideró este proceso como un éxito enorme. Con el crecimiento demográfico y el de la demanda de alimentos, aumentó su suministro y los precios se mantuvieron estables. Sin embargo, desde el decenio de 1990, se ha observado que el auge de la Revolución Verde en la productividad tuvo un alto precio.

### Costos de la revolución

Por un lado, se ha perdido una gran parte de la biodiversidad agrícola.

[...] En muchos países, el uso continuo de plaguicidas y de otras sustancias agroquímicas causó un grave deterioro del medio ambiente y puso en peligro la salud pública. Los sistemas agrícolas de la Revolución Verde, a su vez, requieren una abundante irrigación, lo que ejerce una presión enorme sobre los recursos hídricos del mundo. Por el otro lado, a pesar de que aumentó la productividad agrícola, sigue habiendo hambre. Para aprovechar los adelantos de la Revolución Verde, los agricultores necesitan tener dinero y acceso a recursos como la tierra y el agua. Los agricultores pobres que no tenían estos recursos quedaron excluidos de la Revolución Verde. Muchos se hicieron todavía más pobres.

### Una revolución sostenible

El cometido de la *Food and Agriculture Organization* (FAO, por su sigla en inglés) es ayudar a los países a garantizar que el suministro de alimentos se mantenga al paso de la demanda. Pero la Revolución Verde mostró que no basta con incrementar la productividad. Para poner fin al hambre de una vez y para siempre, es necesario que la producción sea sostenible. Esto significa asegurar que nadie quede excluido de sentarse a la mesa y que las generaciones futuras no corran peligro de pasar hambre.

Adaptado de: [www.fao.org/kids/es/evolution.html](http://www.fao.org/kids/es/evolution.html)

#### • Preguntas para el análisis

- ¿Cuándo se produjo la llamada Revolución Verde? ¿A qué se debió esta revolución?
- Mencionen las innovaciones en el área agrícola-ganadera que se pusieron en práctica en ese período.
- ¿Cuáles han sido los costos de la Revolución Verde?
- ¿Por qué, a pesar de la mayor producción, persiste el hambre en el mundo?



### Armado de una huerta orgánica intensiva

La huerta orgánica intensiva es una forma de producir hortalizas de manera natural y económica durante todo el año. En esta actividad, explicamos los procedimientos para la construcción de una huerta orgánica, como modelo en escala reducida de una forma de agricultura sustentable. Les proponemos que pongan en práctica estas técnicas en la escuela, en su casa, en un terreno cercano, pero también, los invitamos a promover este tipo de prácticas con niños de escuelas primarias o con compañeros de los primeros años de la escuela secundaria, con la finalidad de dar a conocer estas prácticas sustentables y crear conciencia de la necesidad de proteger el ambiente.

#### • Aspectos generales acerca del diseño de la huerta

Existen varios aspectos a tener en cuenta para el armado de una huerta orgánica. Deben ubicarla en un lugar bien iluminado y, si es posible, que mire hacia el norte. Tiene que estar próxima a una fuente de agua. Es necesario construir un cerco para impedir la entrada de animales. La huerta puede tener cuatro o cinco tablones o canteros, que alcanzan para el consumo de una familia.

#### • Armado de los canteros

Los canteros o tablones son porciones de terreno que sirven para organizar la huerta. En cada cantero, se sembrarán determinados tipos de plantas.

1. Limpien el terreno quitando "yuyos", piedras, vidrios y otros objetos extraños.
2. Marquen los tablones o canteros de, aproximadamente, 1,20 metro de ancho con estacas e hilos y dejen caminos de unos 30 o 40 centímetros entre los canteros para poder caminar sin pisar los vegetales.
3. Aflojen la tierra con una pala de punta, ya que no es bueno dar vuelta la tierra. Al terminar de puentear, rastrellen todo el cantero para emparejar la tierra.



© Ediciones Educa S.A. - Proyecto en Huerta - Lección 11



© Ediciones Educa S.A. - Proyecto en Huerta - Lección 11

#### • Acerca de la siembra

1. La siembra directa se realiza en el cantero cuando las semillas son suficientemente grandes y fuertes. Las de poroto, zanahoria, lechuga y remolacha son algunos ejemplos de semillas que se pueden sembrar de este modo.
2. La siembra en almácigo se practica cuando las semillas son muy pequeñas y si se las siembra directamente se corre el riesgo de que caigan hacia lugares profundos y, por lo tanto, les sería muy difícil alcanzar la superficie. El almácigo es un pequeño espacio o recipiente al que se le dan ciertas condiciones que garantizan la germinación de las semillas. Una vez que las pequeñas plantas han germinado, se las trasplanta a los canteros.
3. Algunos aspectos a tener en cuenta:
  - a. Sembrar juntas plantas que se benefician entre sí, que no compiten por los nutrientes, así se aprovecha mejor el espacio (asociación de plantas).
  - b. En primavera/verano seleccionen un tipo de planta con crecimiento aéreo (lechuga) con otro tipo de planta que posea crecimiento subterráneo (zanahoria).
  - c. Incluyan plantas de rápido crecimiento, como el rabanito, con otras de crecimiento lento, como el repollo.
  - d. Intercalen las líneas de hortalizas de la siguiente manera: una línea de zanahoria con otra de repollo y, al lado, una línea de rabanitos con otra de lechuga.
  - e. En otoño/invierno, no es recomendable volver a sembrar las mismas verduras, por lo tanto, siembren habas o porotos (leguminosas) en la mitad de los canteros en dos líneas y, entre ellas, hagan una zanja pequeña para juntar restos de vegetales y yuyos.
  - f. Repitan este procedimiento con el resto de los canteros, pero en ellos, siembren arvejas (son plantas leguminosas).

4. Para saber cuándo deben sembrar, tienen que consultar el calendario de siembras, que indica cuáles son las plantas que crecen bien en cada estación del año según la zona de residencia. Para mantener la fertilidad del suelo, utilicen abonos orgánicos. (Consulten la página 265 de este capítulo).

5. En cuanto al riego, si fuese necesario por falta de lluvias, usen regaderas y mangueras y esparzan una lluvia muy fina. Para el control de plagas, se recomienda sembrar plantas aromáticas y medicinales en los alrededores de la huerta, ya que la diversidad de olores y colores desorienta a los insectos (romero, melisa, orégano, tomillo, menta, manzanilla, albahaca). En los extremos de los canteros, coloquen plantas florales como las caléndulas, que atraen a depredadores de algunas plagas.

#### • Para obtener más información

El Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) ha desarrollado un programa que incentiva la producción de alimentos a través de la huerta orgánica.

Pueden consultar su página web: <http://www.inta.gov.ar>

#### • Consignas y preguntas para el análisis final

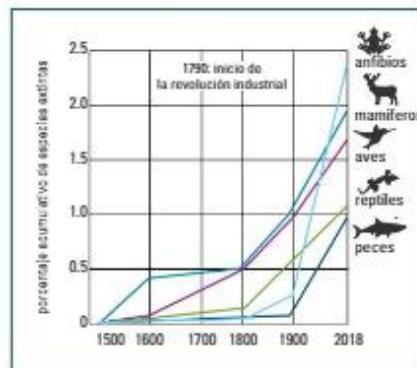
1. Enumeran tres acciones para realizar el diseño, la construcción y el mantenimiento de una huerta orgánica, que sean compatibles con los principios de la agroecología. Justifiquen su respuesta.
2. ¿Cómo le explicarían a un niño de la escuela primaria que, para controlar las plagas en un cultivo, es conveniente rotarlos, así como utilizar una gran variedad de especies?
3. ¿Cómo le enseñarian a fabricar compost? ¿Qué precauciones debería tomar?
4. Diseñen un folleto o graben un video en los que promuevan la instalación de huertas orgánicas en las escuelas de su zona.



## ¿Una sexta extinción?

En la actualidad, la diversidad biológica es la más alta de toda la historia de la vida en el planeta. Se calcula que existen entre 30 y 50 millones de especies. Sin embargo, esa biodiversidad se encuentra seriamente amenazada. En abril de 2019, la ecologista noruega Greta Thunberg señaló ante el Parlamento Europeo: "Nos estamos enfrentando a la sexta extinción masiva y el ritmo de extinción es 10.000 veces más rápido de lo normal".

Su denuncia se basa en investigaciones que demuestran una aceleración en el ritmo de extinción de especies en el planeta. A diferencia de las cinco anteriores, la denominada "sexta extinción" se relaciona en forma directa con las actividades humanas.



Fuente: Plataforma Intergubernamental de Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos (IPBES), 2019.

► Gráfico que muestra una estimación del ritmo de extinción de vertebrados silvestres. Se observa una fuerte aceleración a partir de la Revolución Industrial.



Las investigaciones concluyen que hay cuatro causas principales para explicar esta aceleración en la extinción de especies:

- La sobreexplotación que produce la reducción del tamaño poblacional de miles de especies.
- La alteración de los ecosistemas que priva o fragmenta los hábitats y reduce los nichos ecológicos de las especies.
- La introducción, intencional o accidental, de especies de unos ecosistemas en otros. Algunas de esas especies exóticas invaden los ecosistemas y compiten con las especies nativas o modifican sus hábitats.
- La alteración de las redes tróficas por la extinción de unas especies que producen extinciones en cadena de otras.

Ante esta realidad, surge la pregunta: ¿Cuáles serían las razones para preocuparse? Aunque actualmente minoritarios, hay sectores que opinan que no hay razones para preocuparse, ya que las sociedades actuales no dependen de las especies salvajes para su subsistencia. Sin embargo, la inmensa mayoría argumenta lo contrario con diverso tipo de razones. Entre ellas, se plantean:

- Razones económicas: el uso sustentable de los recursos naturales es más rentable a largo plazo. Por ejemplo, la deforestación debe ser compensada con la reforestación para mantener los ritmos de producción y ganancia.
- Razones científicas y tecnológicas: las áreas naturales contienen importante material genético que permitirá, por ejemplo, renovar genéticamente el ganado y los cultivos actuales.
- Por razones sociales: la sobreexplotación de los recursos naturales y el deterioro del ambiente repercuten en las sociedades humanas y son generadores de pobreza y crisis económica.
- Por razones culturales: los grupos humanos que habitan los ambientes naturales expresan una gran diversidad cultural. Esa diversidad es un bien que debe preservarse, pues integra el patrimonio cultural de la humanidad.
- Por razones éticas: La especie humana no tiene derecho a destruir su entorno ni la biodiversidad, y debe preservarla para las generaciones futuras.

Como se puede ver, desde diferentes puntos de vista y distintos enfoques, se plantea la necesidad de preservar el ambiente natural. Esta coincidencia brinda elementos para argumentar sobre lo preocupante de la situación actual.

► El guará (*Dusicyon australis*) o zorro-lobo de las Islas Malvinas, especie única de ese hábitat (endémica), hoy extinguida. El último ejemplar vivo conocido data de 1876.

### Diferentes políticas conservacionistas

La conservación de la biodiversidad implica tomar diferentes decisiones políticas y técnicas.

Una es la creación de reservas naturales destinadas a preservar ecosistemas representativos del bioma donde están instalados. También, existen instalaciones para la reproducción controlada, en las que se crían especímenes que, luego, son reintegrados al ambiente. Sin embargo, muchos estudios muestran que "islas" de zonas protegidas pueden retrasar, pero no evitar la extinción.

Otra medida es la creación de bancos de material biológico (tejidos, semillas, óvulos) de las especies cuyos genes quieran preservarse. Estos reservorios reciben el nombre de bancos de germoplasma y permitirían implementar técnicas de clonación para impedir o revertir la extinción.

Con ese objetivo, en la provincia de Misiones, se creó el primer Banco Genético de fauna destinado a conservar las especies en peligro de extinción.

### ¿Conservar especies o ecosistemas?

El paleontólogo y conservacionista keniano Richard Leakey, en su libro *La sexta Extinción* (1998), planteaba que destruir y fragmentar hábitats y, en particular, talar las selvas tropicales, donde vive la mitad de las especies del planeta, son dos factores que ponen en peligro la biodiversidad. Para este autor "[...] conforme se reducen los hábitats, se reduce igualmente la capacidad de la Tierra para sostener su herencia biológica. Los ecosistemas por sí solos funcionan como conjuntos integrados, no como especies que están en compañía de otras [...]. El *Homo sapiens* es una unidad más en esta pauta de interdependencia".

Según la visión de Leakey, la conservación de la biodiversidad implica la necesidad de preservar los ecosistemas, regular las pautas de producción y consumo y evitar su invasión y sobreexplotación. La preservación de las especies, opina, solo tiene sentido si incluye la conservación de los ecosistemas que las albergan.

### RESUCITANDO AL MAMUT

En 1990, se publicó una novela de ciencia ficción llamada *Parque Jurásico*, del autor estadounidense Michael Crichton. En ella, se planteaban fantásticas técnicas de donación que permitían "resucitar" dinosaurios con fines de entretenimiento. Hoy están disponibles técnicas muy similares y varios laboratorios trabajan con el objetivo de "volver a la vida" al mamut (*Mammuthus sp.*), extinguido hace 3.700 años. La técnica consiste en aislar el ADN de los fósiles y introducirlo en el óvulo de una elefanta que alberga el feto hasta su nacimiento. Sin embargo, surgen controversias científicas y políticas en relación con este tema. Entre otras, ¿por qué recuperar especies extinguidas en vez de volcar los recursos económicos para preservar las actuales? ¿Cuál sería el hábitat donde introducir el mamut, cuya extinción es el resultado de la alteración del ambiente donde vivía? ¿Qué impacto puede tener sobre la biota actual la reinstalación de ejemplares extintos en relación con enfermedades, competencia y otros efectos imprevisibles? El autor de *Parque Jurásico* ya planteaba con agudeza estos y otros posibles problemas derivados de la clonación de especies extintas.



► Restos de una cría de mamut cuyos tejidos fueron preservados por el hielo.

### ACTIVIDADES

1. El estudio de mormas permitió saber que la viruela fue una enfermedad viral que produjo millones de muertes durante aproximadamente 10.000 años. A partir de la vacunación, en 1977, se reportó el último caso de viruela en Somalia, África. Se guardaron congeladas solo dos muestras del virus.

a. ¿Las muestras deberían ser destruidas o preservadas? Justifiquen la respuesta.

b. Busquen en internet información acerca del debate que existe con respecto a estas muestras. ¿Qué relación existe entre este debate y los argumentos en favor de preservar la biodiversidad?

2. En Tierra del Fuego, se introdujeron varias especies exóticas. Una fue la de los conejos (*Oryctolagus cuniculus*), en 1936. Los cuatro conejos introducidos se multiplicaron por miles (20 años después, había 30 millones) y comenzaron a destruir los bosques y las pasturas. Con el fin de limitar la población de conejos, se introdujeron zorros grises (*Lycalopex griseus*), especie también exótica. Pero los zorros prefirieron alimentarse de la fauna autóctona. Finalmente, se introdujo un virus (míxomatosis) que produjo una gran mortandad de conejos y limitó su población. Los zorros incrementaron la predación de la fauna autóctona. La caza fue lo único que limitó su expansión.

a. ¿Qué estudios hubieran hecho falta antes de permitir la introducción de conejos y zorros en la isla?

b. ¿Por qué se considera una amenaza la introducción de estas especies exóticas en la isla?

c. Busquen en internet información acerca de los castores introducidos en Tierra del Fuego en 1940. ¿Desde dónde y con qué fin fueron traídos a la Argentina? ¿Qué medidas se están tomando hoy para limitar la población de castores?



La ecología científica es una rama de la biología que investiga las relaciones que los seres vivos establecen entre sí y con el ambiente físico en el que viven. Con el fin de comprender estas complejas interacciones, se definió el ecosistema como una unidad de estudio que muestra capacidades de autorregulación y una relativa estabilidad, que permiten diferenciarlo del entorno. Para describir y caracterizar los ecosistemas, se han construido modelos teóricos basados en diferentes perspectivas (energética, estructural/funcional y dinámica).

La perspectiva energética está centrada en el análisis de la cantidad y la calidad de la energía disponible en el ecosistema y sus transformaciones. Sobre esta base, los organismos se agrupan en productores, consumidores de diferente orden y descomponedores, y se los analiza como parte de redes tróficas, a través de las cuales se producen ciclos de materia y flujos de energía.

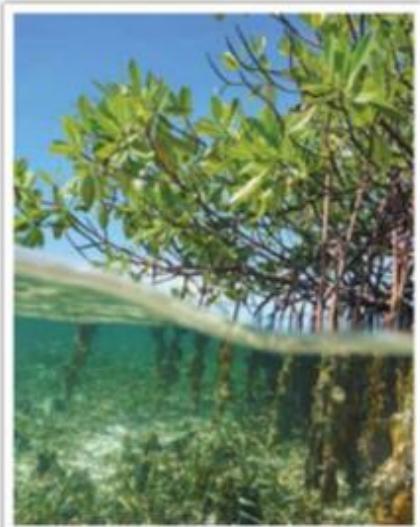
La biomasa, la productividad y la eficiencia ecológica son parámetros que permiten cuantificar el funcionamiento energético del sistema.

Desde la perspectiva de la estructura y función, los ecosistemas son estudiados a partir de la biodiversidad que contienen. Los individuos forman poblaciones que, a su vez, constituyen la comunidad biótica del ecosistema. Entre las poblaciones, se establecen relaciones tales como la competencia, la depredación, el parasitismo, y otras que regulan el tamaño de las poblaciones en el ecosistema y la diversidad biológica en su conjunto. Estas relaciones, así como las adaptaciones al medio físico y el comportamiento, definen posibilidades y restricciones en las condiciones de vida de los organismos y ofrecen oportunidades donde operan los mecanismos de evolución biológica.

Respecto a su dinámica, los ecosistemas experimentan cambios que los alteran en mayor o menor medida, y que conducen a la formación de nuevos ecosistemas. Estos se producen en forma lenta y sostenida a lo largo de la historia del planeta, pero también, pueden ser más rápidos (sucresiones y regresiones ecológicas). Durante los cambios, la comunidad establecida se modifica por sustitución de las especies presentes y dota al ecosistema de una nueva estructura y funciones.

La especie humana, desde su origen, ha modificado los ecosistemas. Primero, a través de la caza y la recolección; y luego, con el establecimiento de las sociedades agrícola-ganaderas hace unos 8 mil años. Sin embargo, desde la Revolución Industrial, a fines del siglo XVIII, esas modificaciones se profundizaron y aceleraron debido a la sobreexplotación de los componentes bióticos y abióticos de la Tierra y a sus efectos contaminantes sobre el aire, el agua y el suelo. Los agroecosistemas, destinados a producir alimentos y otros insumos industriales (como combustibles o fibras para hilandería) para una población creciente, están en plena expansión y van reemplazando los sistemas naturales. La agroecología estudia la aplicación de los modelos ecológicos al diseño, el desarrollo y la gestión de sistemas agrícolas. Estos ecosistemas artificiales deben ser subsidiados para mantener ciclos de materia y flujos de energía al servicio de las sociedades que requieren permanentemente de recursos destinados al consumo.

Los ecosistemas humanos tienen como consecuencia la modificación del ambiente natural a escala planetaria con el resultado de la extinción de miles de especies silvestres.



- Supongan que la comunidad de un ecosistema está formada por estas poblaciones:  
 Árboles de fresno • Zorros (se alimentan de liebres y de perdices) • Liebres (se alimentan de pastos, hojas y frutos de los árboles) • Torcasas (se alimentan de frutos de los árboles y de insectos) • Hormigas (se alimentan de hojas de los árboles) • Perdices (se alimentan de frutos de los árboles y de insectos) • Culebras (se alimentan de huevos de aves) • Pastos • Hongos y bacterias.
  - Organicen un cuadro que agrupe los organismos de la lista según su función en las cadenas alimentarias de este ecosistema.
  - En las carpetas, representen con un esquema una cadena alimentaria completa, seleccionen de la lista los organismos que necesiten.
  - La perspectiva desde la cual se está analizando este ecosistema corresponde a:
    - El modo en el cual ocurren los intercambios de materia y energía.
    - La diversidad biológica presente y el lugar y la función de cada grupo.
    - Cambios que ocurren a lo largo del tiempo. Justifiquen la respuesta.
    - Teniendo en cuenta que la población de perdices y la de torcasas comparten el mismo alimento, ¿qué tipo de relación se establece entre ellas?
    - Tomando en cuenta las tres perspectivas señaladas en el punto c, ¿desde cuál de ellas se estudian las relaciones interespecíficas que ocurren en la comunidad?
  - Hagan una lista con otras relaciones interespecíficas que se han explicado en el libro.
- En la Antigüedad, vastas zonas de la actual provincia de La Pampa estuvieron dominadas por bosques de caldén (*Prosopis caldenia*). En uno de los ecosistemas estudiados, se pudo reconstruir esta historia:  
 Los habitantes del pueblo-nación ranquel utilizaban el caldén como leña para cocinar y sus frutos para comer y no afectaban mucho el bosque.  
 Entre 1878 y 1885, una campaña militar (llamada Campaña del desierto) ocupó la zona y expulsó a los ranqueles. Se establecieron allí los primeros colonos blancos y criollos, que se dedicaron a la cría de bovinos y mantuvieron los bosques originales.  
 Entre 1914-1940, comenzó la tala de los bosques de caldén con el fin de fabricar carbón y obtener leña como combustible para las locomotoras a vapor.  
 Agotado el caldén, desde 1940 hasta 1990 esa zona fue abandonada y allí crecieron pastizales, arbustos y algunos árboles de algarrobo. A partir de 1990, se desmontó y se quemó la vegetación existente y el terreno fue preparado para el cultivo de soja, que subsistió hasta 2001. Desde 2001 y hasta el presente, la zona de cultivo fue abandonada.  
 Sobre el esquema que aparece más abajo, que representa estos sucesos, que representan estos sucesos:
  - Completen los cuadros con las características de la vegetación de los ecosistemas en cada periodo (etapas clímax).
  - Rotulen en los cuadros vacíos asociados a cada flecha el suceso que corresponda a la perturbación en los ecosistemas que se describe.
- En la provincia de Buenos Aires, el ave migratoria cauquén colorado (*Chloephaga rubidiceps*), declarado plaga en 1960, actualmente, está protegido por ley, ya que está en riesgo de extinguirse. Desde el 2000, fue declarado Monumento Nacional Provincial de Buenos Aires. Investiquen en internet qué otras especies animales y vegetales corren el riesgo de extinción en la provincia de Buenos Aires y cuáles son las políticas destinadas a su protección (como reservas naturales, bancos de germoplasma y otras).



# El agua, un recurso necesario para la vida en la Tierra

En esta parte del libro, les ofrecemos información para poder desarrollar en equipos un proyecto que les permitirá relacionar varios temas desarrollados en el libro. Consistirá en un trabajo de búsqueda de información con un producto final destinado a divulgar los conocimientos en la comunidad escolar.

La tarea de investigación les permitirá ampliar lo que aprendieron sobre la importancia del agua para la vida y abordar temáticas relacionadas con la preservación de los recursos hídricos. Durante el proceso, realizarán diversas producciones que serán utilizadas para elaborar el producto final: un material de divulgación que recabará los principales conceptos estudiados.

Para elaborar ese material de divulgación, tengan en cuenta:

- Formular un conjunto de preguntas que les sirvan de "guía".
- Decidir hacia qué sector de la comunidad escolar estará dirigido. Por ejemplo, puede estar destinado a los estudiantes o a los vecinos del barrio de la escuela. Las características del

material (lenguaje, estética, formato, soporte, etc.) variarán según los destinatarios.

- Elegir los modos de organizar la información, el formato y el soporte del material según lo que consideren más apropiado y viable. Podrá ser un pódcast, un video, un blog, una presentación en diapositivas, pósters, folletos, etcétera, y sus diversas combinaciones.

## RECORRIDO DE CONTENIDOS Y ACTIVIDADES DEL PROYECTO

El agua como eje	<b>Actividad 1: Punto de partida</b> Revisión y selección de información. Texto de síntesis o presentación.
El agua es indispensable para la vida	<b>Actividad 2: Distribución del agua en el planeta según su calidad</b> Elaboración de gráficos.
El agua es un recurso limitado	
La distribución de agua dulce es desigual	
El acceso al agua es un derecho	<b>Actividad 3: Bien social versus bien económico</b> Elaboración de material informativo.
Demanda creciente + deterioro de recursos hídricos – escasez de agua dulce	<b>Actividad 4: Deterioro de los recursos hídricos. Causas y consecuencias</b> Búsqueda de fuentes de información. Elaboración de un cuadro.
¿Qué es una cuenca hidrográfica?	<b>Actividad 5: Distribución del agua y cuencas hidrográficas de la Argentina</b> Elaboración de un material visual.
Gestión integrada de los recursos hídricos	<b>Actividad 6: Tratados internacionales</b> Textos en distintos formatos, material visual, cuadro.
Gestión del agua en la Argentina	<b>Actividad 7: ¿Se lleva a cabo una GIRH en la Argentina?</b> Elaboración de un informe.

## ¿Por qué poner el foco en el agua?

Las personas que hicimos este libro elegimos el agua como temática para desarrollar este proyecto integrador debido a lo esencial de este compuesto para el desarrollo de la vida en la Tierra. El agua está presente en todos los ambientes y en cada uno de los seres vivos que los habitan. Al mismo tiempo, participa en todo el planeta de los procesos que regulan las condiciones del a Tierra. Los seres humanos organizamos nuestra vida en torno del agua; es parte necesaria de todas las actividades que desarrollamos,

y muchas de ellas impactan negativamente sobre los recursos hídricos.

La hidrosfera es el subsistema terrestre que contiene la totalidad del agua del planeta en todos sus estados. Incluye el agua superficial y subterránea, el hielo de los casquetes polares y de las caderas montañosas, y el agua que se encuentra en la atmósfera en estado gaseoso, líquido y sólido. El modelo del ciclo del agua (o ciclo hidrológico) integra los procesos físicos, químicos y biológicos que intervienen en la dinámica de la hidrosfera, y sus complejas interrela-

ciones. El recorrido del agua en ese ciclo se basa en los cambios de estado, que están condicionados por la energía térmica solar y, también, por otros factores ambientales como los vientos, la presión atmosférica,

## El agua es indispensable para la vida

Según las teorías más aceptadas acerca de la evolución química y biológica del planeta, las moléculas orgánicas y los primeros organismos unicelulares se originaron en un medio acuoso. Es precisamente este origen lo que explica que el agua sea el componente mayoritario de los seres vivos y que participe en todos los procesos metabólicos.

Cuando estudiamos las propiedades físicas y químicas del agua, observamos el "ajuste perfecto" entre sus particularidades y las funciones que cumple en los procesos vitales. Este ajuste tiene una explicación: los organismos evolucionaron a lo largo de miles de millones de años en ambientes en los que el agua fue y sigue siendo uno de los factores "moderadores" de dicha evolución. En su libro *Trayectorias de vida* (1997), el neurobiólogo inglés Steven Rose (1938) afirma:

Creaturas vivas. (...) Son los productos de cuatro mil millones de años de evolución, del desenvolvimiento continuo de los grandes experimentos naturales que las condiciones físicas y químicas del planeta Tierra hacen posibles y tal vez inexorables.

## ACTIVIDAD 1: PUNTO DE PARTIDA

En todos los bloques de contenidos de este libro, se hace referencia de uno a otro modo a la importancia del agua para la vida.

Revisen y seleccionen información en los apartados que abordan contenidos relacionados con el agua y enunciad a qué se refiere cada uno (propiedades, ciclo del agua, agua en la alimentación, agua y salud, biotecnología y calidad del agua, etc.).

Localicen los esquemas de los organismos, las células y los ecosistemas como sistemas abiertos que se presentan en cada bloque. ¿En qué procesos interviene el agua en cada uno de ellos?

Utilicen la información recuperada para elaborar una síntesis con el formato que consideren más apropiado (por ejemplo, un texto con esquemas y cuadros; una presentación en Ppt o Prezi, etc.). Esta tarea los ayudará a repasar e integrar lo aprendido. Podrán recurrir a esta primera producción del proyecto cada vez que lo necesiten.

## El agua es un recurso limitado

Habitamos un planeta que tiene un 71% de la superficie cubierta por agua. Sin embargo, el agua es un recurso limitado para la mayor parte de los seres vivos; y en particular, para la población humana. Esta limitación se relaciona principalmente con la calidad

del agua, es decir, con las sustancias que están disueltas o suspendidas en ella.

El 97,5% del agua del mundo es salada y forma parte de los mares y océanos. Su concentración salina es muy elevada (entre el 3% y el 5%) y, por eso, no puede ser utilizada por los seres vivos.

El 2,5% restante es agua dulce, es decir, agua que tiene una baja proporción de sales disueltas (menor al 0,05 %) y, por eso, es apta para la vida.

Del total de agua dulce existente, solo la que se encuentra en ríos, lagos, arroyos y napas subterráneas es accesible para uso humano. El resto lo constituyen los glaciares en forma de hielo.

## ACTIVIDAD 2: DISTRIBUCIÓN DEL AGUA EN EL PLANETA SEGÚN SU CALIDAD

En página web del Ministerio de Salud y Desarrollo Social encontrarán información más detallada de la distribución del agua en el planeta, en relación con su calidad. [Fuente 1](#)

Identifiquen en el cuadro "Estimación de la distribución del agua global" todas las fuentes disponibles de agua dulce.

Utilicen la información de este apartado y la que aporta la página consultada para elaborar gráficos que representen:

- a. la proporción de agua dulce y de agua salada respecto del total de la del planeta.
- b. la proporción de agua que puede ser utilizada para uso humano.
- c. la proporción de agua destinada a los distintos usos.

## La distribución de agua dulce es desigual

En la actualidad, la humanidad debe enfrentar dos problemáticas referidas a la distribución del agua. La primera se debe a la desigual *distribución física* en el planeta; la segunda está relacionada con una desigual *distribución social y económica*.

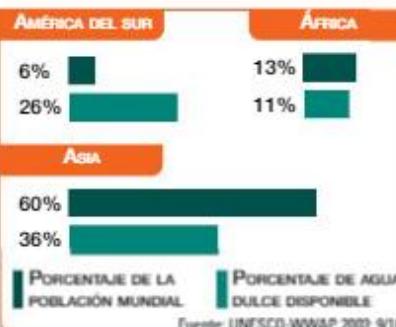
La distribución física del agua es desigual debido a que depende de las condiciones climáticas y geológicas existentes en cada región. Así, por ejemplo, en las zonas desérticas es muy escasa y, en las zonas selváticas es abundante. Esta distribución desigual, además, no es proporcional a la población de cada región. Según el Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos de 2019 más de 2.000 millones de personas viven en países que sufren una fuerte escasez de agua; y aproximadamente, 4.000 millones de personas padecen una grave escasez de agua durante, al menos, un mes al año.

La distribución social y económica del agua es desigual debido a que solo algunas poblaciones del mundo disponen de los medios necesarios para proveerse de agua dulce. En los países menos desarrollados, por ejemplo, una gran parte de sus habitantes no tiene acceso al agua potable ni a sistemas de saneamiento. Esta desigualdad se produce también en



las poblaciones que viven en regiones con abundancia física de agua.

En general, se trata de comunidades que habitan en la periferia de zonas urbanas o en los poblados rurales alejados de las grandes ciudades.



Los gráficos muestran que la proporción de agua dulce disponible en esos tres continentes no guarda relación directa con la proporción de la población mundial que habita cada uno de ellos.

### El acceso al agua es un derecho

Como dijimos, el agua es un recurso esencial para el desarrollo de la vida, en general, y para la especie humana, en particular. Este carácter fundamental la convierte en un bien social. Todos los seres humanos tenemos derecho a acceder al agua, pues dependemos de ella para subsistir. Se calcula que cada persona requiere entre 20 y 50 litros de agua por día si se considera la totalidad de las actividades en las que la utiliza. Además, debe ser agua segura, es decir, no contener microorganismos ni sustancias que puedan afectar la salud.

El carácter limitado de este recurso indispensable lo convierte en un bien económico. Esto significa que, si los Estados no lo impiden, los sectores privados pueden apropiarse de las fuentes disponibles. La consecuencia directa de esta apropiación es que se le asigne un precio, que se rige por la ley de oferta y demanda: aumenta cuanto mayor es la escasez.

### ACTIVIDAD 3: BIEN SOCIAL VERSUS BIEN ECONÓMICO

El Capítulo I del Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2019, *No dejar a nadie atrás*, se titula "Los derechos humanos al agua y el saneamiento y la Agenda 2030 para el desarrollo sostenible" (Fuente 2) y trata sobre la temática del acceso al agua como un derecho humano.

Luego de leerlo, elaboren un material informativo dirigido a la comunidad de su escuela.

- a. Formulen 10 preguntas clave referidas a esta temática.
- b. Elaboren la respuesta a cada una de esas preguntas.

- c. Decidan qué formato tendrá el material informativo (folleto, póster, video, audio, presentación en dispositivos, etc.).
- d. En caso de tratarse de un material visual, complementen las preguntas y respuestas con las imágenes que consideren apropiadas.

### Demanda creciente + deterioro de recursos hídricos = escasez de agua dulce

En la primera parte del proyecto, abordamos las problemáticas relacionadas con la distribución física y socioeconómica del agua. A continuación, nos referiremos a las problemáticas relacionadas con la escasez y el deterioro crecientes de este recurso.

Desde hace unos 25 años, la amenaza de la escasez de agua en el planeta se ha convertido en una de las problemáticas ambientales más preocupantes en todo el mundo, y por ende, en foco de tensión entre naciones y también entre regiones de un mismo país.

La causa principal de la escasez es el aumento de la población y el consecuente incremento en la demanda de agua dulce para la producción de alimentos, usos industriales y domésticos entre otras actividades que dependen de ella.

Al mismo tiempo que aumenta la demanda, la disponibilidad de agua dulce se reduce debido al continuo deterioro de los recursos hídricos. La principal causa de este deterioro es la contaminación que proviene de las actividades humanas.

Desde el campo de la investigación científica y tecnológica, se buscan y proponen alternativas para minimizar los impactos negativos de la contaminación, así como también para evitar el uso inapropiado de los recursos hídricos. Pero las acciones necesarias para asegurar a futuro el acceso al agua no pueden quedar en manos de determinados sectores económicos y políticos, sino que deben involucrar a todos los sectores de la sociedad.

### ACTIVIDAD 4: DETERIORO DE LOS RECURSOS HÍDRICOS. CAUSAS Y CONSECUENCIAS

La mayoría de las actividades humanas generan aguas residuales que contienen una diversidad de sustancias; muchas de ellas, tóxicas. En casi todo el mundo, excepto en los países más desarrollados, las aguas residuales se vierten en los ambientes naturales sin un tratamiento de depuración adecuado. La incorporación continua y creciente de estas aguas afecta la calidad de los recursos de agua dulce y, por lo tanto, tiene consecuencias negativas sobre la dinámica de los ecosistemas, la salud humana y la productividad económica.

Este es solo un ejemplo de las causas de contaminación de los recursos hídricos. Les proponemos que:

- a. Busquen y seleccionen en fuentes de información las principales actividades que provocan contaminación hídrica.

- b. Elaboren un cuadro que sintetice cuáles son esas actividades, qué agentes contaminantes introduce cada una y cuáles son los efectos sobre el ambiente y la vida humana.

- c. Indiquen las actividades causantes de contaminación que más desarrollo tienen en la Argentina.

Fuente 3: Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos, 2017.

Fuente 4: Video Saneamiento de la Cuenca Matanza-Riachuelo. Fallo Mendoza.

### ¿Qué es una cuenca hidrográfica?

Una cuenca hidrográfica es un área del territorio limitada por las zonas más altas del relieve, que actúan como divisorias de agua. Una cuenca abarca un conjunto de cursos de agua (ríos, arroyos, riachos) que conforman una red de drenaje superficial. Esto significa que, cuando se produce un evento de precipitación, el agua que escurre superficialmente se encauza por esa red hacia las zonas de relieve más bajo, hasta drenar en el río que da nombre a la cuenca.

Los ríos suelen estar vinculados con los acuíferos, que son las franjas (o perfiles) de suelo poroso donde se almacena y fluye agua a diferentes profundidades, según las características del suelo y la pendiente, entre otros factores.

Los cursos de agua superficial y los acuíferos de una cuenca son el sustento hídrico de los ecosistemas. Debido a esto, el deterioro en cualquiera de los componentes del ciclo hidrológico de la cuenca afectará a las comunidades que habitan los ambientes acuáticos y terrestres que están comprendidos en ella. En las cuencas, se materializan todos los procesos que componen el ciclo hidrológico y, por eso, son consideradas unidades de gestión de los recursos hídricos.

### ACTIVIDAD 5: DISTRIBUCIÓN DEL AGUA Y CUENCA HIDROGRÁFICA DE ARGENTINA

Nuestro país presenta una gran variedad de clímas debido a la gran extensión de su territorio y a su ubicación en el globo terrestre. Cuenta además con una diversidad de relieves. Como consecuencia de estas características geográficas, la Argentina posee una distribución física desigual del agua a la que se le suman marcados cambios interanuales. Estos cambios son provocados, por ejemplo, por fenómenos climáticos globales como el de La Niña o el Corriente del Niño, que suelen ser causantes de sequías en algunas regiones e inundaciones en otras. Les proponemos que elaboren un material visual que muestre:

- a. Cuáles son las cuencas hidrográficas de nuestro país.
- b. Averigüen qué característica se tiene en cuenta para clasificarlas e indiquen qué tipo de cuenca es cada una.
- c. Identifiquen las cuencas que incluyen territorios de la provincia en la que viven.
- d. Ilustren el material con fotos de las distintas cuencas (Fuente 5).

Foto aérea de la desembocadura de la Cuenca del Plata.



### Gestión integrada de los recursos hídricos

A partir de la década de 1970, las problemáticas en torno del agua y del ambiente comenzaron a ocupar un lugar relevante en las agendas de organismos internacionales como la Organización de las Naciones Unidas (ONU), la Organización de Estados Americanos (OEA), el Consejo Mundial del Agua (WWC, por su sigla en inglés), entre otros.

En 1987, la Comisión Mundial de Medio Ambiente y Desarrollo de la ONU elaboró un informe que sentó las bases para implementar una gestión de los recursos hídricos que atienda las dimensiones ambiental, social y económica. Allí se definió el desarrollo sostenible como el que "debe responder a las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras de responder a las suyas"; y que, a través "del mejoramiento de nuestras capacidades tecnológicas y la organización social, podremos alcanzar el crecimiento económico".

En la Cumbre Mundial para el Desarrollo Sostenible, realizada en Río de Janeiro en 1992, surgió el concepto de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH). La definición más aceptada de la GIRH es la que enuncia la Asociación Mundial para el Agua: "La GIRH es un proceso que promueve la gestión y el desarrollo coordinados del agua, el suelo y los otros recursos relacionados, con el fin de maximizar los resultados económicos y el bienestar social de forma equitativa sin comprometer la sostenibilidad de los ecosistemas vitales. La participación de la comunidad es clave para garantizar que la GIRH se adapte a los contextos locales".

## ACTIVIDAD 6: TRATADOS INTERNACIONALES

Busquen y seleccionen información de las distintas fuentes de consulta relacionadas con distintos tratados internacionales.

En el video *Agua y sostenibilidad* ([Fuente 6](#)) encontrarán una introducción a este tema. Les proponemos hacer un punteo de los principales temas que se abordan en él.

En la Asamblea General de la ONU, en septiembre del 2015, se acordó la Agenda 2030, que establece los *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. El objetivo 6 se refiere directamente al agua limpia y al saneamiento; no obstante, teniendo en cuenta la caída, la problemática del agua está también presente en otros objetivos.

### 1. Ingresen a [Fuente 7](#).

a. Lean la información que se aporta en esa página acerca de cada objetivo.

b. Identifiquen cuáles requieren de la ONU para su cumplimiento.

c. Elaboren un material visual (póster, presentación en formato digital, etc.) en el cual presenten cada uno de los objetivos que se relaciona con la caída con una explicación acerca de esa relación.

2. Vean el video *Decenio Internacional Agua para el Desarrollo Sostenible, 2018-2028* ([Fuente 8](#)).

a. ¿Cuál es el objetivo de este tratado? ¿Sobre cuál de las problemáticas está centrado?

3. En [Fuente 9](#), podrán encontrar cuáles fueron los Foros Mundiales del Agua realizados desde 1996 hasta el momento. Elaboren un cuadro como este:

Foto N.º Año y ciudad sede Temática del foro


En [Fuente 10](#), podrán encontrar una visión crítica acerca del Foro Mundial del agua.

## Gestión del agua en la Argentina

En la Argentina se desarrollan acciones que tienen como objeto la gestión integral de los recursos hídricos. El primer paso en esa dirección fue establecer una base jurídica que garantice una gestión eficiente y sustentable para todo el país. Para eso, la Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación (srrh) impulsó a las provincias argentinas para que convoquen a los sectores que tienen injerencia respecto del uso, la gestión y la protección de sus recursos hídricos.

En ese contexto, se creó el Consejo Hídrico Federal (cohid), en diciembre de 2002. Este consejo está integrado por las autoridades hidráulicas de las provincias y la Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación (srrh).

Para ampliar información, pueden consultar [Fuente 11](#) y [Fuente 12](#).

## ACTIVIDAD 7: ¿SE LLEVA A CABO UNA ONU EN LA ARGENTINA?

Les proponemos buscar información y elaborar un informe acerca de algunas temáticas relacionadas con la gestión del agua en la Argentina. Para confeccionarlo, tengan en cuenta que pueda ser utilizado como material de consulta para otros estudiantes de la escuela.

Para organizar y orientar la búsqueda de información, es útil formular preguntas. Aportamos algunas a modo de ejemplo, que podrán utilizar según la temática: ¿Cómo se relaciona cada problemática con la caída? ¿Cómo se relaciona con el acceso al agua segura como derecho humano? ¿Qué efecto tiene (o podría tener en el futuro) sobre el derecho de acceder al agua potable? ¿Qué legislación existe respecto de esa problemática para garantizar la caída? ¿Resulta suficiente esa legislación? ¿Se cumple con ella? ¿Qué acciones se llevan a cabo para controlar su cumplimiento?

Pueden desarrollar temáticas como estas:

- ¿Todos los habitantes de la Argentina tienen acceso al agua potable segura? Consulten el artículo del oac: "El derecho de acceso al agua para consumo humano en el nuevo Código Civil y Comercial de la Nación" ([Fuente 13](#) y [Fuente 14](#)) e "Indicadores de condiciones de vida de los hogares en 31 aglomerados urbanos, segundo semestre de 2018" (naci) ([Fuente 15](#))
- La compra de tierras por parte de extranjeros. Ley 26.737, Régimen de Protección al Dominio Nacional sobre la Propiedad, Posesión o Tenencia de las Tierras Rurales. ([Fuente 16](#)), Tierras rurales. Decreto 820/2016 ([Fuente 17](#)), Diputados Argentina. Proyecto de Declaración ([Fuente 18](#)).
- La exportación de productos agrícolas: "Agua virtual". Artículo publicado en revista *Frontexas* publicación anual del Grupo de Ecología del Paisaje y Medio Ambiente (forexas) del Centro de Estudios Avanzados de la Universidad de Buenos Aires ([Fuente 19](#)).
- Desarrollo Sostenible en la Cuenca del Plata. ([Fuentes 20](#) y [Fuente 21](#))

- La Participación Pública y Privada en Aguas Potable y Saneamiento. Plan Nacional del Agua ([Fuente 22](#)) y Captura regulatoria y opacidad de los fiduciarios de las Asociaciones Público-Privadas ([Fuente 23](#)).
- Enfermedades de origen hídrico en la Argentina. Para buscar información acerca de las enfermedades de origen hídrico, en general, de la oac: [Fuente 24](#), En la Argentina ([Fuente 25](#) y capítulos 2 y 3 de [Fuente 26](#)); recursos del Portal del Ministerio de Salud y Desarrollo social de la Nación. Recursos y campañas: [Fuente 27](#), [Fuente 28](#), [Fuente 29](#), [Fuente 30](#) y [Fuente 31](#).



<https://rebrand.ly/m15kou/>

\* Recursos disponibles en: <http://puertoestradadigital.com.ar>



© Editorial Estrada S.A. - Producción en impresión, 1er. 11/2019

Cód. 27512

ISBN 978-950-01-2481-2



9 789500 124812 >



[www.editorialestrada.com.ar](http://www.editorialestrada.com.ar)  
[argentina.info@estrada@macmillaneducation.com](mailto:argentina.info@estrada@macmillaneducation.com)

[/EditorialEstrada](https://www.facebook.com/EditorialEstrada)