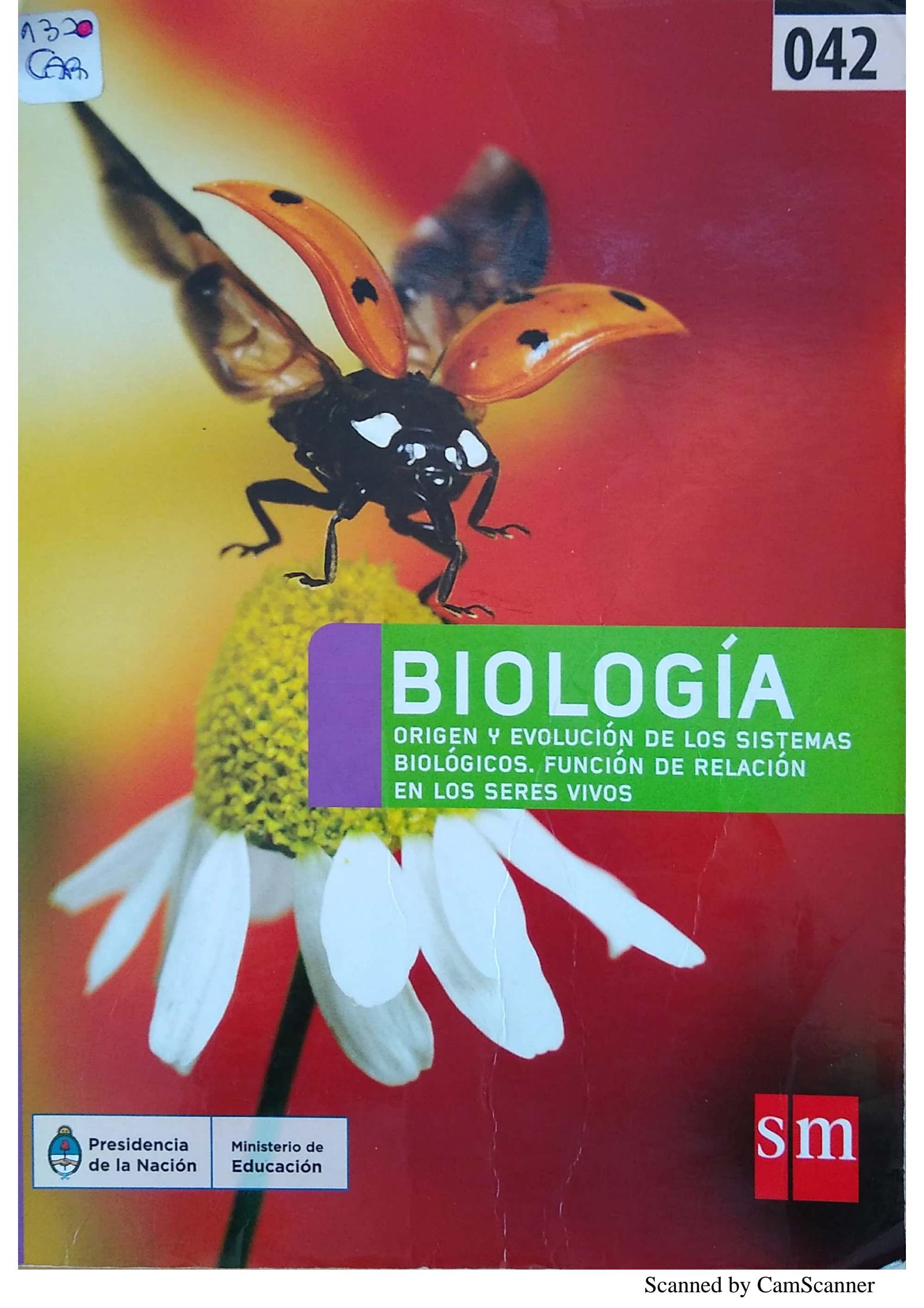


1320
CAR

042



BIOLOGÍA

ORIGEN Y EVOLUCIÓN DE LOS SISTEMAS
BIOLÓGICOS. FUNCIÓN DE RELACIÓN
EN LOS SERES VIVOS



Presidencia
de la Nación

Ministerio de
Educación

sm

ÍNDICE

ORIGEN Y EVOLUCIÓN DE LOS SERES VIVOS

1 ORIGEN DE LOS SERES VIVOS 6

1. La generación espontánea.....	8
Las experiencias de Redi, Needham y Spallanzani	8
Pasteur y el fin de la generación espontánea.....	9
2. El origen de la Tierra	10
Tiempo geológico y origen del sistema solar.....	10
La Tierra primitiva.....	11
La atmósfera.....	11
3. La teoría de Oparin-Haldane.....	12
Síntesis prebiótica	12
El experimento de Miller. La teoría de la panspermia	13
4. La aparición de las primeras células	14
Los primeros organismos	14
Los primeros autótrofos. Estromatolitos	15
5. El origen de las células eucariotas	16
Formación del núcleo celular	16
El origen de las mitocondrias y los cloroplastos	17
6. La diversificación de la vida	18
La era paleozoica	18
La era mesozoica. La era cenozoica	19
7. La clasificación de los seres vivos	20
La filogenia	20
Linneo y las bases del sistema de clasificación moderno	21
8. La clasificación actual	22
El árbol filogenético de la vida	22
Ciencia, tecnología y sociedad	23
La exobiología	23
Integración [textos y experiencias]	24
Un paseo por los textos. La generación espontánea y el origen de la vida	24
En el laboratorio. Recreación de la experiencia de Redi	25
ACTIVIDADES	26
EN RESUMEN	27

2 LA EVOLUCIÓN DE LOS SERES VIVOS 28

1. El origen de la diversidad biológica	30
Fijismo y creacionismo	30
Los principales fijistas	31
2. Las teorías evolucionistas	32
El transformismo	32
Un ejemplo de evolución explicado por el transformismo. Críticas al lamarckismo	33
3. El darwinismo	34
El viaje de Darwin a bordo del Beagle	34
Las influencias de Darwin. Los datos considerados	35
La selección natural	36
La selección natural y el transformismo. Las críticas a la selección natural	37
4. La evolución después de Darwin	38
Teoría sintética. Selección natural y adaptación	38
La velocidad de la evolución. Saltacionismo	39
5. Argumentos a favor de la evolución	40
Los fósiles. Distribución geográfica de los seres vivos	40
Anatomía comparada	40

Desarrollo embrionario. Genética molecular

6. El origen de las especies

Los experimentos de Hämmerling

7. La extinción de especies

Las partes del núcleo

3. Los cromosomas

Células diploides y haploides

El cariotipo. El cariotipo humano

4. La mitosis

La duplicación cromosómica previa a la mitosis. Los cromosomas y el ciclo celular

5. La meiosis

Importancia de la meiosis. Diferencias entre la mitosis y la meiosis

6. El material hereditario

El ADN. Estructura de la molécula de ADN

La información del ADN. Traducción del ADN

La duplicación del ADN

Ciencia, tecnología y sociedad

La citogenética

Integración [textos y experiencias]

Un paseo por los textos. La división celular en la historia

En el laboratorio. Observación de la mitosis en células vegetales

ACTIVIDADES

EN RESUMEN

LA CÉLULA: ESTRUCTURA Y FUNCIONES

3 LA CÉLULA 50

1. El microscopio	52
Las primeras observaciones	52
2. La teoría celular	53
La unidad estructural, funcional y reproductora de los seres vivos	53
3. El microscopio electrónico	54
Las microfotografías electrónicas	54
4. La célula: unidad de vida	55
Tipos de organización celular	55
5. Las células procariotas	56
Las bacterias	56
6. Las células eucariotas	57
El citoplasma eucariota	57
La célula animal y la célula vegetal	58
7. El transporte de sustancias a través de la membrana	60
8. La célula como unidad funcional	61
9. La nutrición celular	62
Los cloroplastos y la fotosíntesis	62
Las mitocondrias y la respiración celular. La fermentación	63
10. Niveles de organización de los seres vivos	64
11. Organismos unicelulares y pluricelulares	65
La especialización celular	66
Ciencia, tecnología y sociedad	67
Las células madre	67
Integración [textos y experiencias]	68
Un paseo por los textos. Las observaciones de Hooke en el microscopio	68
En el laboratorio. Observación de células del revestimiento interno de la boca al microscopio óptico	69
ACTIVIDADES	70
EN RESUMEN	71

4 LA DIVISIÓN CELULAR 72

1. La reproducción celular	74
La división celular procariota	74
La división celular eucariota. El ciclo celular	75
2. La información del núcleo celular	76

Los experimentos de Hämmerling

Las partes del núcleo

3. Los cromosomas

Células diploides y haploides

El cariotipo. El cariotipo humano

4. La mitosis

La duplicación cromosómica previa a la mitosis. Los cromosomas y el ciclo celular

5. La meiosis

Importancia de la meiosis. Diferencias entre la mitosis y la meiosis

6. El material hereditario

El ADN. Estructura de la molécula de ADN

La información del ADN. Traducción del ADN

La duplicación del ADN

Ciencia, tecnología y sociedad

La citogenética

Integración [textos y experiencias]

Un paseo por los textos. La división celular en la historia

En el laboratorio. Observación de la mitosis en células vegetales

ACTIVIDADES

EN RESUMEN

REPRODUCCIÓN Y HERENCIA

5 LA REPRODUCCIÓN DE LOS SERES VIVOS 92

1. Formas de reproducción	94
La reproducción asexual. Ventajas y desventajas de la reproducción asexual	94
La reproducción sexual. Ventajas y desventajas de la reproducción sexual	95
2. Formas de reproducción asexual	96
Reproducción asexual en organismos unicelulares. Reproducción asexual en hongos	96
Reproducción asexual en plantas. Reproducción asexual en animales	97
3. La reproducción sexual de las plantas con flores y frutos	98
Las flores y la reproducción	98
La polinización. Coevolución entre plantas y polinizadores	99
4. La fecundación en las angiospermas	100
El fruto	100
La dispersión de frutos y semillas. La germinación de las semillas	101
5. La reproducción sexual en los animales	102
La fecundación	102
El desarrollo embrionario de los animales	103
6. Tipos de desarrollo	104
Desarrollo directo e indirecto. Metamorfosis en anfibios. Metamorfosis en insectos	105
7. Estrategias reproductivas	106
Ciencia, tecnología y sociedad	107
La clonación de animales	107
Integración [textos y experiencias]	108

Un paseo por los textos. Reproducción y evolución	108
En el laboratorio. Reproducción asexual en las plantas	109
ACTIVIDADES.	110
EN RESUMEN	111

6 LA REPRODUCCIÓN HUMANA 112

1. Crecimiento y desarrollo humano.	114
Infancia. Adolescencia. Adultez	114
2. Una etapa de cambios: la adolescencia.	115
Los cambios físicos. Los cambios en el comportamiento	115
3. El sistema reproductor.	116
El sistema reproductor masculino	116
El sistema reproductor femenino	117
4. Las células reproductoras.	118
Los espermatozoides	118
Los óvulos	119
5. El ciclo reproductivo femenino.	120
Ciclo estral y ciclo menstrual	120
El ciclo menstrual humano	121
6. Fecundación, embarazo y parto	122
La fecundación	122
El embarazo	123
El parto	124
Salud reproductiva	125
7. Enfermedades de transmisión sexual	126
El sida	126
CIENCIA, TECNOLOGÍA Y SOCIEDAD	127
Fertilización asistida	127
INTEGRACIÓN [TEXTOS Y EXPERIENCIAS]	128
Un paseo por los textos. El preformacionismo	128
En el laboratorio. Encuesta sobre VIH y sida	129
ACTIVIDADES	130
EN RESUMEN	131

7 LOS MECANISMOS DE LA HERENCIA 132

1. Diversidad en los seres humanos	134
Tipos de variaciones	134
2. Carácteres hereditarios y adquiridos	135
La herencia	135
3. Los genes y la herencia	136
Las mutaciones	137
4. Genética y teoría cromosómica de la herencia	138
Genes alelos	138
Genotipo y fenotipo. La influencia del ambiente	139
5. Las investigaciones de Mendel	140
Primera y segunda leyes de Mendel	141
La herencia simultánea de dos o más caracteres	142
La tercera ley de Mendel. La herencia intermedia	143
6. La herencia en la especie humana	144
Los grupos sanguíneos	145

Heredicia ligada al sexo	146
---------------------------------------	-----

CIENCIA, TECNOLOGÍA Y SOCIEDAD	147
---	-----

El Proyecto Genoma Humano	147
---------------------------------	-----

INTEGRACIÓN [TEXTOS Y EXPERIENCIAS]	148
--	-----

Un paseo por los textos. Distintas formas de entender los cambios en los organismos	148
--	-----

En el laboratorio. Análisis de un cariotipo	149
--	-----

ACTIVIDADES	150
--------------------------	-----

EN RESUMEN	151
-------------------------	-----

8 LOS SERES VIVOS Y EL ENTORNO 152

8.1. FUNCIÓN DE RELACIÓN EN LOS SERES VIVOS 152

1. Los seres vivos se relacionan	154
---	-----

Eстимulo y respuesta. Estímulos externos e internos	154
---	-----

Receptores, coordinadores y efectores	
---	--

La velocidad de respuesta	155
---------------------------------	-----

2. Las plantas y el medio externo	156
--	-----

Nastias	156
---------------	-----

Tropismos	157
-----------------	-----

3. Hormonas vegetales	158
------------------------------------	-----

4. Fotoperiodicidad	159
----------------------------------	-----

Fotoperiodicidad y floración	159
------------------------------------	-----

5. Los animales y el medio externo	160
---	-----

Receptores de estímulos térmicos. Receptores de estímulos químicos	160
--	-----

Receptores de estímulos mecánicos	
---	--

Receptores de estímulos luminosos	161
---	-----

6. Los efectores de los animales	162
---	-----

El sistema locomotor	162
----------------------------	-----

Efectores especializados	163
--------------------------------	-----

7. La comunicación entre efectores y receptores	164
--	-----

El sistema nervioso	164
---------------------------	-----

Funcionamiento del sistema nervioso	
---	--

Comunicación a través de hormonas	165
---	-----

8. Regulación del medio interno	166
--	-----

Regulación y conformismo	166
--------------------------------	-----

La termorregulación. Ectotermos y endotermos	167
--	-----

Balance hídrico	168
-----------------------	-----

CIENCIA, TECNOLOGÍA Y SOCIEDAD	169
---	-----

Tomates modificados genéticamente	169
---	-----

INTEGRACIÓN [TEXTOS Y EXPERIENCIAS]	170
--	-----

Un paseo por los textos. La experimentación según Bernard	170
--	-----

En el laboratorio. Influencia de las auxinas en el fototropismo	171
--	-----

ACTIVIDADES	172
--------------------------	-----

EN RESUMEN	173
-------------------------	-----

9. FUNCIÓN DE RELACIÓN EN LOS SERES HUMANOS 174

1. Función de relación: el cuerpo humano	176
---	-----

Los sistemas de relación	176
--------------------------------	-----

2. El sistema osteoartromuscular	177
---	-----

El esqueleto	177
--------------------	-----

Los músculos esqueléticos. Acción de los músculos sobre el esqueleto	178
--	-----

Las articulaciones	179
--------------------------	-----

3. Las defensas del organismo	180
--	-----

Defensas inespecíficas	180
------------------------------	-----

La respuesta específica. La memoria del sistema inmunológico	181
--	-----

4. El sistema endocrino	182
--------------------------------------	-----

Las hormonas humanas	182
----------------------------	-----

¿Cómo actúan las hormonas? El equilibrio hormonal. Alteraciones en el equilibrio hormonal	183
---	-----

5. El sistema nervioso	184
-------------------------------------	-----

El sistema nervioso central	184
-----------------------------------	-----

El cerebro	185
------------------	-----

Sistema nervioso periférico. Respuestas voluntarias e involuntarias	186
---	-----

El tejido nervioso. Estructura de una neurona	
---	--

La sinapsis	187
-------------------	-----

6. Los sentidos	188
------------------------------	-----

La vista	188
----------------	-----

El olfato. El gusto	189
---------------------------	-----

La audición. El sistema somatosensorial	
---	--

La somatotropía	190
-----------------------	-----

Las imágenes que construye el cerebro	
---	--

Sensación y percepción. Diferencias en la percepción	191
--	-----

Mecanismos de percepción	192
--------------------------------	-----

CIENCIA, TECNOLOGÍA Y SOCIEDAD	193
---	-----

Resonancia magnética nuclear	193
------------------------------------	-----

INTEGRACIÓN [TEXTOS Y EXPERIENCIAS]	194
--	-----

Un paseo por los textos. El caso de Phineas Gage	194
---	-----

En el laboratorio. El "laboratorio humano"	195
---	-----

ACTIVIDADES	196
--------------------------	-----

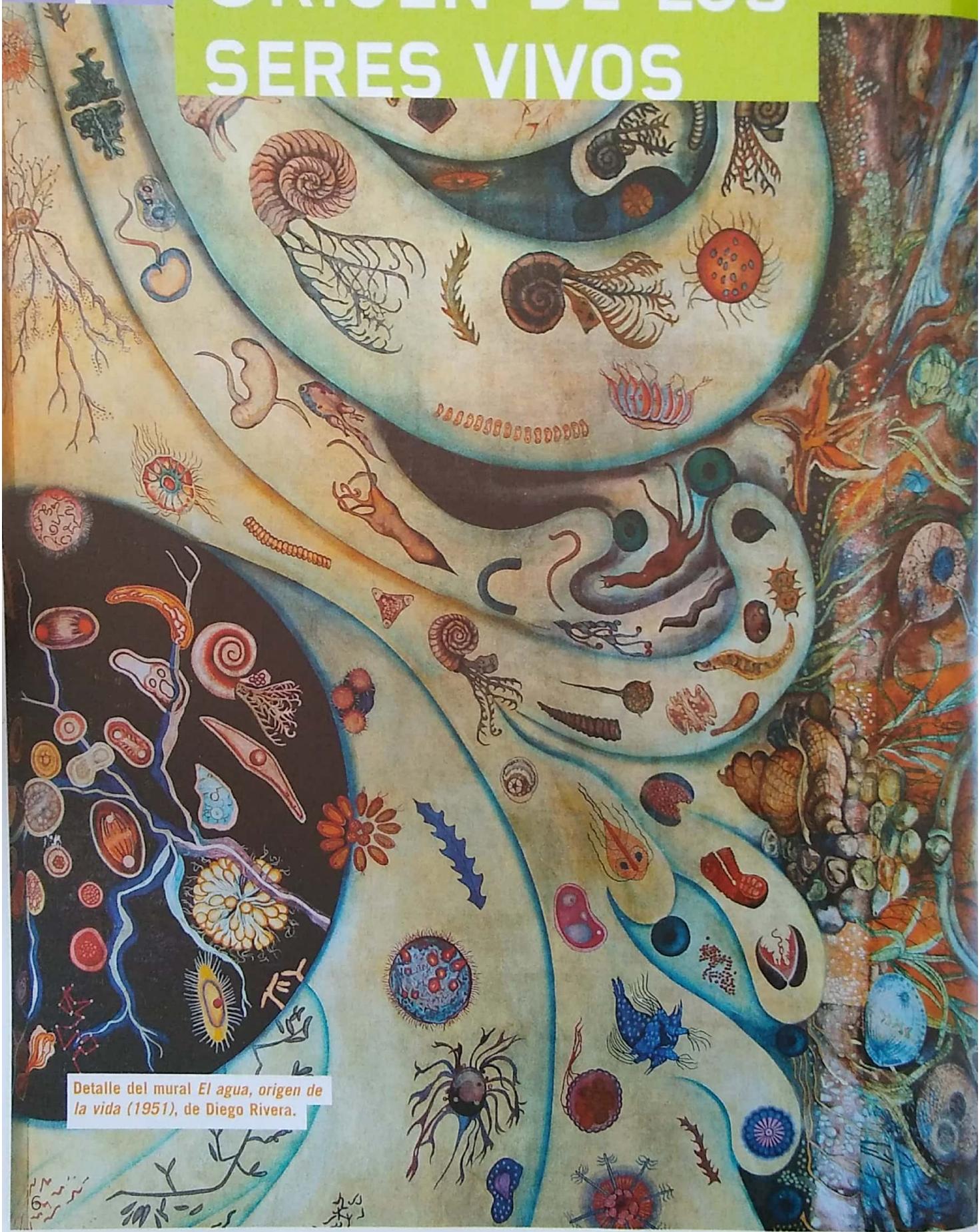
EN RESUMEN	197
-------------------------	-----

GLOSARIO	198
-----------------------	-----

DOSSIER. APRENDER A ESTUDIAR BIOLOGÍA	202
--	-----



ORIGEN DE LOS SERES VIVOS



La Tierra presenta una asombrosa diversidad de seres vivos. Ahora bien, ¿cómo y cuándo se originó la vida? ¿Cuál fue su desarrollo hasta llegar a las formas vivientes que hoy conocemos? Estas preguntas han despertado curiosidad e interés en todas las épocas, y se ha intentado responderlas de diferentes maneras a lo largo de la historia.

PARA ENTRAR EN TEMA

CON LO QUE OBSERVO

La imagen de apertura es un detalle del mural *El agua, origen de la vida*, del artista mexicano Diego Rivera. La obra decora tubos y cámaras de un sistema de distribución de agua corriente en la ciudad de México. Obsérvenlo con atención y respondan a las siguientes preguntas.

- a. ¿Cuál será el significado del título de la obra?
- b. Investiguen en Internet acerca de las características del mural y redacten un informe para compartir en clase. ¿Qué ideas quiso reflejar el artista en su obra? ¿Por qué ilustró diferentes concepciones sobre el origen de los seres vivos en una construcción vinculada con el agua?

CON LO QUE SÉ

Mojen un trozo de pan con agua y déjenlo en un lugar templado y oscuro. Para evitar que se seque, cúbranlo con una bolsa de plástico. Al cabo de unos días observarán la aparición de una "pelusa" de color verde o negro: el moho del pan.

- c. Averigüen qué clase de organismo es el moho de pan.
- d. ¿Cómo explicarían el surgimiento "espontáneo" del moho sobre el pan?



Autorretrato de Diego Rivera (1886-1957).



Moho de pan.

CON LO QUE DESCUBRO

Europa, una de las 16 lunas de Júpiter, es objeto de interés científico porque existe la posibilidad de que allí haya un océano líquido, y no agua congelada, como se creía hasta hace poco. ¿Cuál es la importancia de este descubrimiento? Lo fundamental es que el agua es indispensable para la vida sobre la Tierra, ya que todas las formas de vida que habitan el planeta necesitan agua líquida para subsistir. De acuerdo con lo que se sabe sobre el origen de la vida en la Tierra, el agua es un componente básico de las condiciones en las que puede surgir la vida, al menos tal como la conocemos.

- e. Debatán en grupos sobre la siguiente reflexión: Si en la Tierra primitiva la vida surgió en un medio acuoso, ¿podría haber vida extraterrestre en el océano líquido de Europa?

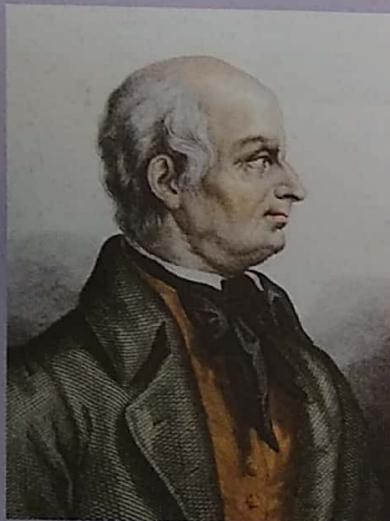


Europa.

1 LA GENERACIÓN ESPONTÁNEA



Francesco Redi (1626-1697).



Lazzaro Spallanzani (1729-1799).

CONOCER MÁS

Las **experiencias científicas** ponen a prueba teorías que pretenden explicar fenómenos de la naturaleza. Para que una teoría pueda considerarse científica debe:

- basarse en hechos, observaciones o experiencias, es decir, debe estar fundada;
- explicar esos hechos u observaciones, debe darles sentido;
- ser refutable, es decir, tiene que ser posible comprobar si no es correcta realizando experimentos de laboratorio o mediante la observación de la naturaleza.

Durante siglos, los seres humanos han buscado la forma de explicar el surgimiento de la vida en la Tierra. Desde la antigüedad, y hasta mediados del siglo XIX, se asumía que la vida se originaba en la Tierra permanentemente, de modo espontáneo. Esta idea se basaba en la observación directa de que las larvas aparecían en la materia orgánica en descomposición, los gusanos en el fango o los musgos y hongos en lugares húmedos. El gran filósofo griego Aristóteles fue un defensor de esta idea, y la influencia de su pensamiento se mantuvo hasta bien entrado el Renacimiento (siglos XV y XVI).

LAS EXPERIENCIAS DE REDI, NEEDHAM Y SPALLANZANI

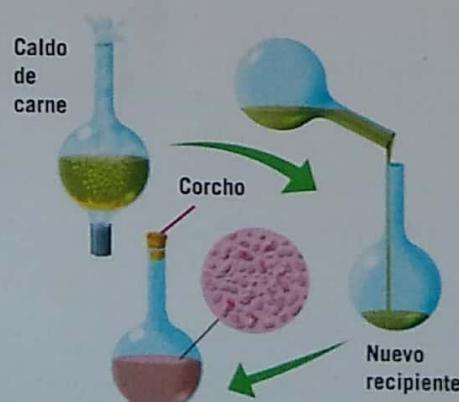
En 1668, el médico italiano Francesco Redi realizó el **primer experimento científico** que puso a prueba la idea de generación espontánea. Redi preparó recipientes con carne, unos destapados y otros cubiertos con una rejilla. En todos, la carne se descompuso, pero solo aparecieron gusanos (larvas de mosca) en los que estaban abiertos. Redi observó que las moscas entraban y salían de los recipientes abiertos y concluyó que, si las moscas no tenían acceso a la carne, en ella no aparecían gusanos.

Casi un siglo más tarde, el descubrimiento de los microorganismos reactivó la idea de la generación espontánea. Así, en 1748, el clérigo inglés John Needham (1713-1781) hirvió caldo de carne y lo colocó en frascos cerrados con corcho. Al cabo de unos días comprobó que en todos los frascos proliferaban microorganismos, lo cual, para él, significaba una confirmación de la generación espontánea.

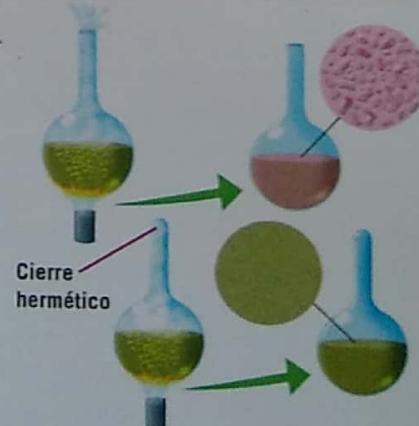
Sin embargo, su método de experimentación fue criticado por otro religioso, el abad italiano Lazzaro Spallanzani, quien, en 1767, repitió las experiencias de Needham introduciendo algunas modificaciones.

Cerró herméticamente los cuellos de algunas botellas que contenían el caldo y después mantuvo hirviendo el agua durante unos minutos. Al cabo de unos días comprobó que no había microorganismos dentro de las botellas cerradas y que sí los había en las que estaban abiertas.

EXPERIENCIA DE NEEDHAM



EXPERIENCIA DE SPALLANZANI



PASTEUR Y EL FIN DE LA GENERACIÓN ESPONTÁNEA

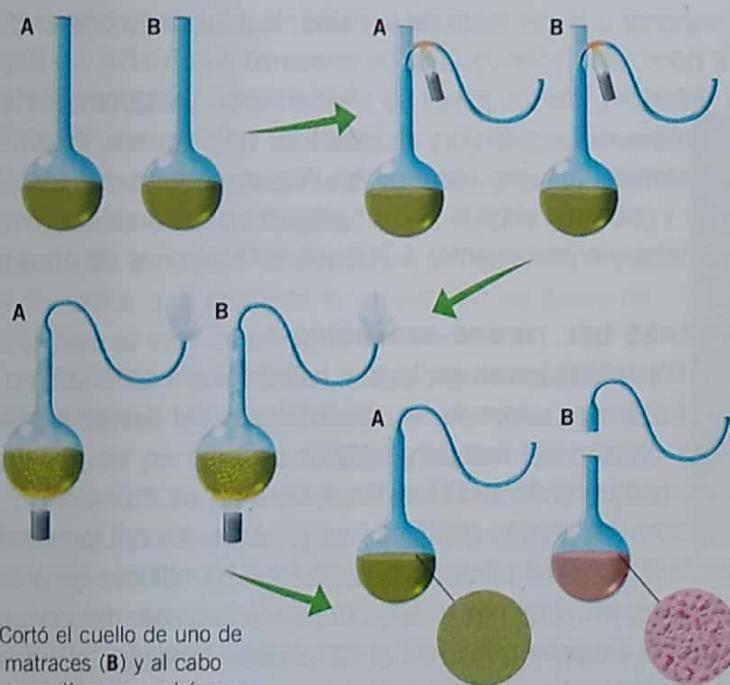
Los experimentos de Spallanzani fueron criticados por los partidarios más recalcitrantes de la generación espontánea. Estos aducían que el excesivo calentamiento habría logrado destruir un "principio vital" que contenía el aire, responsable, según ellos, de la generación espontánea.

Fue el científico francés Louis Pasteur (1822-1895) quien en 1861, con una serie de experimentos, logró superar la objeción de la ausencia de aire y desterró de forma concluyente la idea del surgimiento espontáneo de la vida.

Pasteur demostró, definitivamente, que también los microorganismos tienen su origen en otros microorganismos. Pero si esto es cierto, ¿cómo se originó el primer ser vivo? En realidad, Pasteur nunca demostró que la generación espontánea no ocurrió alguna vez; solo demostró que no ocurre en las condiciones actuales.

EXPERIENCIA DE PASTEUR

1. Pasteur colocó caldo de carne en dos matraces y dobló su cuello en forma de "S".
2. Calentó los matraces para esterilizar el líquido. Aun después de varias semanas, observó que el caldo no se descomponía.
3. Cortó el cuello de uno de los matraces (**B**) y al cabo de unos días comprobó que su caldo se había descompuesto. El del otro matraz (**A**) permanecía sin descomponerse.
4. Gracias al cuello en forma de "S" el aire entra, pero no los microorganismos; solo cuando se rompe el cuello pueden penetrar, provocando la descomposición.



Louis Pasteur (1823-1895).

ACTIVIDADES

1. ¿Por qué el experimento de Redi no descartó de manera definitiva la generación espontánea?
2. Los experimentos realizados por Pasteur, ¿dan alguna explicación sobre cómo se originó la vida?
3. Realicen un dibujo que grafique el experimento de Redi.

2 EL ORIGEN DE LA TIERRA

Para analizar las explicaciones científicas sobre el origen de la vida, es necesario conocer cómo era la Tierra cuando se formó, hace millones de años. También es importante analizar el tiempo geológico, cuya amplitud es tal que casi escapa a la comprensión humana.

TIEMPO GEOLÓGICO Y ORIGEN DEL SISTEMA SOLAR

Por convención se ha señalado el inicio del **tiempo geológico** en 5.000 millones de años antes del presente, fecha estimada de la formación del sistema solar. En un comienzo, el actual sistema de planetas, asteroides y cometas, fue una nube de polvo y gases. Aquella nube fue contrayéndose lentamente por acción de las fuerzas de atracción gravitatoria de todas las partículas. Luego, al moverse en espacios cada vez más pequeños, esas partículas comenzaron a chocar unas con otras, lo cual elevó gradualmente la temperatura de la nube.

Sin dejar de moverse, la mayoría de las partículas se concentraron en la zona central de la nube, donde la densidad era muy alta. El material de esa zona acabaría por convertirse en un cuerpo con una temperatura superior a la del resto de la nube, lo cual daría origen al Sol.

Poco a poco, el interior de la nube comenzó a enfriarse sin dejar de moverse; entonces, ciertos gases se condensaron y algunas partículas (hierro y compuestos de silicio y oxígeno) se solidificaron. Al enfriarse los gases restantes, algunos compuestos (agua, metano, amoníaco) se condensaron y chocaron entre sí. Estos agregados de materia conformaron algunos planetas y cometas entre 4.700 y 4.500 millones de años atrás.

SUBDIVISIONES DEL TIEMPO GEOLÓGICO

Los estudios realizados en geología y paleontología en el último siglo permitieron trazar un cuadro de las **subdivisiones del tiempo geológico**. Una primera división del tiempo geológico se basa en los **eones**. Hay cinco eones, cada uno de 1.000 millones de años de duración.

Otra división del tiempo geológico es en **eras**. La era **precámbrica** abarca desde el inicio del primer eón hasta los 570 millones de años antes del presente, en el quinto eón; es un lapso enorme, del cual no se sabe mucho. La era **paleozoica** (del griego *paleos*, "antiguo", y *zoico*, "vida") se desarrolló entre los 570 y 240 millones de años, la **mesozoica** (de *mésos*, "medio") entre 240 y 65 millones de años, y la **cenozoica** (de *ceno*, "reciente") desde entonces y hasta el presente. Las tres últimas eras se subdividen en **períodos**.

En su mayoría, los nombres de los períodos provienen de lugares de Europa en los que se han producido descubrimientos geológicos relevantes. *Cámbrico* es el nombre romano de Gales, *Ordovícico* y *Silúrico* son nombres de antiguas tribus galesas; en tanto que *Devónico* deriva del condado inglés de Devon, *Pérmico* de la ciudad rusa de Perm, y *Jurásico* de los montes Jura en Francia.



De acuerdo a las teorías actuales, el sistema solar habría tenido su origen en una nube de gases y partículas.

ESCALA DEL TIEMPO GEOLÓGICO		
ERAS	PERÍODOS	TIEMPO (MILLONES DE AÑOS ATRÁS)
CENOZOICO	Cuaternario	1,8
	Terciario	6,5
MESOZOICO	Cretácico	140
	Jurásico	195
PALEOZOICO	Triásico	240
	Pérmico	280
PALEOZOICO	Carbonífero	345
	Devónico	395
PALEOZOICO	Silúrico	440
	Ordovícico	500
PALEOZOICO	Cámbrico	570
		4.600
PRECÁMBRICO		

LA TIERRA PRIMITIVA

Diferentes estudios realizados en las rocas permiten reconstruir la historia de la Tierra y conocer algunas de sus características. Cuando la Tierra se formó, hace probablemente unos 4.600 millones de años, la temperatura de su superficie debía de ser superior a la actual en varios cientos de grados. Muchos meteoritos se estrellaban contra el planeta en formación, y la energía de los impactos de estas rocas se convertía en calor. La roca de la que se componía la Tierra se fundió y los elementos más pesados, como el hierro y el níquel, se hundieron hacia el centro del planeta. Este núcleo líquido persiste hasta el día de hoy.

A partir de entonces comenzó un lento proceso de enfriamiento y solidificación de la capa más externa del planeta. Los elementos se combinaron y formaron compuestos de muchos tipos. Casi todo el oxígeno se combinó con hidrógeno para formar **agua**, con carbono para formar **dióxido de carbono**, y con otros elementos para formar minerales.

Cuando al cabo de millones de años la temperatura descendió por debajo de los 100 °C, las nubes de vapor se condensaron y debió haber llovido sin parar durante cientos de años. El agua caída disolvió muchos minerales y llenó las zonas más bajas de la superficie terrestre. Así se formaron océanos levemente salados.

LA ATMÓSFERA

Nuestro planeta está rodeado por una delgada capa gaseosa llamada **atmósfera**. No es el único, pues también tienen atmósfera Venus, Marte, Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno. Sin embargo, la atmósfera terrestre es, al parecer, la única que contiene la proporción de gases necesaria para la vida tal como la conocemos.

Los científicos consideran que la **atmósfera terrestre primitiva** era muy distinta de la actual: probablemente estaba formada por hidrógeno (H_2), dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), amoníaco (NH_3), nitrógeno (N_2) y vapor de agua, entre otros gases. Pero prácticamente no había oxígeno (O_2) en la antigua atmósfera terrestre, ni tampoco una capa de ozono (O_3) que absorbiera la radiación ultravioleta del Sol. Solamente cuando aparecieron los primeros organismos fotosintetizadores, hace un poco más de 2.000 millones de años, comenzaron a producir oxígeno, el cual se liberó a la atmósfera. Parte del oxígeno empezó a formar, por la acción de la radiación ultravioleta del Sol, la capa de ozono que protege la superficie terrestre.

ACTIVIDADES

4. ¿En qué eón se formó la Tierra?
5. ¿Cómo se cree que se formaron los océanos?
6. ¿Qué características tenía la atmósfera primitiva?



Modelo que explica la formación de la Tierra.



Los océanos ocupan la Tierra desde hace 4.000 M.a.



Oparin en su laboratorio, junto a uno de sus colaboradores.

CONOCER MÁS

En 1951 **Miller** asistió a un seminario de Harold Urey, un prestigioso científico que sostendía que la atmósfera de la Tierra primitiva debía parecerse a la de los planetas exteriores del sistema solar. Miller visitó a Urey en septiembre de 1952 y le pidió trabajar en la simulación de las síntesis abiotícas que había propuesto en su conferencia. A pesar de que, en un principio, Urey se opuso, el joven científico consiguió convencerlo de que lo intentaría por unos meses con el compromiso de cambiar de tema si fracasaba. Apenas un año después, había logrado sus importantes resultados.

3 LA TEORÍA DE OPARIN-HALDANE

Como vieron en páginas anteriores, los experimentos de Pasteur en el siglo XIX aportaron la evidencia necesaria para concluir que los seres vivos solo proceden de otros seres vivos.

Sin embargo, tras las contundentes experiencias de Pasteur, el problema del origen de la vida tardó más de sesenta años en ser abordado nuevamente.

Entre los años 1920 y 1930, el bioquímico ruso Alexander I. Oparin (1898-1980) y el bioquímico inglés John Haldane (1892-1964) postularon, en forma independiente, una “nueva versión” de la generación espontánea, pero aplicable solamente al inicio de la vida. Ambos propusieron que, millones de años atrás y mediante reacciones químicas favorecidas por las condiciones de la Tierra primitiva, a partir de la materia inorgánica se generó la materia orgánica necesaria para la formación de un ser vivo. A este proceso se lo llama **evolución química** o **síntesis prebiótica**, es decir, la evolución antes de que existiera la vida.

SÍNTESIS PREBIÓTICA

Las condiciones de la atmósfera primitiva eran totalmente adversas para la vida tal como la conocemos hoy. Los rayos ultravioletas llegaban a la superficie terrestre debido a la ausencia de la barrera protectora de la capa de ozono, no había oxígeno, había fuertes tormentas eléctricas y una intensa actividad volcánica.

Según Oparin y Haldane, con la energía de la actividad volcánica, de la electricidad atmosférica y de la radiación ultravioleta, los gases de la atmósfera primitiva reaccionaban entre sí formando moléculas orgánicas, primero sencillas y luego más complejas, como las macromoléculas características de los seres vivos. Estos compuestos se habrían disuelto en los mares primitivos, formando una especie de **sopa o caldo primordial**.

En ese caldo caliente, y a lo largo de millones de años, algunas moléculas orgánicas complejas se habrían asociado en forma espontánea para formar esferas que Oparin llamó **coacervados**. Estos serían sistemas abiertos, que intercambiaban materia y energía con su entorno. En su interior, habrían quedado encerradas moléculas que podían hacer copias de sí mismas. Serían, en consecuencia, los precursores de los primeros organismos.

La teoría de Oparin-Haldane fue resistida por muchos científicos, que veían en ella el resurgimiento de la idea de generación espontánea. En este caso, debieron surgir nuevas evidencias experimentales para que la teoría fuera aceptada por la comunidad científica.

La hipótesis de Oparin y Haldane recibió un fuerte apoyo en 1953 gracias a una experiencia realizada por el investigador estadounidense **Stanley Miller** (1930-2007). Siendo un estudiante de solo 23 años de edad, realizó un experimento con el cual intentó reproducir las supuestas condiciones de la Tierra primitiva.

EL EXPERIMENTO DE MILLER

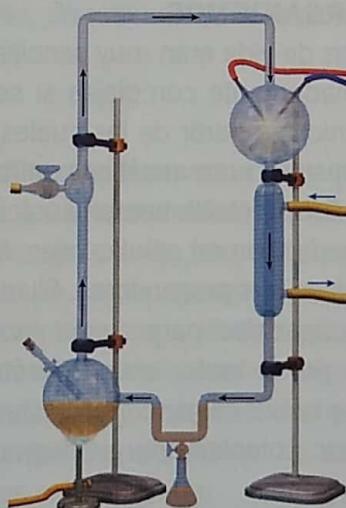
Miller calentó agua en un dispositivo cerrado que contenía una mezcla gaseosa de amoníaco (NH_3), metano (CH_4), hidrógeno (H_2) y vapor de agua, todos ellos compuestos inorgánicos. Luego hizo pasar descargas eléctricas a través de la mezcla de gases durante una semana, simulando así las descargas eléctricas de los relámpagos de la Tierra primitiva. Los productos obtenidos se enfriaban en un condensador y eran recogidos en un tubo en forma de U, ubicado en la parte inferior del aparato. Entre los productos conseguidos se formaron una variedad de compuestos orgánicos, entre ellos aminoácidos, que son las unidades que forman las proteínas y la urea.

En otros experimentos similares, realizados por Miller y por otros investigadores, se obtuvieron aminoácidos, proteínas pequeñas, nucleótidos y otras moléculas propias de los seres vivos.

Ni el experimento de Miller ni otros posteriores han logrado sintetizar todos los componentes de los seres vivos, ni mucho menos explicar el origen de la vida. Sin embargo, la conclusión a la que conducen es que, al menos la materia prima de la vida, pudo haberse generado de forma espontánea.

DISPOSITIVO UTILIZADO POR MILLER

1. Introdujo en un recipiente los gases de la atmósfera primitiva.



3. En una semana se habían formado compuestos orgánicos.

2. Los sometió a descargas eléctricas mientras hacía hervir agua, cuyo vapor forzaba los gases a circular.

LA TEORÍA DE LA PANSPERMIA

La hipótesis de la panspermia (término griego que significa "semilla universal") sostiene que los primeros organismos, o los compuestos orgánicos precursores, se habrían originado fuera de la Tierra y habrían llegado en un asteroide.

La panspermia se considera hoy una alternativa posible aunque solo cuenta con la aceptación de un sector minoritario de la comunidad científica. Uno de sus principales impulsores fue el físico y biólogo inglés Francis Crick (1916-2004), célebre por haber descifrado la estructura del ADN (el material hereditario de las células) junto con James Watson (1928-...). No obstante, la panspermia podría explicar cómo comenzó la vida en la Tierra pero no el origen de la vida; simplemente traslada el problema a otro lugar.



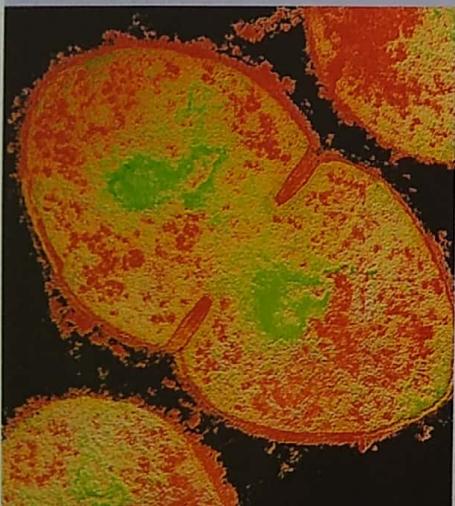
En 1996, un grupo de investigadores halló rastros semejantes a bacterias fósiles de la Tierra en un meteorito que habría caído hace 13.000 años. Para algunos científicos, este descubrimiento sería un argumento a favor de la panspermia.

ACTIVIDADES

7. ¿A qué se llama "evolución química" o "síntesis prebiótica"?
8. ¿Qué conclusiones se pueden extraer del experimento de Miller?
9. Si en la Tierra primitiva pudo formarse materia orgánica procedente de la inorgánica, ¿por qué eso no sucede en la actualidad? Justifiquen su respuesta.

4 LA APARICIÓN DE LAS PRIMERAS CÉLULAS

PRECÁMBRICO	Primeros organismos pluricelulares	570 M.a.
	Primeros organismos eucariotas	670 M.a.
	Primeros organismos procariotas	1.400 M.a.
		3.800 M.a. 4.500



Los primeros organismos habrían sido similares a las bacterias actuales y, como estas, se habrían reproducido por bipartición.

Los organismos fósiles más antiguos encontrados hasta la fecha se encuentran en rocas *precámblicas* de alrededor de 3.500 millones de años de antigüedad, aunque algunos paleontólogos piensan que la vida es aún más antigua y pudo haber comenzado hace 3.900 millones de años.

Es probable que las células hayan surgido en la Tierra por la agrupación espontánea de moléculas, cuando ya se habían formado y acumulado en los océanos durante millones de años las distintas sustancias que forman parte de los seres vivos: hidratos de carbono, lípidos, proteínas y ácidos nucleicos.

Uno de los acontecimientos decisivos que condujeron al surgimiento de las primeras células debió ser la formación de una **membrana** que, a la vez que separaba el contenido de la célula, permitía intercambios de materia con su entorno. En la actualidad, y muy posiblemente en su origen, la membrana de las células está formada principalmente por lípidos. Probablemente, las primeras células rodeadas de membrana se formaron por la asociación espontánea de moléculas de lípidos del caldo primordial, que encerraron una mezcla de distintas moléculas.

LOS PRIMEROS ORGANISMOS

Las primeras formas de vida eran muy sencillas comparadas con las actuales, pero extremadamente complejas si se las compara con las macromoléculas orgánicas a partir de las cuales se originaron.

Los primeros organismos eran **acuáticos, unicelulares y procariotas**, similares a bacterias. Estas células contenían ácidos nucleicos, y al llegar a cierto tamaño se dividían en células hijas, las cuales conservaban muchas características de sus progenitores. Ellas, a su vez, crecían y se reproducían. Tenían capacidad para crecer incorporando materia orgánica del ambiente; por lo tanto, eran **heterótrofas**. Dado que en la atmósfera primitiva no había oxígeno libre, estos organismos debieron ser **anaerobios**; es decir, obtenían energía degradando moléculas orgánicas sin consumir oxígeno.



Las arquibacterias actuales viven en fumarolas oceánicas y condiciones extremas de temperatura, acidez y salinidad semejantes a las de la Tierra primitiva. Por esta razón, se cree que sus características se semejan a las de las primeras bacterias.

LOS PRIMEROS AUTÓTROFOS

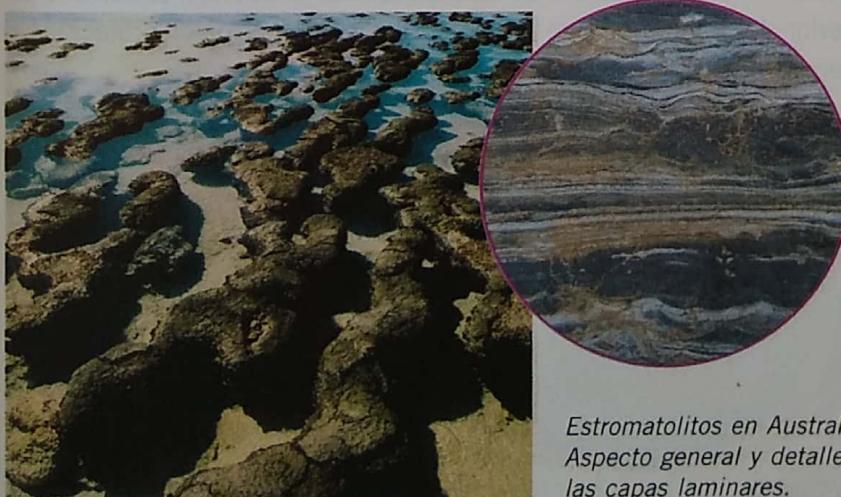
Con el tiempo, algunas células adquirieron la capacidad de utilizar la energía solar para fabricar moléculas orgánicas con el dióxido de carbono de la atmósfera. Estas células habrían tenido más oportunidades de sobrevivir. La incorporación del dióxido de carbono atmosférico para realizar la **fotosíntesis**, en principio habría utilizado ácido sulfídrico (H_2S), liberando azufre y, posteriormente, agua (H_2O), liberando oxígeno (O_2) a la atmósfera.

La aparición de organismos **autótrofos** significó un cambio radical en la evolución. El oxígeno liberado en la fotosíntesis fue aumentando en la atmósfera. El oxígeno, en la atmósfera actual, representa el 21% del total de sus gases y su origen se debe, básicamente, a los organismos fotosintetizadores.

El aumento del oxígeno debe de haber provocado muchas extinciones, ya que para gran cantidad de organismos fue una sustancia tóxica. La mayoría de los sobrevivientes se transformaron en organismos **aerobios**, capaces de utilizar el oxígeno para degradar en forma completa las moléculas de glucosa. Los primeros autótrofos anaerobios eran similares a diversas bacterias actuales y los primeros autótrofos aerobios muy semejantes a las actuales cianobacterias. Los nuevos organismos autótrofos produjeron un impacto sobre los heterótrofos, ya que algunos empezaron a alimentarse, directamente, de organismos vivos fotosintetizadores.

ESTROMATOLITOS

A principios del siglo XX se hallaron estructuras de unos 3.500 millones de años de antigüedad: los **estromatolitos** (del griego *stroma*, "manta", y *lithos*, "piedra"). Dichas estructuras, formadas por capas laminares superpuestas de carbonato de calcio, contenían restos fósiles de organismos procariotas del precámbrico capaces de realizar fotosíntesis. No hace mucho se encontraron en Australia estromatolitos vivos, formados por cianobacterias que, al realizar la fotosíntesis, liberan oxígeno y retiran de la atmósfera grandes cantidades de dióxido de carbono, que emplean en la construcción de los estromatolitos.



Estromatolitos en Australia.
Aspecto general y detalle de
las capas laminares.



Las actuales cianobacterias son organismos semejantes a los primeros autótrofos.

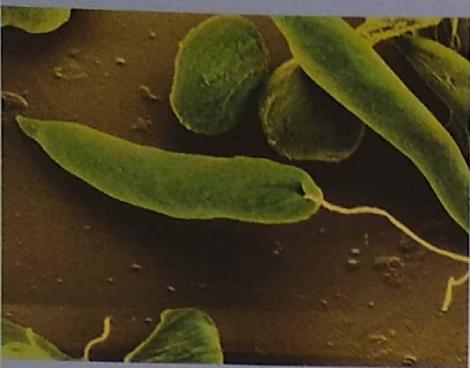
ACTIVIDADES

10. Leer y comprender. Según lo leído en esta página, los estromatolitos son:

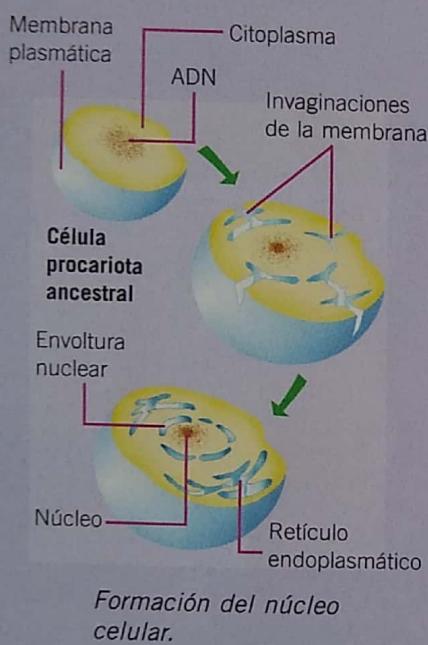
- a. Un tipo de roca sedimentaria.
- b. Organismos autótrofos extintos en la actualidad.
- c. Organismos autótrofos vivientes que se asemejan a los de los de la Tierra primitiva.

11. ¿Qué características tenían los primeros organismos?

12. ¿Qué importancia evolutiva tiene la aparición de organismos autótrofos?



Las euglenas son organismos unicelulares eucariotas. Pertenecen al reino Protista y son autótrofas (protofitos).



CONOCER MÁS

Simbiosis. Es una relación ecológica entre organismos de dos especies distintas que viven juntas debido a que se benefician mutuamente. Se la considera un caso extremo de mutualismo, ya que la asociación es tan estrecha que ambos organismos no pueden vivir por separado. Ejemplo de ella, es la asociación entre los hongos y las algas que conforman los líquenes.

5 EL ORIGEN DE LAS CÉLULAS EUCA RIOTAS

Una de las principales características de las células eucariotas es que poseen membranas internas que delimitan el núcleo, en el interior del cual se encuentra el material hereditario, y otras organelas, encargadas de cumplir distintas funciones. Se cree que las primeras células eucariotas evolucionaron, hace unos 1.500 millones de años, a partir de células procariotas, como las bacterias, que no tienen membranas internas. ¿Cómo se originaron el núcleo y las distintas organelas que forman parte de las células eucariotas actuales?

Tal vez sea más sencillo contestar esta pregunta averiguando qué sucedió con los organismos anaerobios que dieron origen a la vida a medida que se fue acumulando oxígeno libre en la atmósfera como resultado de la fotosíntesis. Es casi seguro que algunos se extinguieron. Otros, en cambio, lo utilizaron para realizar la respiración aeróbica y degradar las moléculas de glucosa en forma completa. Un grupo habrá encontrado "escondites" donde escaseara el oxígeno y pudieron seguir adelante con su vida anaeróbica. Algunos de ellos, probablemente, utilizaron una estrategia diferente: formaron una asociación íntima con un tipo de células aeróbicas, viviendo en **simbiosis** con ellas. Y así se habrían originado las células actuales de tipo eucariota.

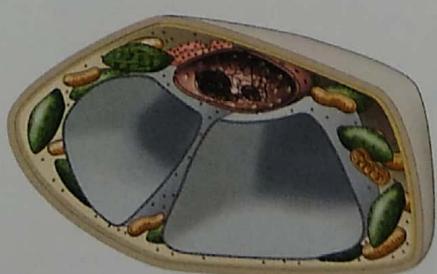
FORMACIÓN DEL NÚCLEO CELULAR

El núcleo de las células eucariotas está limitado por una doble membrana, la envoltura nuclear. En el interior del núcleo se encuentra casi todo el material hereditario de la célula. El material hereditario posee la información necesaria para llevar a cabo todas las funciones celulares.

Es posible que la envoltura nuclear se originara como un repliegue, interno y profundo, de la membrana plasmática, que rodeó al material hereditario, el ácido desoxirribonucleico (ADN), formándose así un compartimiento limitado por una doble membrana. Otros plegamientos hacia el interior habrían originado los **retículos endoplasmáticos liso y rugoso**, que tienen continuidad con la envoltura nuclear.

Existen otras hipótesis que explican cómo pudo formarse el núcleo. De todas maneras, el hecho de que el ADN se encuentre encerrado en el interior del núcleo parece haber posibilitado una mejor protección y regulación de la información hereditaria.

CÉLULAS EUCA RIOTAS



Célula vegetal.



Célula animal.

EL ORIGEN DE LAS MITOCONDRIAS Y LOS CLOROPLASTOS

Existen evidencias que sugieren que tanto las **mitocondrias** como los **cloroplastos** habrían evolucionado a partir de organismos procariotas que fueron devorados por células eucariotas que obtenían energía en forma anaeróbica.

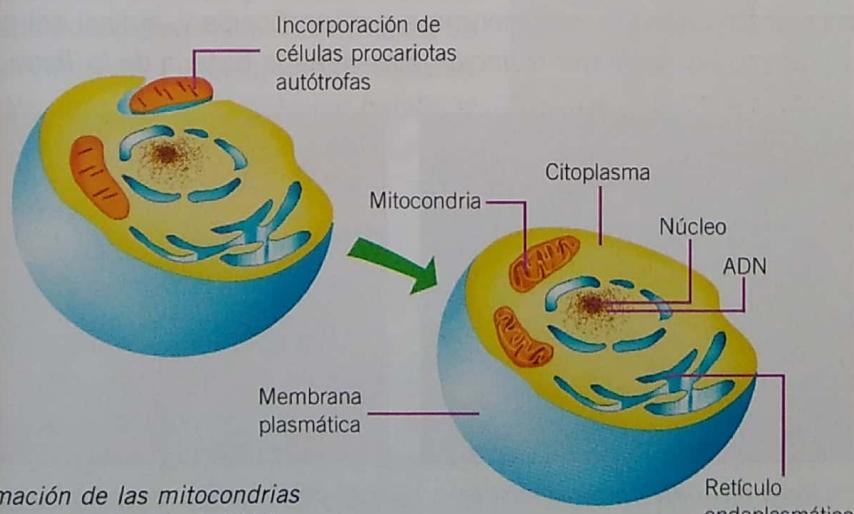
Las mitocondrias, que se encuentran en casi todas las células eucariotas actuales, habrían evolucionado a partir de bacterias aerobias. Los cloroplastos, presentes en todas las células eucariotas que realizan la fotosíntesis, tendrían su origen en cianobacterias. Esta idea, que fue propuesta por la bióloga Lynn Margulis (1938-...) y apoyada actualmente por la mayoría de los biólogos, se conoce como **teoría endosimbiótica** (*endo*: "dentro", simbiosis: asociación íntima y prolongada entre organismos diferentes). Comparando las mitocondrias y los cloroplastos con bacterias y cianobacterias actuales se encuentran muchas semejanzas que refuerzan la hipótesis de la endosimbiosis: contienen ADN circular, poseen ribosomas que fabrican proteínas y se multiplican por división simple (ver páginas 62 y 63).

En esta asociación, la célula eucariota hospedadora habría brindado un ambiente protegido y los endosimbiontes, a cambio, fueron precursores de:

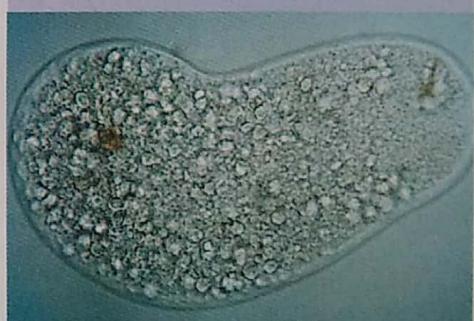
- **Mitocondrias**, encargadas, primero, de proteger al antecesor de su propio oxígeno y, luego, responsables de su respiración aeróbica.
- **Cloroplastos**, que realizan la fotosíntesis, dándole autonomía alimentaria.

La endosimbiosis habría sido ventajosa al reunir distintos caminos metabólicos en un solo organismo. En apoyo de esta teoría, existen muchos organismos eucariotas que contienen cianobacterias en su interior. Asimismo, la ameba *Pelomyxa palustris* no posee mitocondrias y la degradación completa de glucosa es posible gracias a que incorpora bacterias aerobias a su citoplasma, manteniéndolas en simbiosis permanente.

Así se habrían originado los unicelulares eucariotas del reino Protista. Los que adquirieron cloroplastos originaron los **prototifos** y los que no, los **protozoos**.



Lynn Margulis (1938-...).



Pelomyxa palustris.

ACTIVIDADES

13. ¿Cómo se habría originado el núcleo de las células eucariotas?
14. ¿Qué evidencias apoyan la teoría endosimbiótica propuesta por Lynn Margulis?
15. Investiguen en otras fuentes y escriban una lista con nombres de mujeres científicas que hayan realizado aportes valiosos a la ciencia. Debatán en grupos y respondan a la siguiente pregunta: ¿Por qué creen que es mayor la cantidad de científicos varones famosos que la de científicas mujeres?

PALEOZOICO

Pérmino (Primera gran extinción)	230 M.a.
Carbonífero (Grandes bosques)	280 M.a.
Devónico (Primeros anfibios)	345 M.a.
Silúrico (Primeros vegetales terrestres)	395 M.a.
Ordovícico (Expansión de la vida marina)	440 M.a.
Cámbrico (explosión cámbrica)	500 M.a.
	570 M.a.

CONOCER MÁS

La pluricelularidad. Es muy probable que los primeros pluricelulares hayan evolucionado en el mar; pero, como habrían carecido de partes duras, se han encontrado pocos fósiles. Un caso intermedio entre unicelulares y pluricelulares es un grupo de protistas actuales, flagelados, del género *Volvox*, que constituyen **colonias** de miles de células, con forma de esfera hueca. Tras la división celular, las células quedan unidas por puentes de citoplasma. A medida que se desarrolla la colonia, sus células cumplen distintas funciones: algunas se reproducen y originan colonias "hijas"; las demás, cumplen funciones de nutrición. El antecesor de los organismos pluricelulares podría haber sido similar a estas colonias.



Colonia de *Volvox*.

6 LA DIVERSIFICACIÓN DE LA VIDA

LA ERA PALEOZOICA

La era paleozoica comprende 320 millones de años, en los cuales la vida sobre la Tierra tuvo una diversificación extraordinaria. Esto demuestra que la **pluricelularidad** ha servido de disparador para el rápido surgimiento de novedosas formas de vida, que primero conquistaron los mares y luego las tierras emergentes.

Los principales hitos de evolución en los períodos de esta era son:

■ **Cámbrico.** Se produjo la denominada *explosión cámbrica*: en unos 40 millones de años, es decir, en menos del 1% de la historia de la Tierra, aparecieron casi todos los grupos de invertebrados y también los primeros vertebrados. La vida se expandió en los océanos. Se desarrollaron los primeros animales provistos de caparazón, entre ellos los **trilobites**, fósiles paleozoicos característicos que se extinguieron a fines de esta era.



Trilobites.

■ **Ordovícico.** Mientras la vida se diversificaba en los océanos, los continentes estaban deshabitados. Los primeros líquenes que se desarrollaron sobre tierra firme datan de hace 450 millones de años. A finales de este período aparecieron los agnatos (peces sin mandíbulas).

■ **Silúrico.** Los seres vivos iniciaron la conquista de las masas continentales emergentes; surgieron las primeras plantas terrestres muy sencillas, con ramificaciones dicotómicas, y los insectos no voladores.

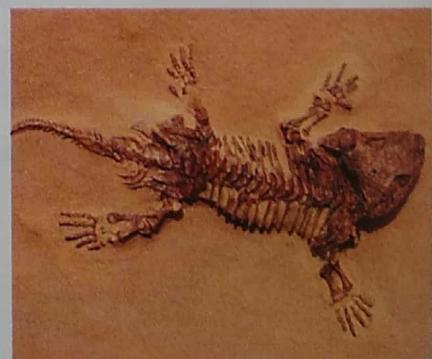
■ **Devónico.** A fines de este período aparecen los primeros anfibios, con muchas características similares a las de los peces, de los cuales se originaron.

■ **Carbonífero.** Las plantas (helechos, gimnospermas) se propagaron sobre los continentes formando bosques extensos, que dieron lugar a grandes depósitos de carbón. Aparecen los insectos voladores y los reptiles.

■ **Pérmino.** Los reptiles comenzaron a diversificarse y, al final del período, se produjo la mayor extinción masiva de la historia de la Tierra.



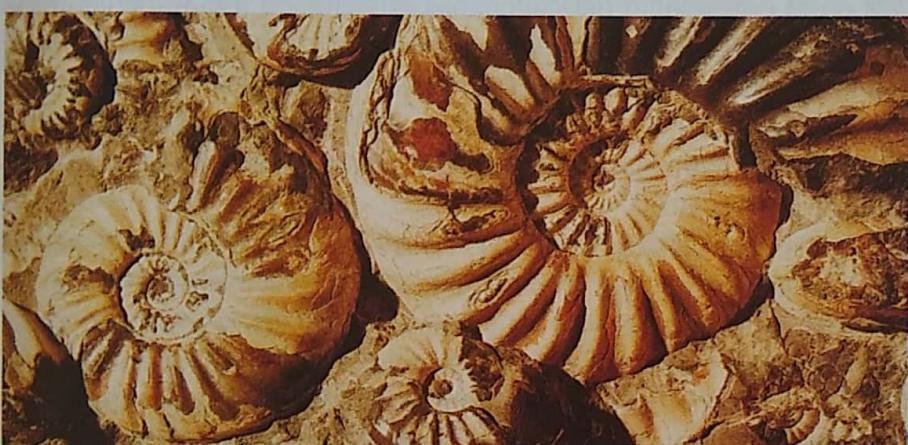
Helecho fósil. Planta característica del carbonífero.



Fósil de un anfibio del pérmino.

LA ERA MESOZOICA

La era **mesozoica**, o "era de los reptiles", comprendió desde los 250 a los 65 millones de años antes del presente. En los mares se produjo una gran diversificación de corales, equinodermos, crustáceos y moluscos, entre estos últimos los **amonites**. En las tierras emergentes dominaron los reptiles, principalmente los **dinosaurios**. Estos animales, algunos de ellos de tamaño gigantesco, ocuparon todos los ambientes, cálidos o fríos, secos o húmedos. A fines del cretácico se produjo una nueva extinción masiva, en la cual desaparecieron amonites y dinosaurios, junto con otros grupos de organismos. Entre los reptiles, sobrevivieron cocodrilos, tortugas, lagartos y serpientes.



Amonites.

LA ERA CENOZOICA

La era **cenozoica**, o "era de los mamíferos", abarca desde hace 65 millones de años hasta la actualidad. Como consecuencia de la extinción cretácica, los mamíferos, aves y plantas con flores, que habían surgido en el mesozoico, tuvieron su expansión en esta era.

Hacia fines del terciario ya se habían originado todos los grupos de mamíferos modernos. Los primates aparecieron a principios de este período, y los primeros homínidos conocidos, hace 4,5 millones de años. A fines del terciario, unos 2 millones de años atrás, apareció el *Homo habilis*, el primer representante del género al que pertenece el hombre actual.



Mamut, mamífero similar al elefante, extinguido hace unos 10.000 años.



Cráneo de *Homo habilis*.

ACTIVIDADES

16. ¿A qué se denomina "explosión cámbrica"?
17. ¿Qué organismos "colonizaron" los ambientes terrestres? ¿En qué períodos?
18. En algunas películas de ciencia ficción aparecen escenas en las que seres humanos luchan contra feroces dinosaurios. ¿Creen que esta escena pudo ocurrir en algún momento de la vida del planeta? ¿Por qué?

7 LA CLASIFICACIÓN DE LOS SERES VIVOS



Los herbarios sirven para clasificar plantas.

CONOCER MÁS

La clasificación de Aristóteles. Aristóteles clasificó alrededor de 500 organismos en 11 categorías. Las categorías de Aristóteles formaban una estructura jerárquica en la cual cada categoría era más incluyente que la ubicada debajo de ella. Este concepto se sigue aplicando en la actualidad.

Cuando el ser humano comenzó a observar su entorno, vio una gran diversidad de seres vivos, tanto animales como vegetales, y es lógico pensar que trataría de clasificarlos de alguna manera, de acuerdo con distintos criterios. Probablemente una de las primeras clasificaciones fue la que agrupaba a las plantas y a los animales según se los considerara beneficiosos o nocivos, es decir, según un criterio de utilidad. Otros criterios tenían en cuenta aspectos relacionados con la estructura y con la función; por ejemplo, plantas blandas (herbáceas) y plantas duras (leñosas), animales nadadores, corredores, voladores y otros.

Con el crecimiento del conocimiento científico fue aumentando el número de organismos conocidos, gracias al descubrimiento de nuevos territorios y a la aplicación de nuevos instrumentos de observación, como el microscopio, que permitió descubrir y observar todos los seres vivos que hoy llamamos *microscópicos* (bacterias, protozoos, algas unicelulares, entre otros).

En la Grecia clásica, se destacan dos nombres que, además de sus importantísimos aportes en otras áreas del conocimiento, trataron de clasificar a los animales y a las plantas. **Aristóteles** se preocupó especialmente por el mundo animal y estableció una clasificación en animales con sangre roja o *enaima* (que correspondería a los vertebrados) y animales que carecen de sangre o *anaima* (los invertebrados). Teofrasto (372-287 a.C.) agrupó a las plantas teniendo en cuenta su dureza y tamaño en árboles, arbustos, subarbustos y hierbas.

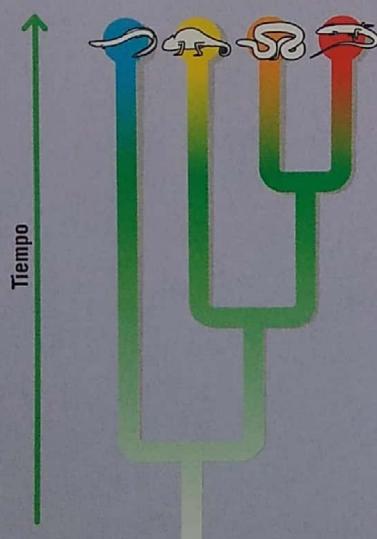
LA FILOGENIA

Hacia fines del siglo XVII, el naturalista inglés John Ray (1627-1705) definió *especie* como “conjunto de seres vivos que, procedentes de antecesores comunes, son parecidos entre sí y capaces de cruzarse entre ellos, dando lugar a nuevos individuos, también parecidos entre sí y a sus progenitores y aptos para reproducirse”.

De este concepto se desprenden dos hechos fundamentales:

- La posibilidad de cruzamiento entre los individuos.
- La relación y parecido con los antepasados de los que proceden.

De aquí se origina un nuevo concepto, el de **filogenia**, es decir, la historia de la descendencia de un grupo de organismos a partir de un **ancestro común**. La historia evolutiva de los organismos puede representarse como las ramas de los árboles. Estos árboles filogenéticos muestran el orden en el cual se separaron los diferentes grupos a partir de un antepasado común. Un árbol filogenético puede representar la evolución de toda la vida o de un pequeño grupo de organismos.



En este árbol filogenético, el tiempo corre de la parte inferior (lo más antiguo) a la superior (lo más reciente).

LINNEO Y LAS BASES DEL SISTEMA DE CLASIFICACIÓN MODERNO

En 1735, el naturalista sueco Karl von Linneo (1707-1778), al que se considera el “padre de la clasificación biológica”, publicó su obra *Systema naturae*. En ella y en otras posteriores sentó las bases del sistema de clasificación moderno de los seres vivos y su **nomenclatura**, es decir, la utilización de nombres científicos para designar a las diferentes especies de organismos.

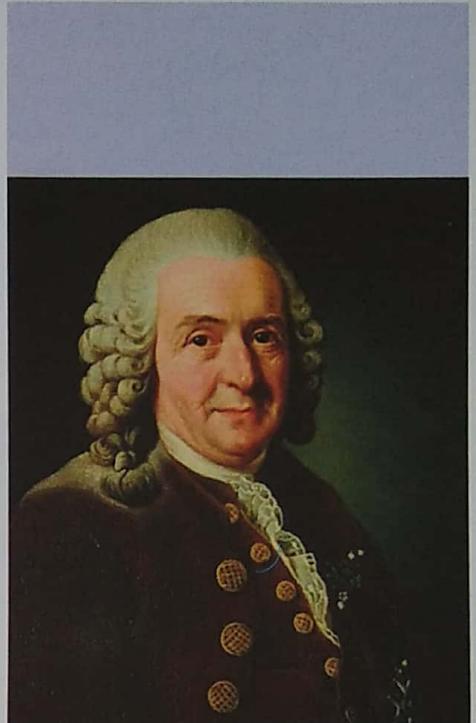
Linneo, en su sistema de clasificación, tomó como base el trabajo de Aristóteles. Colocó cada organismo en una serie de categorías dispuestas jerárquicamente sobre la base de sus semejanzas con otras formas de vida. Consideró las **especies** como grupos de individuos morfológicamente semejantes. A su vez, las reunió en categorías superiores, los **géneros**, de acuerdo con características que compartían. A los géneros los agrupó en *familias*, a estas en *órdenes*, a estos en *clases* y, finalmente, a las clases en *reinos*, de los cuales distinguió dos: el Vegetal y el Animal.

El sistema abreviado para denominar a las especies creado por Linneo se llama *nomenclatura binomial* –actualmente en uso–. Este sistema sirvió para reemplazar extensas descripciones, que era hasta entonces el modo de reconocer a las diferentes especies. De acuerdo con esta nomenclatura, cada especie puede ser identificada por un *nombre científico* compuesto por dos palabras en latín (como si fueran el nombre y apellido de una persona):

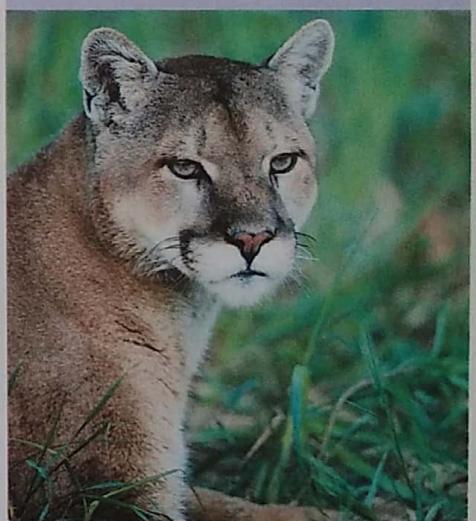
- La primera de ellas, cuya primera letra se escribe siempre con mayúscula, indica el género.
- La segunda, escrita en minúscula, indica la especie.

Por ejemplo, el nombre científico del zorro europeo es *Vulpes vulpes* y el del hombre, *Homo sapiens*. Por convención, los nombres científicos siempre se escriben en bastardilla (*Homo sapiens*) o subrayados (*Homo sapiens*).

Cada nombre científico es de uso exclusivo para una especie; por eso, al hacer referencia a un organismo por su nombre científico se elimina cualquier posibilidad de confusión. Por ejemplo, la especie *Felis concolor* es conocida por su nombre vulgar como “puma” y por muchos otros nombres en los distintos países. Pero los biólogos de todo el mundo reconocen el nombre científico en latín, con lo cual se superan las barreras del idioma y se hace posible una comunicación precisa.



Karl von Linneo (1707-1778). Sus ideas sobre la clasificación influyeron notablemente en sus contemporáneos y en generaciones posteriores de biólogos.

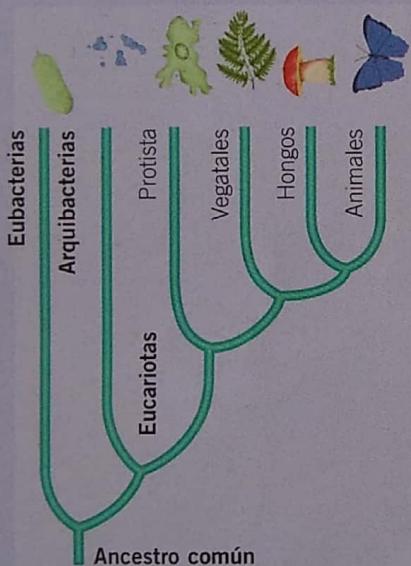
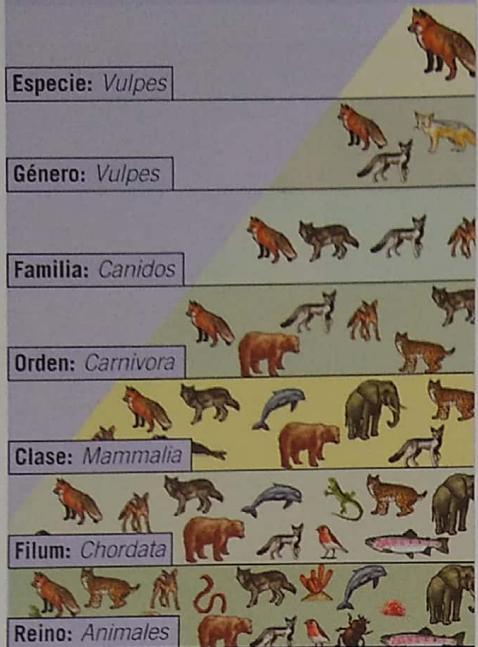


Felis concolor es el nombre científico del puma.

ACTIVIDADES

19. ¿A qué se llama “filogenia”?
20. ¿Cómo se construye el nombre científico de una especie?
21. En nuestro país, la palabra “langosta” se emplea para nombrar a dos animales distintos: uno pertenece a la clase de los Insectos y es parecido a un grillo; el otro pertenece a la clase de los Crustáceos, es comestible y muy sabroso. ¿De qué manera los científicos evitan confusiones con esta coincidencia?

8 LA CLASIFICACIÓN ACTUAL



Los estudios genéticos condujeron a muchos biólogos a concluir que los tres dominios tuvieron un ancestro común unicelular y procariota.

La clasificación biológica es un sistema de ordenamiento de la biodiversidad. Este ordenamiento es jerárquico e inclusivo: comprende niveles de grupos grandes que incluyen grupos menores, y así sucesivamente.

Cada nivel dentro de la jerarquía se denomina **categoría taxonómica**. El **dominio** es la categoría taxonómica más amplia. Todos sus miembros comparten algunas características que los diferencian de los miembros de otro dominio. A medida que descendemos en los niveles jerárquicos, cada grupo tiene menos miembros, pero estos tienen más características en común, es decir, son más similares entre sí. Dentro de cada dominio, se diferencian los **reinos**, dentro de ellos se distinguen los **filum o divisiones**, dentro de los cuales se diferencian las **clases**, en estas los **órdenes**, y así sucesivamente, **familias, géneros y especies**. Por ejemplo, *Homo sapiens* está dentro del género *Homo*, en la familia Homínidos del orden Primates, de la clase Mamíferos.

Charles Darwin publicó, en 1859, *El origen de las especies*, obra en la que planteó que todos los organismos están emparentados por un **ancestro común**. El concepto de *ancestro común* es fundamental para entender la clasificación actual de los seres vivos, ya que han sido agrupados intentando identificar sus **relaciones evolutivas**. Según la teoría del ancestro común, todos los organismos que viven actualmente sobre la Tierra derivan de un único ser vivo. Esta primera célula, nacida hace más de 3.000 millones de años, superó a sus competidoras y tomó la delantera en el proceso de división celular y evolución.

EL ÁRBOL FILOGENÉTICO DE LA VIDA

Los seres vivos se clasifican actualmente en tres dominios: **Eubacterias**, **Arquibacterias** y **Eucariotas**.

Esta clasificación tiene en cuenta diferencias fundamentales entre las células que componen a los organismos de cada dominio. Los miembros de Eubacterias y Arquibacterias comprenden organismos unicelulares y procariotas pero, pese a sus semejanzas superficiales, tienen importantes diferencias a nivel estructural y molecular. Por esta razón se los agrupa en dominios diferentes.

En cambio, Arquibacterias y Eucariotas tienen un ancestro común no compartido por Eubacterias. El dominio Eucariotas incluye a todos los seres vivos formados por células con núcleo, ya sean unicelulares o pluricelulares. Este dominio incluye a los organismos del grupo Protista y a los reinos **Hongos** (Fungi), **Vegetales** (Plantae) y **Animales** (Animalia).

ACTIVIDADES

22. ¿Quiénes están más emparentados: dos organismos que pertenecen a la misma familia o dos que pertenecen al mismo orden?
23. ¿Cuál es el único dominio cuyos miembros están formados por células con núcleo?

CIENCIA, TECNOLOGÍA Y SOCIEDAD

LA EXOBIOLOGÍA

La exobiología (del griego, *exo*: exterior, *bios*: vida, y *logos*: ciencia), o astrobiología (del griego, *astron*: estrella) es una ciencia que estudia el origen, la evolución y la distribución de la vida en el universo. Esta disciplina representa un esfuerzo por parte de investigadores de distintas áreas para intentar responder preguntas sobre la vida basándose en el conocimiento de distintos campos científicos. En ella participan geólogos, químicos, oceanógrafos, astrofísicos, biólogos moleculares, zoólogos y paleontólogos, entre otros. Esto marca una diferencia fundamental con la ovnilogía (estudio de los OVNI: objetos voladores no identificados) o ufología (nombre que proviene de la sigla en inglés UFO: *unidentified flying object*), que carece de todo rigor científico.

En 1998, la NASA (Agencia Aeroespacial Norteamericana) creó el *Instituto de Astrobiología*, que ha sido determinante en la consolidación de esta nueva ciencia. Algunas de las preguntas que busca responder la exobiología son: ¿Cómo apareció y cómo evolucionó la vida en la Tierra? ¿Existe vida extraterrestre? Si existiera, ¿de qué modo se la podría encontrar y reconocer?

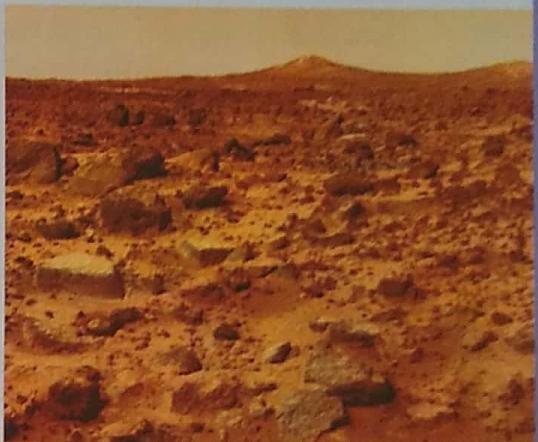
Como solo se tiene un ejemplo de vida, el de la Tierra, la mayor parte de las investigaciones están destinadas a buscar vida en un objeto celeste muy parecido al nuestro, ya que se desconocen otras posibilidades.

¿VIDA EN MARTE?

Un caso concreto de investigación astrobiológica es la búsqueda de vida en Marte. Existe un creciente conjunto de pruebas que sugieren que antiguamente Marte tuvo una importante cantidad de agua líquida en su superficie, cosa que se considera un precursor esencial para el desarrollo de la vida tal como la conocemos, pero esto todavía no ha podido ser probado.

Misiones específicamente diseñadas para la búsqueda de vida en otros planetas son, por ejemplo, las del programa *Viking I* y *Viking II*, o las sondas *Beagle 2*. Todas estas naves automáticas fueron dirigidas a Marte. Los resultados de los *Viking I* y *II* no lograron determinar la existencia de la vida en Marte, pero tampoco la descartaron completamente. La *Beagle 2* falló en transmitir, razón por la cual se cree que se estrelló.

Los científicos consideran que, además de Marte, Titán (el mayor satélite de Saturno) y Europa (uno de los satélites de Júpiter) podrían albergar algún tipo de vida por sus condiciones atmosféricas y la presencia de un medio líquido.



La búsqueda de vida extraterrestre es un gran desafío para la biología actual.



La posibilidad de encontrar evidencias de vida en otros mundos nació en la época en que se inició la exploración del espacio.

PARA PENSAR Y CONVERSAR

24. Averigüen qué misiones espaciales están desarrollando investigaciones en la actualidad.
25. ¿Por qué creen que el famoso escritor y científico Isaac Asimov (1920-1992) definió la exobiología como "un campo de estudios sin nada que estudiar"?

UN PASEO POR LOS TEXTOS

MIENTRAS TANTO

1914-1918

Europa.
Primera
Guerra
Mundial.

1921

Suecia. El físico
alemán Albert
Einstein recibe el
premio Nobel.

1923

Argentina. Jorge Luis Borges
publica *Fervor de Buenos Aires*,
su primer libro de poesías.
Rusia. Alexander Oparín publica
su libro *El origen de la vida*.

1924

Austria. Muere el escritor
checo Franz Kafka.
Francia. Se celebran los
VIII Juegos Olímpicos en
la ciudad de París.

1928

Argentina. Hipólito
Yrigoyen asume la
presidencia de la
República por
segunda vez.

La generación espontánea y el origen de la vida

Después de que Louis Pasteur presentara sus trabajos experimentales en el año 1861, ya no hubo razón para creer en la generación espontánea, pero todavía no existía una explicación científica sobre el origen de la vida. En 1923, el bioquímico ruso Alexander Oparin propuso su teoría revolucionaria sobre el origen de la vida.

Un experimento que hizo historia

Y, por lo tanto, caballeros, yo podría señalar este líquido, y decirles que he tomado mi gota de agua de la inmensidad de la creación, y que la he tomado plena de los elementos apropiados para el desarrollo de organismos microscópicos. ¡Y espero, observo, pregunto!, rogándole que comience para mí el hermoso espectáculo de la creación primera. Pero es mudo, mudo desde estos experimentos que fueron iniciados hace varios años; es mudo porque lo he mantenido aislado de la única cosa que el hombre no sabe cómo producir: de los gérmenes que flotan en el aire, de la Vida, porque la Vida es un germe y un germe es Vida. La doctrina de la generación espontánea no se recuperará jamás del golpe mortal que le asestó este simple experimento.

Discurso presentado en una de las "veladas científicas" de la Universidad de la Sorbona, el 7 de abril de 1864.

El surgimiento de la vida según Oparin

A diario nos damos cuenta de cómo los seres vivos nacen de otros seres semejantes. El ser humano pro-

viene de otro ser humano; la ternera nace de una vaca; el polluelo sale del huevo puesto por una gallina; los peces proceden de las huevas puestas por otros peces semejantes; las plantas brotan de semillas que han madurado en plantas análogas. Empero, no siempre ha debido ser así. Nuestro planeta, la Tierra, tiene un origen, y, por lo tanto, tiene que haberse formado en cierto período. ¿Cómo aparecieron en ella los primeros ancestros de todos los animales y de todas las plantas?

[...] el surgimiento de la vida no tuvo efecto de golpe, como trataban de demostrar los sostenedores de la generación espontánea y repentina. Por lo contrario, hasta los seres vivos más simples poseen una estructura tan compleja que de ninguna manera pudieron haber surgido de golpe; pero sí pudieron y debieron formarse mediante mutaciones continuadas y sumamente prolongadas de las sustancias que los integran. Estas mutaciones, estos cambios, se produjeron hace mucho tiempo cuando la Tierra aún se estaba formando y en los períodos primarios de su existencia.

De *El origen de la vida*, de Alexander Oparin, publicado en 1923.

ACTIVIDADES

26. ¿Qué ideas en común surgen de la información aportada por ambos textos?

27. Respondan a partir de la información del capítulo y de los textos:

¿Qué diferencia fundamental encuentran entre los trabajos de Pasteur y los de Oparin?

EN EL LABORATORIO

Recreación de la experiencia de Redi

Durante siglos, desde la Antigüedad hasta mediados del siglo XIX, la teoría de la generación espontánea tuvo mucha aceptación. Pero Pasteur, continuando el camino iniciado por Redi, demostró experimentalmente que los seres vivos, inclusive los microorganismos, se originan por medio de la reproducción. Esta actividad experimental da la posibilidad de recrear el experimento que realizó Pasteur.



MATERIALES

- 6 tubos de ensayo y 1 gradilla.
- 4 tapones, dos de ellos, perforados.
- 1 tubo de vidrio recto de 5 cm de largo y 1 tubo de vidrio acodado de 5 cm.
- Puré de zapallo.
- 1 vaso de precipitados.
- Mechero, trípode y tela de amianto.
- 1 marcador indeleble.



PROCEDIMIENTO

PASO 1. Rotulen los tubos con letras de la A a la F y coloquen en los seis tubos de ensayo la misma cantidad de puré.

PASO 2. Tapen los tubos B y D con los tapones sin perforar. Tapen el tubo E con el tapón perforado atravesado por el tubo de vidrio recto. Procedan de la misma manera con el tubo F, pero atraviesen el tapón con el tubo de vidrio acodado. Los tubos A y C quedan destapados. Deben asegurarse de que los tubos queden bien cerrados, para lo cual pueden cubrir los tapones con papel de aluminio.

PASO 3. Coloquen los tubos C, D, E y F en el vaso de precipitados y agreguen un poco de agua. Hiervan durante 40 minutos.

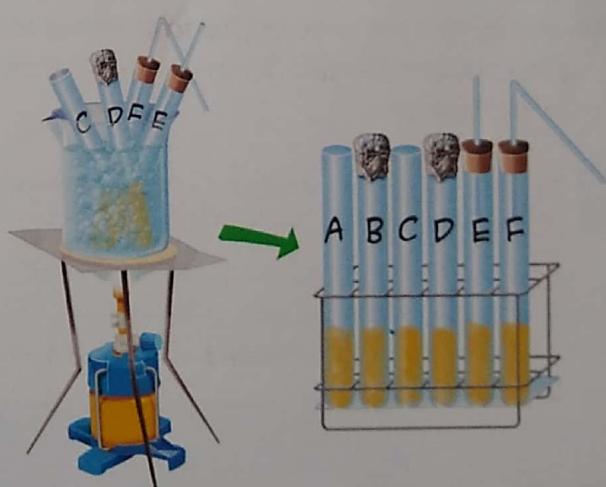
PASO 4. Cuando se enfrién los tubos, colóquelos en la gradilla y ubíquenla en un lugar seguro.

PASO 5. Una vez armado el dispositivo, discutan y anoten qué suponen que va a suceder en cada uno de los tubos de ensayo al cabo de 10 días.

PASO 6. Observen los tubos cada dos días, sin destaparlos, durante 10 días.

PASO 7. Anoten en una tabla de doble entrada los cambios que aparecen.

Nota: si se observa una especie de "césped" sobre el puré, se debe al desarrollo de hongos o bacterias.



RESULTADOS Y CONCLUSIONES

28. Analicen los resultados y expliquen, para cada tubo, dónde se encontraban los organismos que dieron origen a los que se observan.

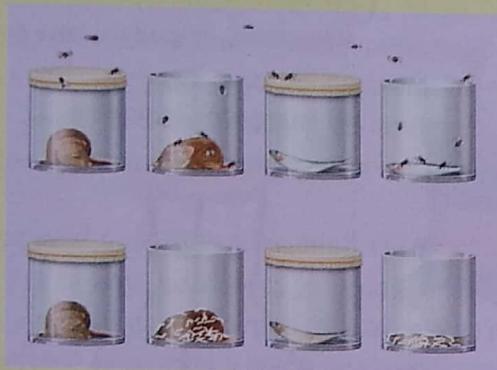
29. ¿Por qué no se desarrollan seres vivos en el tubo D?

30. Comparen los resultados obtenidos en los tubos E y F y expliquen por qué aparecen organismos solo en el E.

ACTIVIDADES

31 Lean atentamente el texto, y luego respondan a las preguntas siguientes.

En 1668, Francesco Redi realizó la siguiente experiencia: preparó varios tarros con carne y pescado, unos destapados y otros cerrados con una rejilla fina. Observó que las moscas entraban y salían continuamente de los tarros abiertos, y días después comprobó que en la carne de estos tarros aparecían unos pequeños "gusanos" blancos. En cambio, estos no aparecían en los tarros cerrados.



- ¿Por qué se pensaba, hasta entonces, que de la carne podían nacer gusanos?
- ¿De dónde proceden los "gusanos" de la carne en descomposición?
- ¿Qué conclusiones se desprenden de la experiencia de Redi?

32 ¿Qué científico demostró, de manera concluyente, que los seres vivos solo se originan de otros seres vivos por reproducción? Expliquen en forma breve cómo lo demostró.

33 La hipótesis de Oparin-Haldane se refiere al origen de la vida en la Tierra.

- ¿Qué sostiene la hipótesis de Oparin-Haldane?
- ¿A qué se denomina "caldo primitivo"?
- La panspermia, ¿da respuesta a la pregunta sobre el origen de la vida?

34 Respondan a las siguientes preguntas:

- ¿Hace cuántos millones de años surgieron los primeros seres vivos?
- ¿Qué características tenían?

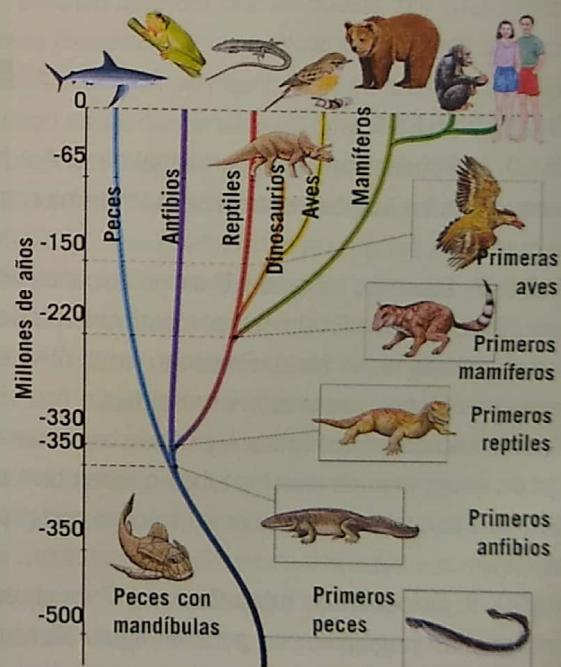
c. ¿Qué cambio se produjo en la atmósfera primitiva con la aparición de los organismos fotosintetizadores?

d. ¿Cuándo aparecieron los organismos eucariotas? ¿Qué teoría se ha aceptado para explicar el origen de las células eucariotas?

e. ¿Cuándo ocurrió la aparición de los organismos pluricelulares?

35 Ordenen de mayor a menor, según el número de individuos que integra cada una de las categorías taxonómicas en que se clasifican los seres vivos: clase, familia, dominio, género, orden, reino, especie, filum.

36 Observen el siguiente árbol evolutivo de los vertebrados:



- ¿Tienen todos los vertebrados un origen común? ¿Por qué?
- ¿Se originaron antes las aves o los mamíferos? Indiquen el orden de aparición de los grandes grupos de vertebrados.
- ¿Qué vertebrados actuales se hallan evolutivamente más próximos a los dinosaurios?

EN RESUMEN

TEORÍAS SOBRE EL ORIGEN DE LA VIDA

GENERACIÓN ESPONTÁNEA



Planteaba el surgimiento continuo de vida a partir de la materia inerte. La hipótesis es rechazada de forma definitiva a partir de los experimentos de Louis Pasteur.

OPARIN-HALDANE (SÍNTESIS PREBIÓTICA):



Propone que la materia orgánica surgió a partir de materia inorgánica en un único evento favorecido por las condiciones de la Tierra primitiva. Es la más aceptada en la actualidad.

PANSPERMIA

Propone que la vida en la Tierra procede de otro lugar del universo. Recibe objeciones por parte de la mayoría de los científicos.



LOS PRIMEROS ORGANISMOS

Los primeros seres vivos eran unicelulares, procariotas, anaerobios y heterótrofos. Luego habrían aparecido los primeros organismos autótrofos, que aportaron oxígeno a la atmósfera.



EL ORIGEN DE LOS EUCAΡΙOTAS

Los organismos unicelulares eucariotas habrían surgido por endosimbiosis de organismos procariotas, los cuales dieron lugar a las mitocondrias y los cloroplastos.

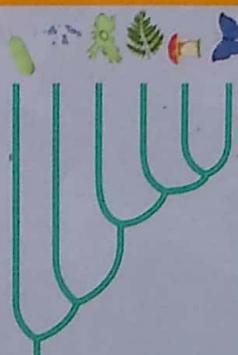
LA DIVERSIFICACIÓN DE LA VIDA

En la era paleozoica, la vida sobre la Tierra se diversificó y se expandió, primero en los mares y, luego, en las tierras continentales emergidas. El mesozoico fue la "era de los reptiles": a su término, se extinguieron los dinosaurios. El cenozoico es la "era de los mamíferos": plantas con flores, mamíferos y aves dominan la Tierra.



LA CLASIFICACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD

En la actualidad, los seres vivos se clasifican en tres dominios, teniendo en cuenta sus relaciones evolutivas: Eubacterias, Arquibacterias y Eucariotas.



PARA VOLVER A EMPEZAR

- Vuelvan a realizar las consignas de la sección "Con lo que observo" de la página 7. ¿Coinciden sus respuestas con las que dieron por primera vez?
- Europa, una de las lunas de Júpiter, ha sido considerada como uno de los lugares con más posibilidades de albergar vida extraterrestre. ¿Qué condiciones, además de la existencia de agua, serían necesarias para que pudiera surgir vida, tal como la conocemos, en el satélite Europa?



2

ORIGEN Y EVOLUCIÓN DE LOS SERES VIVOS

LA EVOLUCIÓN DE LOS SERES VIVOS



Aire y agua I (1938), de M. C. Escher.

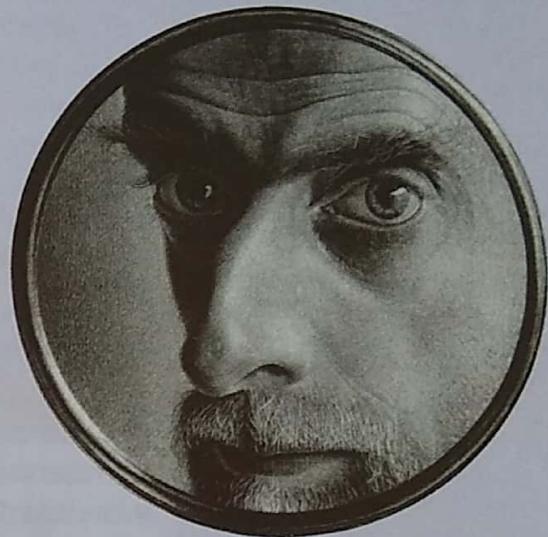
MCE
6-38

La biodiversidad es el resultado de cambios y transformaciones en los seres vivos en el curso de la historia del planeta. Actualmente tenemos tan asumida la noción de evolución biológica que nos resulta difícil interpretar la naturaleza sin ella. Sin embargo, esto no fue siempre así. Las ideas sobre la evolución han cambiado mucho con el transcurso del tiempo.

PARA ENTRAR EN TEMA

CON LO QUE OBSERVO

La imagen de la página anterior corresponde al detalle de la litografía *Aire y agua I* del holandés Maurits Cornelius Escher (1898-1972). Este artista es conocido por sus xilogravías y litografías que tratan sobre figuras imposibles, mundos imaginarios y cuerpos en plena transformación.



M. C. Escher por él mismo.

- En grupos, observen la imagen de apertura y discutan con sus compañeros qué ideas les sugiere. Enumeran qué tipos de figuras aparecen y describanlas. Luego, relacionen unas con otras y redacten una breve historia, a partir de los elementos de la obra.
- Consideran que los seres vivos han atravesado procesos de "cambio" similares a los observados en esta imagen a lo largo de su historia? ¿Por qué?
- Busquen en enciclopedias de arte o Internet otras obras del artista en las que puedan observarse transformaciones en las formas de seres vivos. Elijan una de esas obras y redacten una descripción de lo que observan.

CON LO QUE SÉ

- Lean las siguientes oraciones y respondan a las consignas:

"Según los médicos, la evolución del paciente resulta favorable."

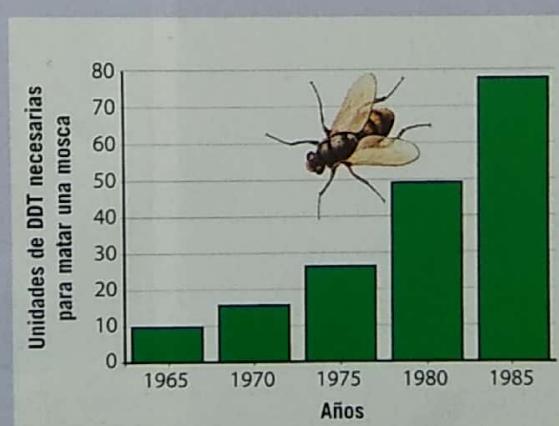
"Durante la última década, los programas informáticos han evolucionado rápidamente."

"Los seres humanos han evolucionado a partir de un ancestro con características de primate."

- ¿Cuál es el sentido dado a la palabra "evolución" en cada caso? ¿Es el mismo? ¿Por qué? Intercambien sus opiniones con otros compañeros. ¿Coinciden?
- ¿De qué manera podría relacionarse la imagen de la página anterior con la idea de evolución?

CON LO QUE DESCUBRO

- Hasta hace pocos años, el DDT (Dicloro-difenil-tricloroetano) era un insecticida utilizado de forma habitual en la lucha contra las plagas de insectos. El gráfico muestra la cantidad media de insecticida necesario para matar una mosca.
- Describan los cambios que se muestran en este gráfico.
- ¿Qué creen que les debe haber ocurrido a las moscas para justificar los cambios descriptos?



1 EL ORIGEN DE LA DIVERSIDAD BIOLÓGICA

Se calcula que existen en la Tierra alrededor de diez millones de especies, la mayoría aún por descubrir. Ante esta impresionante diversidad, naturalistas de todas las épocas se han preguntado cómo han surgido las especies en la naturaleza.

FIJISMO Y CREACIONISMO

Los seres vivos se reproducen y originan otros seres vivos de su misma **especie**, nunca de una especie diferente.

Las observaciones cotidianas muestran que tampoco la transformación de una raza en otra origina una especie nueva; todas las razas de perros pertenecen a la misma especie. No es extraño que el convencimiento de que las especies se han mantenido tal y como las conocemos ahora predominara entre los naturalistas del siglo XIX. Esta forma de pensamiento se conoce con el nombre de **fijismo**.

A principios del siglo XIX, la mayoría de los naturalistas recurrián a los relatos bíblicos como fuente de datos científicos:

- La edad de la Tierra se estimaba en unos 6.000 años, dato que se basaba en una interpretación literal de la Biblia.
- La única explicación aceptable sobre cómo habían surgido las especies era el **creacionismo**. Según el Génesis, las especies habrían sido creadas por Dios; interpretándose que desde entonces se habían mantenido sin cambios. El creacionismo aparecía asociado al fijismo, que defendía la inmutabilidad de las especies, es decir, el hecho de que estas no cambiaron a lo largo del tiempo.

Sin embargo, pocos naturalistas de mediados del siglo XIX seguían aceptando los 6.000 años de antigüedad de la Tierra. Al comprender que el planeta era mucho más antiguo, algunos naturalistas abandonaron el fijismo y, poco a poco, comenzó a extenderse la idea de que las formas de vida actuales podían proceder por transformación de otras anteriores.

CONOCER MÁS

Especie. El concepto de especie ha cambiado mucho a lo largo de la historia. Como vimos en el capítulo anterior, Linneo construyó su sistema de clasificación de los seres vivos, considerando a las especies como unidades morfológicamente semejantes. En la actualidad, una especie biológica se define como un grupo de individuos que son *interfériles* (se reproducen entre sí), e *interestériles* respecto de los individuos de otras especies (no se reproducen con ellos).



Detalle de la Capilla Sixtina, en la cual el artista italiano Miguel Ángel representa el Génesis. El creacionismo se basó en una interpretación literal de la Biblia.

LOS PRINCIPALES FIJISTAS

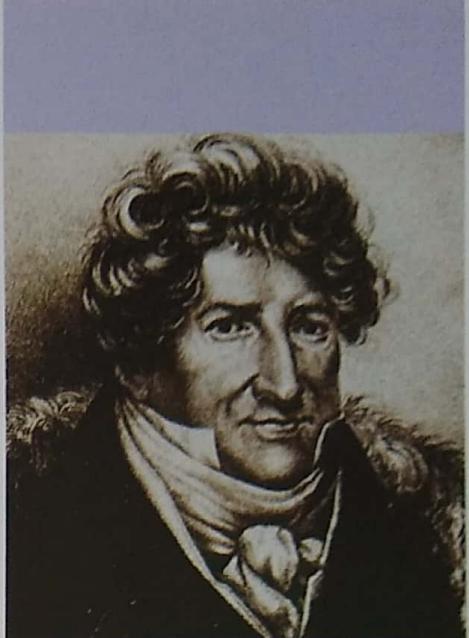
El botánico sueco Carl von Linneo (1707-1778) consideró la fijeza de las especies como eje central para su sistema de clasificación de animales y plantas que, con modificaciones, se utiliza en la actualidad. Aunque era un fijista convencido, la organización jerárquica diseñada por Linneo contribuyó, cien años después, a la aceptación del concepto de *ascendencia común* propuesto por los evolucionistas.

El naturalista Georges Cuvier es, junto con Linneo, el más célebre representante del fijismo. Como paleontólogo, reconocía los fósiles como restos de seres vivos, diferentes de los actuales, que vivieron en nuestro planeta en otras épocas. En aquel entonces, muchos naturalistas sostienen que los fósiles eran rocas de origen inorgánico, que solo se parecían a las estructuras de ciertos organismos, pero que nada tenían que ver con ellos.

Para justificar desde sus ideas fijistas la existencia de especies desaparecidas, postuló que, a lo largo de la historia de la Tierra, se habían producido grandes catástrofes seguidas por creaciones divinas de nuevas especies. Esta corriente de pensamiento, que recibió el nombre de **catastrofismo**, sostuvo que los fósiles serían restos de especies extintas que, a causa de las catástrofes planetarias, habían desaparecido. El catastrofismo puso en duda la concepción de que la Tierra solo tenía unos miles de años, debido a que la sucesión de creaciones y extinciones tenía que haber ocurrido en un plazo de tiempo mucho más amplio.

Algunos naturalistas, como el francés Georges Leclerc, conde de Buffon, empezaron a dudar sobre la existencia de especies como unidades fijas e inmutables. Buffon era unas veces un fijista, al rechazar que las diversas especies pudieran proceder de un antepasado común, pero otras veces parecía apoyar la idea del cambio. En sus obras se refiere a la posibilidad de que unos seres vivos den origen a otros por "degeneración", como consecuencia de la acción de factores ambientales tales como el clima o la alimentación.

Aunque no puede considerarse que las ideas de Buffon apoyaran una teoría de evolución de las especies, apuntó algunos rasgos característicos que fueron tomados en las nuevas teorías. Por ejemplo, la posibilidad de transformación de las especies o la influencia del medio natural. Entre sus aportes se destaca su intento por demostrar una antigüedad para la Tierra mucho mayor que la que se suponía en la época; esta idea resultó esencial para el desarrollo de la teoría evolucionista.



Georges Cuvier (1769-1832).



Georges Leclerc, conde de Buffon (1707-1788).



Algunas de las publicaciones y materiales de trabajo de Cuvier.

ACTIVIDADES

1. ¿Qué diferencia existe entre el fijismo, el creacionismo y el catastrofismo?

2 LAS TEORÍAS EVOLUCIONISTAS



Jean-Baptiste de Monet, caballero de Lamarck (1744-1829). Además de concebir una de las primeras teorías evolucionistas, fue el creador del término "biología".



Uno de los ejemplos utilizados por Lamarck a favor de sus ideas es el del topo que, "por sus costumbres, hace poco uso de la vista" y que solamente tendría "ojos muy pequeños porque ejercita muy poco este órgano".

La idea de que las especies evolucionan a lo largo del tiempo fue considerada por filósofos y naturalistas desde la Antigüedad. Algunos filósofos griegos, como Anaximandro de Mileto (610-546 a. C.) y Empédocles de Agrigento (483-423 a. C.), sostienen que los distintos tipos de organismos podían transformarse unos en otros. Sin embargo, durante toda la Edad Media y hasta el siglo XVII, predominaron las diferentes teorías fijistas que defendían la inmutabilidad de las especies. Frente a las teorías fijistas, la idea de que las especies podían cambiar a lo largo del tiempo comenzó a resurgir en algunos pensadores del siglo XIX.

Por esa época surgió el aporte del primer científico que propuso una explicación sobre los mecanismos de esa evolución: Jean-Baptiste Monet, caballero de Lamarck. En 1809, publicó su obra *Filosofía zoológica*, en la que expuso su teoría evolucionista conocida como **transformismo** o **lamarckismo**.

EL TRANSFORMISMO

El punto de partida del pensamiento de Lamarck era que en los seres vivos existía una tendencia natural hacia la perfección; según sus palabras, una "tendencia inherente hacia la complejidad". La consecuencia de dicha tendencia sería la **transformación** de las especies. El mecanismo que propuso para explicar cómo tiene lugar esa transformación se apoya en los siguientes supuestos:

- **Las condiciones del medio ambiente** en el que se desarrolla un ser vivo varían a lo largo del tiempo.
- **Los cambios ambientales crean nuevas necesidades** que exigirían a los individuos la modificación de sus hábitos o conductas.
- **Surgen nuevos hábitos** que irían acompañados del mayor o menor uso de determinados órganos, lo que provocaría su desarrollo o su atrofia. Así los individuos se modificarían.
- **Estas modificaciones**, inducidas por el ambiente, **serían transmitidas a la descendencia**. Con el tiempo, todos los individuos habrían cambiado; la especie se habría transformado.

Este último punto, central en la teoría transformista, señala que los cambios adquiridos a lo largo de la vida de un organismo son transmisibles a sus descendientes. Por esta razón, el lamarckismo se conoce también como **teoría de los caracteres adquiridos**.



Para Lamarck, el uso de las patas para nadar haría que la piel de las aves acuáticas se extendiese entre sus dedos.

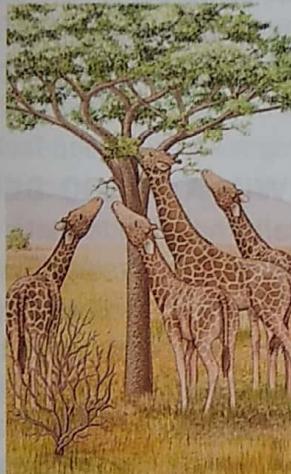
UN EJEMPLO DE EVOLUCIÓN EXPLICADO POR EL TRANSFORMISMO

Lamarck ilustró su teoría a partir de un ejemplo famoso, el del desarrollo del cuello de las jirafas.

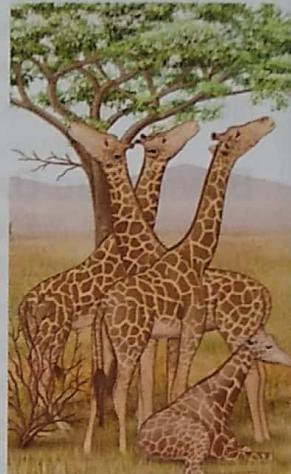
LA EVOLUCIÓN DE LAS JIRAFAS SEGÚN EL TRANSFORMISMO



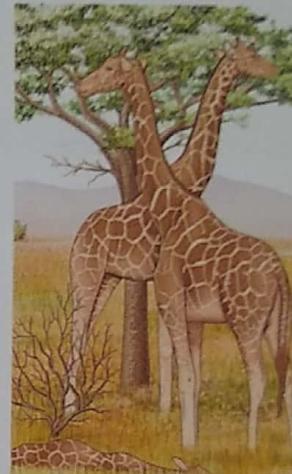
1. Las jirafas viven en la sabana alimentándose de brotes de árboles. En época de sequía las hojas escasean.



2. Ante la falta de hojas, las jirafas estirarían su cuello y sus patas para lograr alcanzar las hojas situadas a más altura.



3. El estiramiento de las patas y del cuello provocaría su alargamiento. Estos nuevos caracteres serían heredados por descendientes.



4. La siguiente generación de jirafas poseería patas y cuello más largos. El proceso se repetiría generación tras generación.

CRÍTICAS AL LAMARCHISMO

Las ideas de Lamarck fueron muy resistidas entre los naturalistas de su época. Tanto la idea de la evolución de las especies en respuesta a una "tendencia hacia la complejidad", como la idea de "la herencia de caracteres adquiridos", fueron la base de las críticas hacia el lamarchismo que perduran hasta la actualidad.

No hay pruebas de que exista en los organismos un impulso hacia la transformación, y los cambios que se producen no son, necesariamente, hacia la complejidad.

Por otra parte, los conocimientos científicos contemporáneos a Lamarck negaban la posibilidad de que las modificaciones corporales adquiridas a lo largo de la vida de un individuo pudieran transmitirse hacia sus hijos. Como veremos más adelante, los conocimientos actuales confirman la imposibilidad de este supuesto.

No obstante, el aporte de Lamarck al desarrollo de las ideas evolucionistas fue muy grande. Por un lado, fue el primero en proponer una teoría científica que explicaba (de una manera errónea, a la luz de los conocimientos posteriores) un mecanismo de cambio. Por otra parte, las discusiones que despertó su teoría entre los científicos de la época contribuyeron a la aceptación progresiva de la idea de evolución de las especies.

ACTIVIDADES

2. ¿Cómo explicarían los siguientes datos a partir de las concepciones sobre la evolución desarrolladas hasta aquí (fijismo, creacionismo, catastrofismo y transformismo)?
 - La semejanza entre especies.
 - La extinción de especies.
 - El hallazgo de fósiles.

3 EL DARWINISMO

La segunda gran teoría evolucionista del siglo XIX fue la de Charles Darwin (1809-1882). Hijo y nieto de médicos, Darwin comenzó también estudios de medicina, aunque pronto los abandonó. A los 22 años, se encontraba indeciso sobre su futuro y a punto de iniciar su vida como clérigo anglicano.

La gran atracción que sentía por la naturaleza lo llevó a aceptar una oferta para embarcarse como naturalista en el *Beagle*, barco de la armada británica que estaba por realizar un viaje alrededor del mundo que duraría cinco años.

EL VIAJE DE DARWIN A BORDO DEL BEAGLE

En 1831 el *Beagle* zarpó hacia Sudamérica bajo las órdenes del capitán Robert Fitz Roy. Luego de detenerse en Brasil y Uruguay, la nave arribó a las costas argentinas en 1832. Recorrió la provincia de Buenos Aires, navegó por el río Luján, se entrevistó con el brigadier Juan Manuel de Rosas y escribió sobre las costumbres de los gauchos. Durante esta etapa de la expedición describió gran cantidad de especies de la fauna local. El registro de los restos fósiles que encontraba a su paso, como los del gliptodonte y el megaterio –mamíferos herbívoros de la era Cenozoica– le proporcionó datos fundamentales para la elaboración de su futura teoría.

El *Beagle* partió hacia la Patagonia en 1833. Durante su recorrido, Darwin observó y describió diversos animales patagónicos, entre ellos el guanaco y la liebre patagónica. Entre los principales hallazgos de este viaje, se destaca el de la *Macrauchenia*, mamífero fósil pariente del guanaco y la llama, descripto por primera vez por Darwin cerca del puerto San Julián.

En su travesía por Sudamérica, Darwin habría contraído el mal de Chagas, enfermedad que afectaría su salud durante el resto de su vida. Los datos recogidos a lo largo de su viaje, junto con la lectura de los trabajos publicados por otros naturalistas, geólogos e inclusive economistas, fueron fundamentales para la posterior formulación de su teoría.



Además de viajar por Sudamérica a bordo del *Beagle*, Darwin también recorrió Cabo Verde, las Islas Galápagos, el Océano Pacífico Sur, el Océano Índico, Australia y Sudáfrica.

Grabado que muestra al *Beagle* siendo reparado en las costas del río Santa Cruz (Argentina).



Darwin describió con interés los hábitos de la mara o liebre patagónica, a la que caracterizó como "el verdadero amigo del desierto".

LAS INFLUENCIAS DE DARWIN

Tiempo después de su regreso a Inglaterra, Darwin elaboró su teoría evolutiva sobre la base de los datos recolectados en su viaje y bajo la influencia del pensamiento de otros científicos.

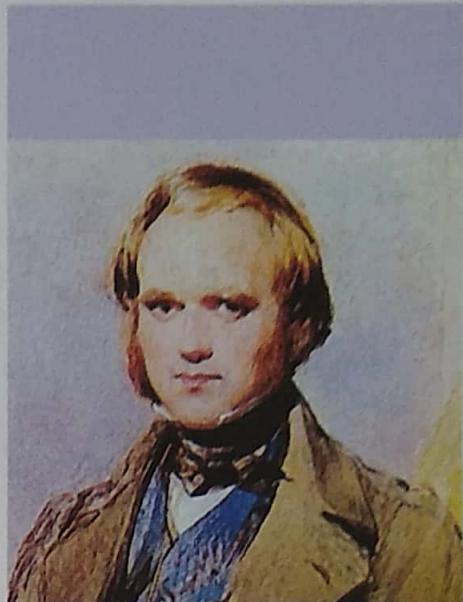
Uno de sus colegas más respetados fue el geólogo Charles Lyell (1797-1875), cuyo libro *Principios de geología* fue una de las principales fuentes de consulta durante el viaje en el *Beagle*. Lyell rechazaba en su obra que las catástrofes hubieran sido la causa de los grandes cambios ocurridos en el pasado de la Tierra. Consideraba que se debían a las mismas causas que actúan en el presente y funcionando al mismo ritmo, pero durante largos períodos de tiempo. Darwin adoptó de Lyell la idea de **sucesión y cambio gradual** que aplicó a los seres vivos.

Darwin había tomado contacto con la obra de un reconocido economista de la época llamado Thomas Robert Malthus (1776-1834). En su obra *Primer ensayo sobre la población*, Malthus sostenía que la desproporción entre el aumento de la población humana y de los alimentos conduciría, necesariamente, a una lucha por los recursos escasos. Malthus proponía que el Estado debía evitar este fenómeno suprimiendo las políticas de ayuda a los sectores más pobres de la población, lo cual conduciría a la **lucha por la supervivencia**. Darwin estuvo en desacuerdo con la teoría social de Malthus, pero la consideró válida para explicar la competencia de los seres vivos por los recursos limitados en la naturaleza.

LOS DATOS CONSIDERADOS

Darwin elaboró su teoría integrando las ideas de Malthus y Lyell, sus observaciones como naturalista antes y después de su viaje. Algunas de ellas son:

- El parecido entre los fósiles de algunos armadillos extinguidos hallados en Sudamérica y los esqueletos de ciertas especies vivientes. Dichas similitudes sugerían, según Darwin, que las últimas habrían descendido de las primeras.
- Al recorrer las pampas sudamericanas, Darwin notó que ciertas formas de avestruz (ñandúes) eran reemplazadas gradualmente por tipos distintos, pero semejantes. Cada zona estaba poblada por una forma representativa diferente. El científico consideró que esto no podía responder al resultado de creaciones separadas, sino como consecuencia de la separación geográfica. Dichas variedades afines conformaban lo que Darwin llamó una **comunidad de descendencia**; es decir, que podrían estar emparentadas y provenir de un mismo antecesor común.
- Darwin estudió los mecanismos por medio de los cuales los criadores obtienen animales y plantas con determinadas características y los tomó en cuenta para la elaboración de su teoría. El criador trabaja con las variaciones naturales de los ejemplares que cría, identificando rasgos favorables y cruzando a dichos ejemplares con otros de la misma clase. Como resultado final de este proceso, llamado *selección artificial*, los criadores estimulan el desarrollo de razas nuevas según su interés.



Charles Darwin (1809-1882) a los 31 años de edad, cuando ya había realizado su viaje alrededor del mundo en el Beagle.

ACTIVIDADES

3. Imaginen que pudieran viajar en el tiempo y se les hubiera encargado la misión de asistir a Darwin en sus investigaciones. Consideren los hechos descriptos y utilícelos para generar una explicación basada en la evolución de las especies. Enuncien los hechos que apoyarían la explicación imaginada y hagan una lista con aquellos que van en contra de lo expuesto o que no lo confirman ni lo rechazan. Luego debatan con otros compañeros y argumenten a favor de la hipótesis elaborada.

CONOCER MÁS

Alfred Russel Wallace. En 1848 realizó una expedición al Amazonas junto al entomólogo Henry Bates. Viajó por Brasil durante cuatro años recolectando insectos, aves y plantas y luego visitó el río Orinoco. En 1854 viajó al archipiélago malayo, donde permaneció ocho años estudiando la fauna. Además de llegar a concebir la teoría de selección natural de manera independiente a Darwin, Wallace destacó la importancia del ambiente en la vida de los organismos mucho antes de que existiera el concepto de ecosistema.



Alfred R. Wallace (1823-1913).

LA SELECCIÓN NATURAL

Darwin concibió su teoría sobre la evolución de las especies en los cinco años posteriores al regreso de su viaje por el mundo. Sin embargo, el temor por verse envuelto en una polémica a causa de su revolucionaria teoría lo llevó a posponer su publicación durante veinte años.

En 1858, un joven naturalista llamado Alfred Wallace le envió un manuscrito, solicitándole su opinión antes de publicarlo. Para sorpresa de Darwin, **Wallace** proponía un mecanismo evolutivo que coincidía plenamente con lo que él había elaborado en secreto. Los científicos se pusieron de acuerdo e hicieron una publicación conjunta de la teoría. Un año más tarde, en 1859, Darwin publicó una versión extendida de la misma en el libro *El origen de las especies*.

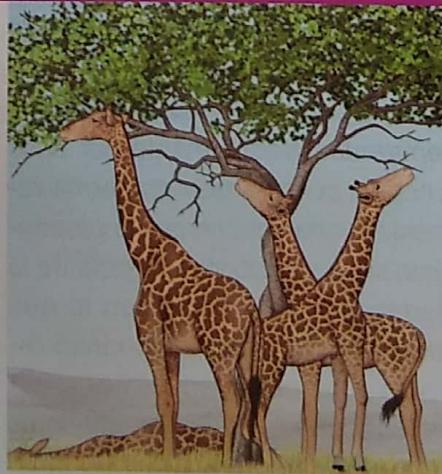
El mecanismo de la evolución de las especies postulado es la **selección natural**. Dicha teoría puede resumirse en los siguientes puntos:

- **Existen diferencias o variaciones heredables entre los individuos de una población.** Estas pueden afectar, por ejemplo, al tamaño, la coloración o la habilidad para obtener alimento.
- **Nacen más seres vivos de los que pueden sobrevivir.** En consecuencia, entre ellos se establece una lucha por la supervivencia ante los limitados recursos del medio.
- **Algunas de las variaciones hereditarias proporcionan a los individuos ventajas a la hora de sobrevivir** y dejar descendientes frente a los que carecen de ellas. Así, a lo largo de sucesivas generaciones, se producirá un aumento de aquellas variantes hereditarias ventajosas y la eliminación de las perjudiciales: como consecuencia, la población cambia de forma **continua y gradual**.

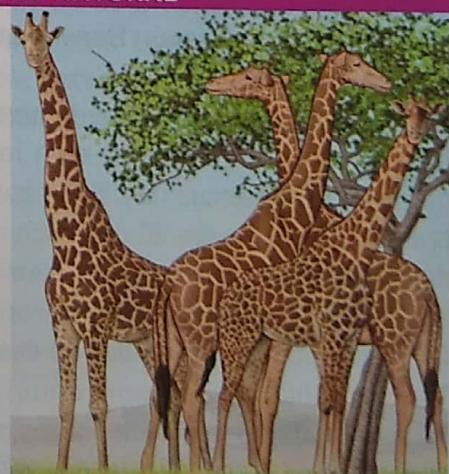
EVOLUCIÓN DE LAS JIRAFAS SEGÚN LA SELECCIÓN NATURAL



En una población natural de jirafas, algunos individuos nacen con las patas delanteras y el cuello más largo que otras, caracteres que estos individuos transmiten a la descendencia. Si la población dispone de abundante alimento, tener el cuello largo no proporciona ninguna ventaja.



En un período de escasez, la supervivencia de todos los descendientes no es posible, ya que los recursos del medio son limitados. En estas condiciones, las jirafas de cuello largo tienen ventaja sobre las de cuello corto, pues pueden alcanzar las hojas más altas de los árboles.



Las jirafas de cuello largo dejan descendientes que también serán portadores de dicha característica. De esta manera, aquellos caracteres que proporcionan ventajas tenderán a imponerse en la población. En consecuencia, la población cambia.

LA SELECCIÓN NATURAL Y EL TRANSFORMISMO

Darwin utilizó la expresión "selección natural" para subrayar las analogías y diferencias entre este proceso y la selección artificial realizada por los criadores dedicados a la mejora de animales domésticos. Para Darwin y Wallace, en la naturaleza hay una selección permanente, pero quien la realiza es la propia naturaleza.

Como Lamarck, Darwin había constatado que muchos organismos se encuentran maravillosamente adaptados a su medio (si no lo estuvieran no podrían sobrevivir) pero el procedimiento de adaptación que proponía era diferente.

■ **Para Lamarck**, el medio inducía en los organismos el tipo de cambio más adecuado. La evolución sería **finalista**, es decir, tendría un determinado objetivo, y una vez iniciada podría determinarse el final. Por ejemplo, la adaptación al agua de un mamífero como un antepasado del delfín conduciría necesariamente a la transformación de sus extremidades en aletas similares a las de los peces.

■ **Para Darwin y Wallace**, sin embargo, el medio solo puede "elegir" las opciones más ventajosas entre aquellas que la variabilidad de los individuos le proporciona. La adaptación, por lo tanto, no sería un acto voluntario del organismo, ni algo inducido por el medio sino seleccionado por el medio. Así, la transformación de las extremidades de los antepasados del delfín en aletas sería el resultado de seleccionar aquellos cambios que proporcionaban a sus portadores ventajas natatorias, pero el final nunca está decidido previamente. Por eso las extremidades de otros mamíferos marinos, como las focas, han seguido un proceso diferente a las del delfín.

LAS CRÍTICAS A LA SELECCIÓN NATURAL

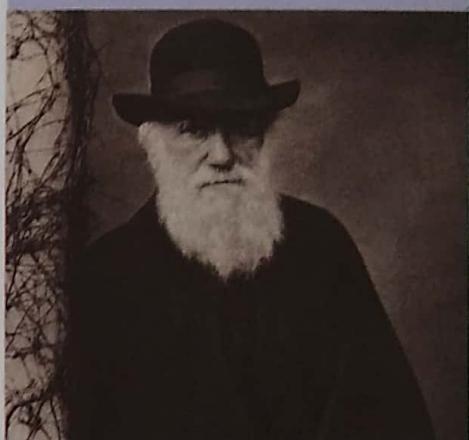
Según Darwin, las diferencias hereditarias entre los individuos de una especie constituyen la materia prima sobre la que actúa la selección natural; sin esas variaciones hereditarias no puede haber evolución. Sin embargo, él no pudo explicar cómo se originaba la variación ni tampoco cómo se transmitía de generación en generación.

Este punto fue uno de los principales argumentos en contra de la teoría de la selección natural. Si los caracteres hereditarios se transmitían como partículas contenidas en líquidos mezclables, como creían Lamarck y el propio Darwin, los efectos iniciales de la selección natural se diluirían al cruzarse los individuos seleccionados con el resto de la población.

El modelo evolutivo de Darwin sostenía que las especies actuales eran producto de modificaciones graduales en especies ancestrales. Otra de las objeciones que encontró la teoría se basó en la ausencia de estas formas intermedias entre algunas especies actuales y sus ancestros fósiles. Los partidarios de la selección natural argumentaron que, conforme se hallaran nuevos fósiles y se completara el registro fósil, se encontrarían estos "eslabones perdidos".



Según el transformismo,
la evolución sería un
proceso finalista.



Darwin murió sin poder dar
una respuesta satisfactoria a
varias de las críticas a la
selección natural.

ACTIVIDADES

4. ¿Cuál es el mecanismo que, según Darwin, hace evolucionar a las especies? ¿Y según Lamarck?

5. Un hongo parásito ataca cultivos de tomate y genera grandes pérdidas económicas. Para eliminarlo se utilizan productos químicos (fungicidas), pero los agricultores se quejan de que el producto va perdiendo eficacia y cada cierto tiempo deben cambiar a otro. ¿Cómo explicaría esto el transformismo? ¿Y la selección natural?



Gregor Mendel enunció las leyes que rigen la herencia genética a partir de las investigaciones que realizó con distintas variedades de arvejas.



Las variaciones de un determinado carácter, como el pelaje, tienen su origen en mutaciones ancestrales.

CONOCER MÁS

Mutaciones neutras. La existencia de mutaciones neutras en los genes de los organismos fundamenta otra teoría evolutiva, llamada *neutralismo*. Esta teoría postula que la gran mayoría de las mutaciones no proporcionan ventajas ni desventajas en los seres vivos, y que la posibilidad de permanecer en el acervo genético de una población responde al azar.

4 LA EVOLUCIÓN DESPUÉS DE DARWIN

El padre de la genética, Gregor Mendel (1822-1884), fue contemporáneo de Darwin. Mendel descubrió algunas de las leyes básicas de la herencia pero, desafortunadamente, sus trabajos tuvieron poca difusión entre los científicos de la época.

El desconocimiento de la genética fue una de las dificultades con las que se encontró Darwin, y le impidió explicar el origen de la variabilidad entre los individuos de una especie, así como el modo en que se transmitían de generación en generación las variaciones ventajosas.

TEORÍA SINTÉTICA

A mediados del siglo XX, las propuestas de Darwin fueron enriquecidas y actualizadas con los nuevos conocimientos de genética y otras ramas de la ciencia. El resultado fue la **teoría sintética de la evolución**, cuyas aportaciones más importantes son:

■ **La unidad evolutiva no es el individuo sino la población.** Por población se entiende el conjunto de individuos de una especie que viven en la misma área. La selección natural actúa sobre el *acervo genético* de la población, o conjunto de genes con todas sus variantes que existe en una población.

■ **El origen de la variabilidad está en las mutaciones.** Se denomina **mutación** al cambio súbito que se produce en el ADN, el material genético o hereditario de las células. Estos cambios hacen que los organismos portadores muestren alguna característica diferente (la variabilidad de Darwin). Al tratarse de cambios en el material genético, las mutaciones son heredables. Las mutaciones se producen al azar y, en consecuencia, resultan generalmente perjudiciales para sus portadores, que serán eliminados por la selección natural. No obstante, en ciertos casos esas mutaciones proporcionan alguna ventaja y sus portadores tendrán más posibilidades de sobrevivir y transmitirla a la descendencia.

También hay **mutaciones neutras**, es decir, aquellas que no producen ventajas ni inconvenientes y pueden mantenerse en la población en porcentajes minoritarios.

SELECCIÓN NATURAL Y ADAPTACIÓN

Las mutaciones originan diferencias hereditarias entre los miembros de una población. Los individuos portadores de diferencias que les proporcionen alguna ventaja dejan más descendientes. Así, en cada generación el número de individuos portadores de los caracteres ventajosos en ese medio aumenta.

Con el paso del tiempo, la población entera habrá cambiado y el resultado será una población más adaptada a su medio. El proceso seguido por esa población se denomina **adaptación**.

También se utiliza el término "adaptación" para hacer referencia a una característica heredable que confiere una ventaja para la supervivencia y el éxito reproductivo. Un ejemplo de esta adaptación sería, en el caso de las jirafas, el cuello largo.

LA VELOCIDAD DE LA EVOLUCIÓN

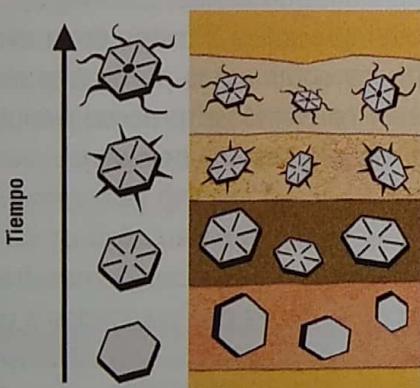
Para la teoría de Darwin y para la teoría sintética de la evolución, su versión actual, la evolución es un proceso lento y gradual. Esta forma de pensamiento se conoce como **gradualismo**.

Darwin estaba seguro de que, con el tiempo, se encontrarían restos fósiles que permitirían seguir, paso a paso, la evolución de todas las formas de vida. Sin embargo, y a pesar del extenso registro fósil del que se dispone en la actualidad, solo en algunos casos se han encontrado los fósiles de esas formas intermedias. ¿Por qué no se han encontrado fosilizadas las formas intermedias en todos los casos?

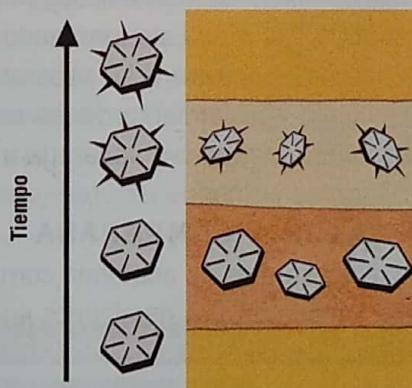
SALTACIONISMO

Algunos científicos piensan que las formas intermedias que no aparecen fosilizadas nunca existieron o que, si existieron, los cambios sucedieron de forma tan rápida (en tiempo geológico) que difícilmente se pueden encontrar restos fósiles. Esta forma de pensamiento se conoce como **saltacionismo**, y sostiene que la velocidad de la evolución es muy irregular.

En 1972, los científicos estadounidenses Niles Eldredge (1943-...) y Stephen Jay Gould (1941-2002) defendieron una forma de saltacionismo extremo. Para estos paleontólogos, una especie pasa por períodos en los que no experimenta ninguna transformación, interrumpidos por cortos períodos de evolución muy intensa. Es la teoría de los **equilibrios puntuados o interrumpidos**.



Ejemplo de evolución gradual.

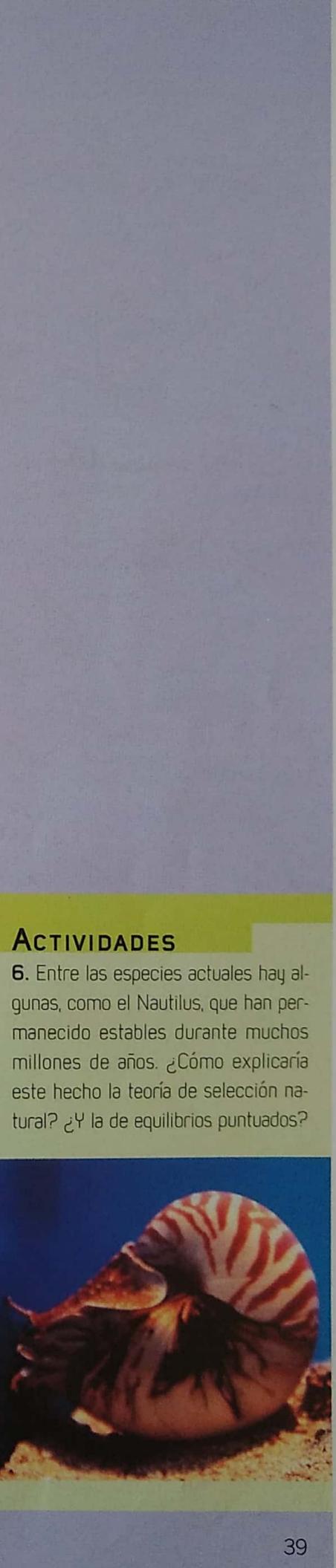


Ejemplo de evolución a saltos.

Entonces, ¿la evolución sucede de forma gradual o lo hace a impulsos?

- Si la evolución es un proceso lento y gradual, en el registro fósil deberían quedar restos que reflejaran las formas intermedias entre el antecesor y los descendientes a lo largo del tiempo.
- Si la evolución se produce a rápidos saltos, lo que esperamos es observar que en el registro fósil aparecen grandes cambios en un período de tiempo corto, sin formas intermedias.

En el registro fósil aparecen ejemplos que avalan ambas propuestas. En la actualidad, el enfrentamiento entre gradualistas y saltacionistas se ha suavizado y el debate se centra en determinar qué velocidad es más típica en la evolución y cómo suceden los cambios en cada caso.



5 ARGUMENTOS A FAVOR DE LA EVOLUCIÓN

Distintas disciplinas han aportado argumentos en favor de la evolución de las especies, como la paleontología, la embriología, la anatomía, la biogeografía y la genética molecular.

LOS FÓSILES

Los fósiles son restos de organismos, o de su actividad, que vivieron sobre la Tierra en épocas pasadas y que han quedado preservados.

El registro fósil nos muestra que muchos de los organismos que vivieron en otras épocas ya no existen en la actualidad, es decir, se han extinguido; muchos de estos organismos eran muy diferentes a los que hoy existen. Por otra parte, en rocas antiguas no se encuentran fósiles de muchos de los organismos actuales.

DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DE LOS SERES VIVOS

La biogeografía, es decir, el estudio de la distribución geográfica de las especies animales y vegetales, proporciona datos acerca de la evolución de los seres vivos.

Continentes que estuvieron unidos en otra época, como América del Sur y África, comparten fósiles de las mismas especies, mientras que, en la actualidad, presentan especies diferentes aunque afines.

Este fenómeno también se explica a través de la evolución. La separación de los continentes provocó el aislamiento de las especies y favoreció un proceso evolutivo por separado a partir de **antecesores comunes**.

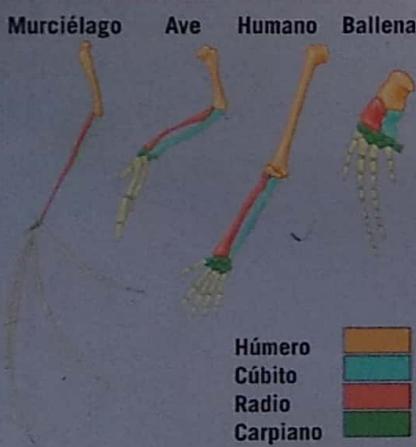
ANATOMÍA COMPARADA

Los estudios de anatomía comparada de ciertas especies demuestran que los organismos de algunos grupos poseen partes que responden a un mismo patrón.

Por ejemplo, en los mamíferos: las aletas de las ballenas, las patas de los jabalíes, las alas de los murciélagos y las manos de los seres humanos. Las similitudes entre estas estructuras se llaman **homólogas** y evidencian un mismo origen, aunque tengan funciones diferentes (nadar, volar, etcétera). El **antecesor común** de los mamíferos poseía extremidades con cinco dedos, las cuales se diferenciaron en las que presentan los mamíferos actuales. Las homologías evidencian **divergencias evolutivas**: los grupos descendientes divergen en sus formas respecto del antecesor.

Las similitudes **analógicas**, en cambio, cumplen una función similar, pero tienen distinto origen, como las alas de aves, de murciélagos e insectos. Las analogías evidencian **convergencias evolutivas**: similitudes que responden a adaptaciones al ambiente, sin tener un antecesor común.

HOMOLOGÍAS



DESARROLLO EMBRIONARIO

El estudio comparado del desarrollo embrionario de los animales revela que, en fases tempranas de su desarrollo, los embriones de diferentes vertebrados son muy parecidos entre sí.

Las semejanzas van desapareciendo a medida que van formándose, aunque son más persistentes entre los embriones de ciertas especies que entre los de otras. Esto refleja un mayor grado de **parentesco evolutivo**.

Asimismo, aunque una estructura haya desaparecido en una secuencia evolutiva, puede aparecer en un estadio temprano del desarrollo embrionario para desaparecer o ser modificada en una fase más tardía.

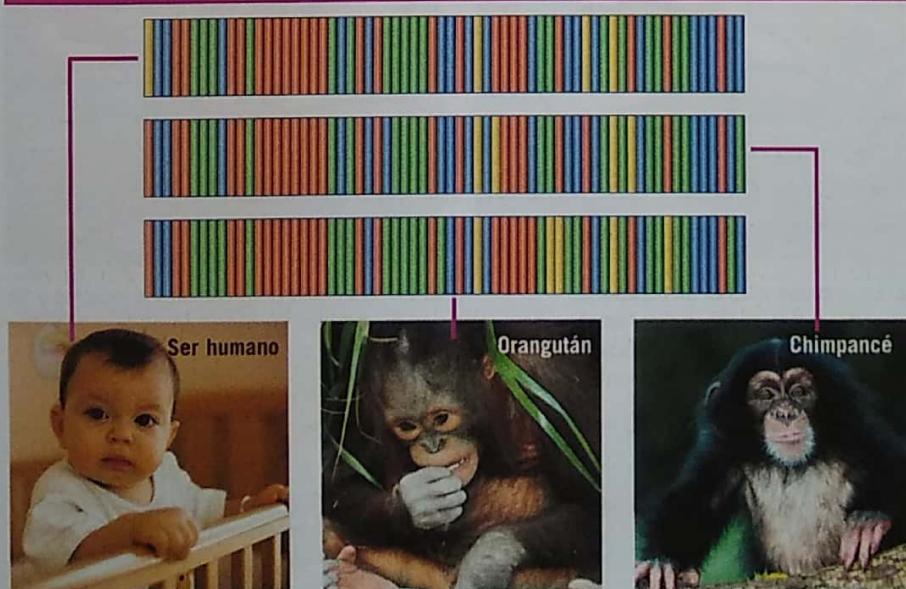
Por ejemplo, los embriones humanos presentan un inicio de branquias durante las primeras fases del desarrollo, y cola hasta las seis semanas. Alguna de estas estructuras puede persistir como un vestigio en el adulto, aunque aparentemente carezca de utilidad. Por ejemplo, la cola persiste como un "vestigio" en el coxis del adulto. Estos **órganos vestigiales** reflejan parentesco evolutivo.

Que organismos tan diferentes, como un anfibio y un mamífero, comparten fases del desarrollo embrionario tan similares se debe a que ambos han heredado los **patrones de desarrollo** de un antecesor común. Estos patrones se van modificando a medida que los descendientes evolucionan en distintas direcciones.

GENÉTICA MOLECULAR

La genética molecular es una disciplina que se desarrolló en la segunda mitad del siglo XX, y ha aportado pruebas valiosas sobre la evolución biológica. Cuando se estudian secuencias de ADN de dos especies, o secuencias de aminoácidos en sus proteínas, se pueden analizar diferentes grados de similitud, que pondrán en evidencia un parentesco evolutivo. Cuantas más diferencias se hallen, más alejado en el tiempo se encontrará su antecesor común.

COMPARACIÓN ENTRE TRES SEGMENTOS DE ADN



Ave



Conejo



Ser humano



Semejanzas en el desarrollo embrionario de vertebrados.

ACTIVIDADES

7. Las alas de un cóndor y las aletas de los pingüinos, ¿son análogas u homólogas?
8. Busquen información, en diversas fuentes, sobre otros ejemplos de evidencias biogeográficas de la evolución biológica.
9. Observen los tres segmentos de ADN. ¿Con cuáles primates parecen estar más emparentados los seres humanos, con los chimpancés o los orangutanes?

6 EL ORIGEN DE LAS ESPECIES

Según la teoría sintética de la evolución, la formación de nuevas especies, o **especiación**, es el resultado de la acumulación de cambios adaptativos transmisibles de generación en generación, es decir, de modo gradual y continuo.

Existen diferentes modelos de especiación, pero el más aceptado por los partidarios de la teoría sintética es el de **especiación geográfica**, propuesto por el biólogo alemán Ernst Mayr (1904-2005).

- Una especie original se divide al menos en dos poblaciones, por el surgimiento de una barrera geográfica, como la formación de un río, de una cadena montañosa o la separación de dos continentes.
- Las poblaciones aisladas tienen la misma estructura genética, pero las condiciones ambientales son diferentes, al menos para una de ellas. La selección natural actuaría de forma distinta en cada población, y ambas serían cada vez más diferentes.
- Si el aislamiento geográfico persiste, los individuos de cada población pierden la capacidad de reproducirse con los de la otra, aunque la barrera desaparezca y las dos poblaciones vuelvan a estar en contacto. Esta situación se llama **aislamiento reproductivo** y, cuando este ocurre, ambas poblaciones ya son especies diferentes.

Un ejemplo de especiación geográfica es la llamada **colonización insular**, que Darwin tuvo la oportunidad de observar en los pinzones de las islas Galápagos, al realizar su viaje alrededor del mundo.



1. Una bandada de aves omnívoras, con gran variabilidad de picos, coloniza distintas islas.



2. En algunas islas el alimento más abundante son gruesas semillas. Las aves con picos potentes y robustos son favorecidas por la reproducción diferencial.



3. En otras islas predominan los insectos y se ven favorecidas las aves con picos más finos.



4. Con el tiempo, las diferencias acumuladas originan poblaciones aisladas reproductivamente, es decir, son especies distintas.

7 LA EXTINCIÓN DE ESPECIES

La extinción de las especies, es decir, su completa desaparición, sobreviene cuando estas no conservan su adaptación en el proceso evolutivo. Es un fenómeno natural, que ha ocurrido desde el inicio de la vida en el planeta, como queda documentado en el registro fósil. Las especies desaparecen porque se han transformado en otras o porque en la especiación geográfica una especie original da origen a otras nuevas.

EXTINCIÓNES MASIVAS

Además de las extinciones de especies individuales, se tienen registros de **extinciones en masa**, como la que ocurrió hace unos 230 millones de años, en la que desapareció cerca del 90% de las especies marinas, o la sucedida al final del Cretácico, hace unos 65 millones de años, cuando se extinguieron más del 50% de las especies del planeta. Esta última es la extinción masiva mejor conocida, porque desaparecieron dinosaurios y ammonites, entre otros grupos. Se cree que se debió al impacto de uno o varios meteoritos, ya que se tiene registro de un aumento del iridio, un elemento raro en la corteza terrestre, pero abundante en algunos meteoritos.

Estas extinciones responden a causas múltiples y de gran escala. Si bien pueden comenzar con un evento particular, como el impacto de un meteorito, un fenómeno de vulcanismo intenso, etcétera, desencadenan una serie de efectos que interactúan entre sí, alterando las condiciones ambientales, principalmente climáticas y oceánicas, por lo cual afectan a diferentes organismos de distintos modos. Todas las extinciones no se producen al mismo tiempo que el evento inicial; más bien, son escalonadas: primero se verían afectados los organismos más sensibles o más expuestos.

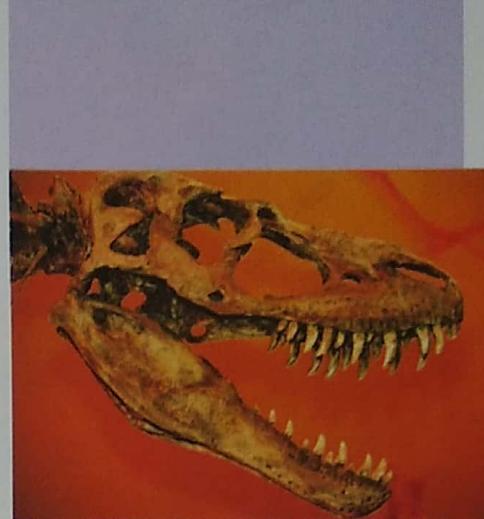
A pesar de estas extinciones, la vida evoluciona. Desaparecidos los dinosaurios, al cabo de unos millones de años surgieron otras especies, sobre todo de mamíferos, que se diversificaron y colonizaron nuevos ambientes en todo el planeta.

EXTINCIÓNES ACTUALES

Las extinciones actuales de diversas especies pueden deberse, directa o indirectamente, a las actividades humanas. En estos casos, al hablar de extinción debe aclararse si se trata de poblaciones locales o de toda una especie. También es necesario, para confirmarlas, que transcurra un período de tiempo de unos 50 años sin que se hayan observado individuos de la especie en cuestión.

ACTIVIDADES

10. ¿A qué se le llama "especiación"?
11. ¿Por qué las barreras geográficas pueden provocar el aislamiento reproductivo?
12. Expliquen las diferentes causas por las que se puede extinguir una especie.



Los grandes dinosaurios, como el *Tyrannosaurus rex*, se extinguieron hacia finales del período Cretácico.



El zorro-lobo de las islas Malvinas fue una de las especies descriptas por Darwin durante su viaje por Sudamérica. Perseguido por su piel y por considerarlo una amenaza para el ganado, se extinguío en 1876.

8 LA BIODIVERSIDAD

A través de millones de años, la formación de especies nuevas y la extinción de otras que no pudieron adaptarse a las condiciones ambientales cambiantes han producido el recurso más valioso del planeta Tierra: la **diversidad biológica** o **biodiversidad**.

El concepto de biodiversidad incluye tres conceptos relacionados:

- La **diversidad genética** es la variabilidad que existe en la información genética entre los individuos de la misma especie. Hay conejos, por ejemplo, que poseen genes para el pelaje claro y otros para el pelaje oscuro; o bacterias con genes que les permiten sobrevivir a un determinado antibiótico frente a bacterias en cuyos genes no existe esta información.
- La **diversidad de especies** es la variedad de especies existente en las diferentes partes del planeta, como leones, tigres, yaguaretés o gatos.
- La **diversidad ecológica** es la variedad de bosques, desiertos, lagos y otras comunidades biológicas que interactúan entre sí y con sus ambientes no vivos.

Los biólogos estiman que la biodiversidad actual de la Tierra la constituyen unos diez millones de especies diferentes, cada una con variaciones en su información genética, que viven en una gran variedad de comunidades biológicas.

ESPECIACIÓN FRENTE A EXTINCIÓN

Se cree que los millones de especies existentes en la Tierra son el resultado de la combinación de los procesos que vienen ocurriendo en nuestro planeta desde hace unos 4.000 millones de años.

- La **especiación**, que es el proceso por el cual se originan dos especies como resultado de la selección natural actuando sobre la variabilidad.
- La **extinción**, que es el proceso por el que una especie deja de existir porque no puede adaptarse y reproducirse con éxito en las nuevas condiciones del medio.

La extinción es un proceso natural, pero desde que empezó la agricultura hace unos 10.000 años, la tasa de extinción de las especies ha aumentado bruscamente, a medida que los asentamientos humanos se han expandido por todo el mundo.



Entre los individuos de una misma especie existe diversidad genética.

ACTIVIDADES

13. Busquen información en Internet y averigüen qué actividades humanas pueden causar la pérdida de la biodiversidad. Den tres ejemplos de ellas.

¿QUÉ ES UNA TEORÍA CIENTÍFICA?

A través de los siglos, las ciencias naturales (como la biología, la geología, la química y la física) han intentado explicar los fenómenos de la naturaleza por medio de teorías científicas. En el lenguaje cotidiano, algo se califica de "teoría" cuando se quiere resaltar su carácter especulativo o poco fundamentado. Sin embargo, para las ciencias naturales una teoría solo es científica cuando reúne las siguientes condiciones:

- **Debe basarse en hechos, en observaciones o en experiencias;** es decir, tiene que estar fundada.
- **Debe explicar esos hechos y observaciones,** debe darles sentido. Toda teoría tiene como objetivo interpretar los fenómenos que ocurren y ayudar a entenderlos.
- **Debe ser refutable,** es decir, tiene que ser posible comprobar si no es correcta realizando experimentos de laboratorio o mediante la observación de la naturaleza.

Una teoría queda reforzada cada vez que un nuevo dato u observación la apoya, mientras que, si los nuevos datos la contradicen, la teoría debe ser corregida o reemplazada por otra que sea capaz de explicarlos.

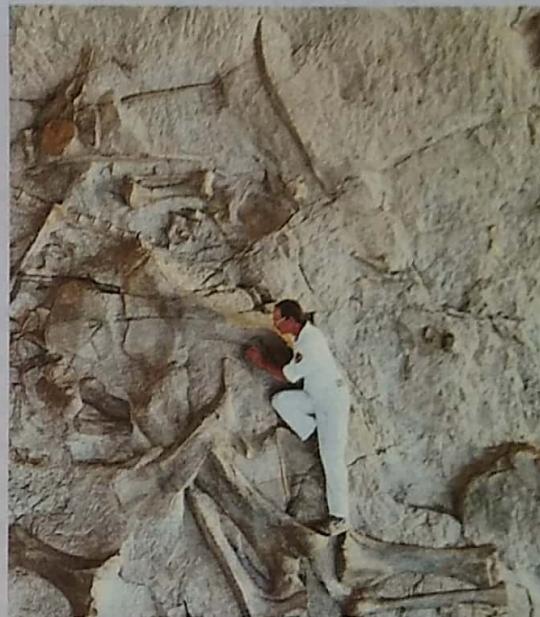
¿LA EVOLUCIÓN ES UN HECHO O UNA TEORÍA?

"En biología nada tiene sentido si no es a la luz de la evolución", señaló uno de los padres de la teoría sintética de la evolución, Theodosius Dobzhansky. Esta afirmación da una idea de la extraordinaria importancia que se concede a la evolución biológica.

En ocasiones se dice que la evolución es un hecho constatado, pero también se habla de las "teorías" evolutivas. ¿Significa esto que hay discrepancias entre los científicos a la hora de valorar la evolución y su consistencia?

En ciencia, un hecho es algo que está confirmado. Por ejemplo, que la Tierra gira alrededor del Sol. Los hechos deben ser explicados por teorías, y estas pueden hacerlo mejor o peor, pero no pueden negarlos. En cualquier caso, que una teoría no consiga explicar bien un hecho no anula ni permite cuestionar ese hecho. Así, los científicos podrán explicar bien o mal por qué gira la Tierra alrededor del Sol, pero la Tierra no dejará de girar si la explicación es incorrecta.

Los datos y argumentos que se han aportado a favor de la evolución son tantos y tan concluyentes que la evolución se considera un **hecho histórico**. Ningún científico actual niega la evolución, no existe al respecto debate alguno en la comunidad científica. Lo que se debate es cómo se ha producido la evolución, es decir, la explicación teórica de este hecho.



Los científicos consideran la evolución biológica como un hecho histórico.

PARA PENSAR Y CONVERSAR

14. De acuerdo con las definiciones de "teoría científica", ¿podría afirmarse que el creacionismo es una teoría? ¿Por qué?
15. Las pirámides de Egipto fueron construidas hace 4.500 años. Dado que se desconoce qué técnica pudieron utilizar para realizar estas construcciones tan extraordinarias, hay quienes sostienen que fueron extraterrestres. Analicen esta idea e indiquen por qué no puede considerarse una explicación científica.

INTEGRACIÓN [TEXTOS Y EXPERIENCIAS]

UN PASEO POR LOS TEXTOS

MIENTRAS TANTO

1809

Francia. Jean-Baptiste Leclerc, caballero de Lamarck, publica su libro *Filosofía zoológica*, en el cual expone su teoría transformista.

1809. Inglaterra. Nace Charles Robert Darwin.

1810

Argentina. Revolución de Mayo.

1858

Inglaterra. Alfred Wallace y Charles Darwin dan a conocer su teoría de la selección natural.

1859

Inglaterra. Darwin publica *El origen de las especies*.

Malthus y la lucha por la supervivencia

Considerando aceptados mis postulados, afirmo que la capacidad de crecimiento de la población es infinitamente mayor que la capacidad de la tierra para producir alimentos para el hombre. La población, si no encuentra obstáculos, aumenta en progresión geométrica. Los alimentos tan solo aumentan en progresión aritmética. Basta con poseer las más elementales nociones de números para poder apreciar la inmensa diferencia a favor de la primera de estas dos fuerzas.

Escrito por Thomas Robert Malthus en su obra *Primer ensayo sobre la población*, en 1798.

Adaptarse o morir

Existen organismos que se reproducen y la progenie hereda características de sus progenitores, existen variaciones de características si el medio ambiente no admite a todos los miembros de una población en crecimiento. Entonces, aquellos miembros de la población con características menos adaptadas (según lo determine su medio ambiente) morirán con mayor probabilidad, y aquellos miembros con características mejor adaptadas sobrevivirán más probablemente.

Escrito por Charles Darwin en su libro *El origen de las especies*, en 1859.

Darwin y Wallace

A principios de 1856, Lyell me aconsejó que redactara con más extensión mis puntos de vista, así que me puse de inmediato a hacerlo en una escala tres o cuatro veces más amplia de la que después adaptaría mi Origen de las especies. Con todo, no era más que un resumen de los materiales que había recopilado; realicé cerca de la mitad de la obra a esta escala. Pero mis planes se vieron desmantelados cuando, a principios del verano de 1858, el señor Wallace, que se encontraba entonces en el archipiélago malayo, me envió un ensayo: Sobre la tendencia de variedades a desviarse indefinidamente del tipo original. Esta obra contenía una teoría exactamente igual a la mía. El señor Wallace expresaba el deseo de que, si su ensayo me parecía correcto, lo remitiese a Lyell para su lectura.

Escrito por Charles Darwin en *Autobiografía*, publicado en 1929.

Nota. Darwin y Wallace acordaron realizar una publicación conjunta de sus investigaciones en el periódico de la Sociedad Linneana de Londres. Wallace presentó un trabajo titulado *Sobre la tendencia de las variedades a apartarse indefinidamente del tipo original* y Darwin, un resumen de su obra *El origen de las especies*, que publicó completa en 1859.

ACTIVIDADES

16. **Leer y comprender.** Subrayen los términos desconocidos y búsqüenlos en el diccionario.
17. Expliquen con sus palabras el sentido del texto escrito por Malthus. ¿De qué modo se relaciona con la teoría de Darwin y Wallace?
18. ¿Con qué aspecto de la selección natural se relaciona el primer texto de Darwin?

19. Como vieron en páginas anteriores, Alfred Wallace realizó valiosos estudios sobre la flora y la fauna de Malasia, que le permitieron alcanzar conclusiones similares a las que había llegado Darwin. ¿Cómo explican el hecho de que los dos científicos llegaran a las mismas conclusiones por separado? ¿Qué importancia tiene para un científico ser el primero en publicar una teoría?

EN EL LABORATORIO

Representación del proceso de selección natural

Una población adaptada a un determinado ambiente deja de estarlo cuando el medio cambia. Según la teoría de la evolución por selección natural, esta comienza a actuar sobre la diversidad existente en esa población. La consecuencia es que de forma gradual, y tras muchas generaciones, la población se adapta a las nuevas condiciones ambientales; en caso contrario, se extingue.

Por medio de la siguiente experiencia reproducirán los posibles efectos de la selección natural en una población cuyo hábitat (el bosque) sufre un cambio (la aparición de un nuevo depredador).

PROCEDIMIENTO

Imaginen que fueran un cazador en un nuevo territorio, un bosque frondoso. La presa pertenece a una especie que presenta dos variedades en su coloración claramente distintas, se reproduce de forma sexual y cada pareja produce dos crías al año.

El bosque está representado por una tela verde estampada y las presas por círculos de tela verdes y blancos. Como las presas nunca antes habían sido cazadas por un depredador como ustedes, en la población inicial hay el mismo número de presas de color blanco que de color verde.

PASO 1. Tomen un trozo de tela verde estampada para simular el “medio” y círculos de tela de dos colores: unos verdes similares al color del medio y otros blancos, que destaqueen.

PASO 2. Echen sin orden 20 círculos de tela de color verde y otros 20 blancos sobre la tela que consideramos el medio.

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

20. Cuenten el número de círculos de cada color que quedan al final de la experiencia.
21. ¿Qué color otorga una ventaja reproductiva al círculo que lo posee? ¿Por qué?
22. Continúen la experiencia, pero cambiando las condiciones del medio, es decir, los colores de la tela que simula el medio. Ahora debe ser el otro color el que otorgue mayor ventaja reproductiva.
23. Investiguen en Internet acerca del fenómeno de “melanismo industrial” observado en la mariposa del abedul (*Biston betularia*) en las ciudades inglesas de Liverpool y Manchester durante el siglo XIX. Elaboren una exposición oral con la información obtenida y relacionen este fenómeno con la experiencia realizada. Para hacerlo, pueden consultar el *Dossier*.

MATERIALES

- Tela de color verde.
- 20 círculos de tela verdes y 20 blancos.

PASO 3. Tomen, de uno en uno pero lo más rápidamente posible, 20 círculos de tela.

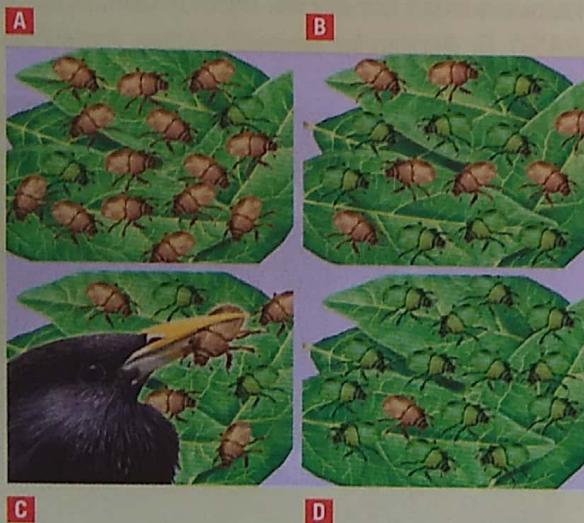
PASO 4. Cuenten los círculos de tela que han quedado de cada color y anótenlo. Sustituyan cada círculo de los que quedan por dos del mismo color.

PASO 5. Repitan los pasos 3 y 4 tres veces más.

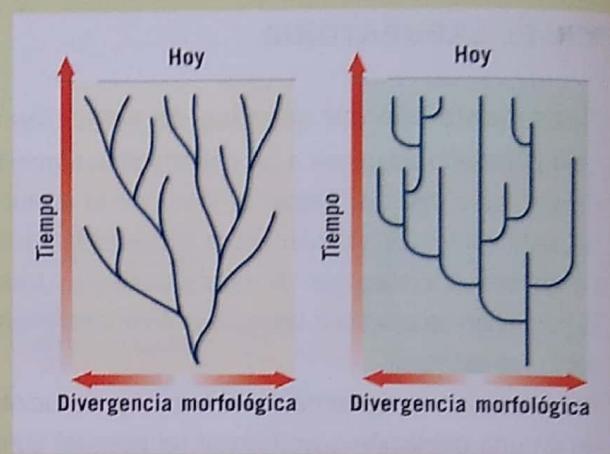


ACTIVIDADES

- 24** La imagen muestra una población de escarabajos marrones que se alimentan de hojas verdes. En un determinado momento aparece un escarabajo que posee un color verde similar al de las hojas.
- Describan los procesos que ocurren en cada una de las imágenes.
 - Asocien cada una de las ideas básicas de la teoría de selección natural a la imagen que mejor la represente.
 - ¿Cuál habría sido la evolución de esta población de escarabajos si se alimentasen de las hojas secas del suelo?
 - Si una población de escarabajos prefiere las hojas verdes y otra las secas, ¿cómo evolucionaría su color?
 - ¿Cabe la posibilidad de que una variación resulte ventajosa en un ambiente y perjudicial en otro? Justifiquen la respuesta.

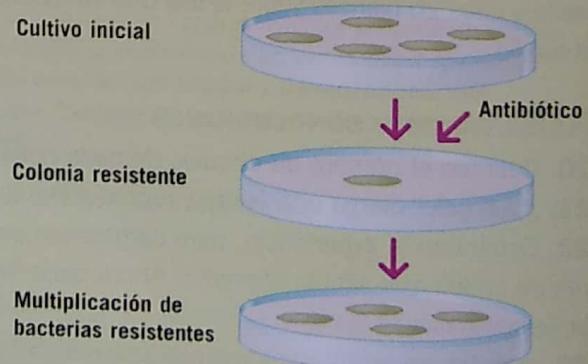


- 25** Los árboles genealógicos se utilizan para representar el grado de parentesco de las personas. De manera similar, para representar la procedencia y el grado de parentesco entre especies o entre grupos de ellas, se utilizan los árboles filogenéticos. Dos especies estarán tanto más emparentadas cuanto más cercano tengan un antepasado común. Hay diversos tipos de árboles filogenéticos; en todos ellos el tiempo se representa en el eje vertical. A veces, en el eje horizontal se representan las diferencias morfológicas entre las especies, de manera que cuanta más distancia haya en horizontal, mayor será la diferencia anatómica entre ellas.



- ¿Cuál de estos árboles representa una evolución gradualista y cuál sigue el modelo de equilibrio interrumpido?
- ¿Qué especie ha sido estable durante más tiempo?
- ¿Qué especie tiene más parentesco con la especie B?
- De las especies marcadas con letras, ¿cuáles se han extinguido y cuáles no?
- Este ejemplo apoya el gradualismo o el saltacionismo? ¿Por qué?

- 26** Los antibióticos son sustancias que matan a las bacterias, pero un antibiótico rara vez logra destruir a todas las bacterias de una población. Las pocas que sobreviven se reproducen rápidamente y, en corto tiempo, la población se compone mayoritariamente de bacterias que no mueren bajo el efecto del antibiótico. Se dice entonces que la población de bacterias es "resistente" a ese antibiótico.



- La existencia de bacterias que no mueren por la acción del antibiótico, ¿es anterior o posterior al uso de ese antibiótico?
- ¿Qué hubiera pasado si entre la población de bacterias no hubiesen existido algunas capaces de sobrevivir a la acción del antibiótico?

EN RESUMEN

EL TRANSFORMISMO

La primera teoría sobre la evolución biológica fue postulada por Lamarck, fundador del transformismo. Se opuso al fijismo, que negaba la evolución.

LA SELECCIÓN NATURAL



Darwin y Wallace propusieron la evolución por selección natural, la cual operaba sobre las variaciones individuales, en la lucha por la supervivencia.



LA TEORÍA SINTÉTICA

La teoría sintética de la evolución reunió la selección natural con los avances en genética. La selección actúa sobre la variabilidad genética de las poblaciones; la evolución es un proceso gradual y continuo.

NUEVAS IDEAS EVOLUCIONISTAS

La teoría neutralista critica la selección natural como único mecanismo evolutivo.

La teoría de los equilibrios puntuados cuestiona el gradualismo evolutivo.

EVIDENCIAS DE LA EVOLUCIÓN



A favor de la evolución biológica existen pruebas paleontológicas (fósiles), embrionológicas, anatómicas (homologías, analogías), biogeográficas y moleculares.

ORIGEN DE LAS ESPECIES



La formación de nuevas especies, o especiación, se produce cuando las variaciones seleccionadas conducen al aislamiento reproductivo.

LA EXTINCIÓN DE ESPECIES

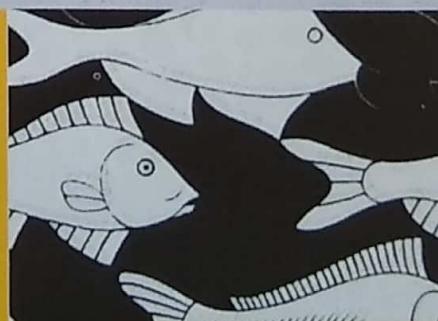


Las extinciones son fenómenos naturales que involucran especies individuales o gran cantidad de ellas (extinciones masivas). Las extinciones actuales pueden deberse a la actividad humana.

PARA VOLVER A EMPEZAR

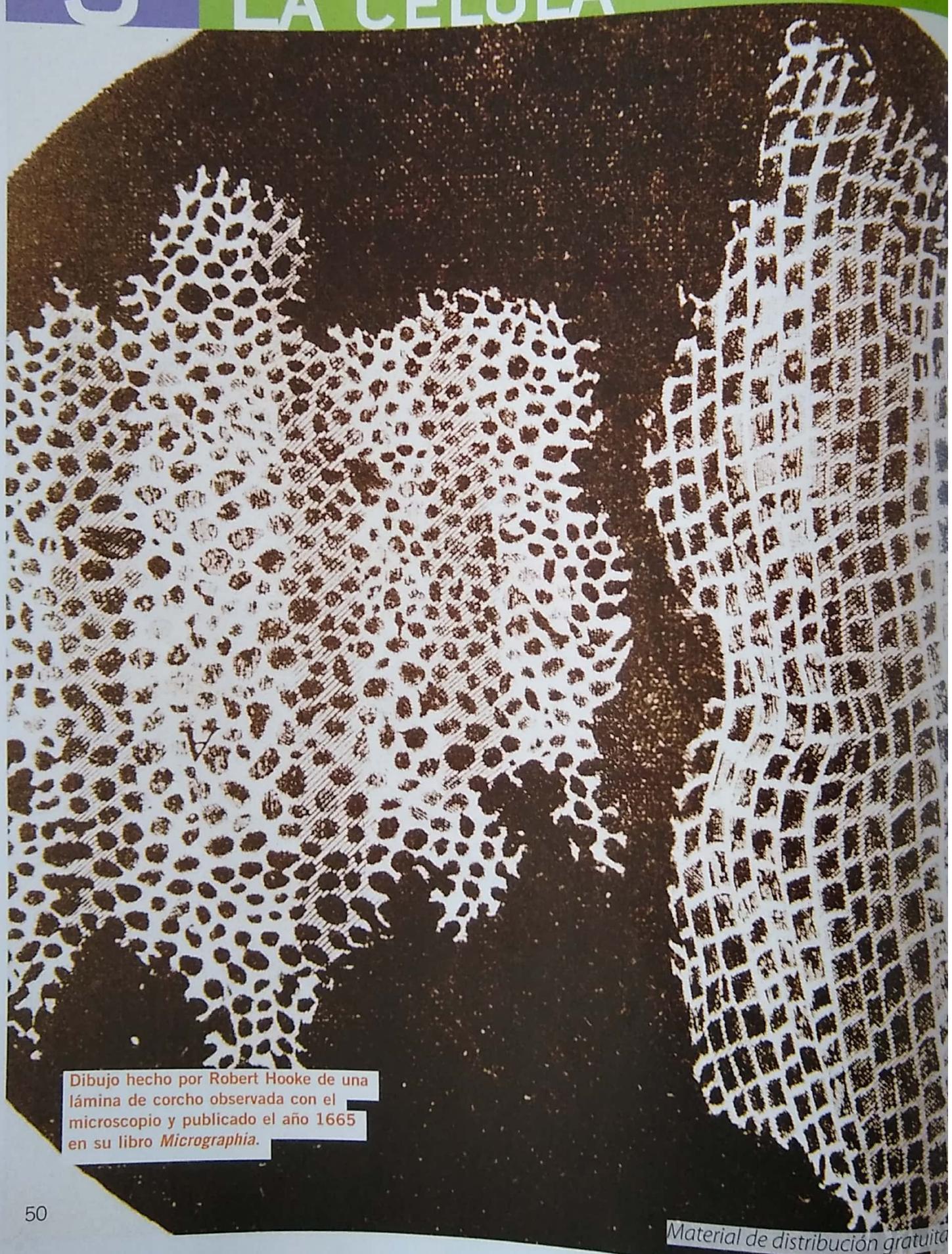
- Observen la imagen de apertura de esta unidad. Según lo visto en esta unidad, ¿considerarían que representa un proceso de transformación, de selección natural o de ninguno de ellos?
- Vuelvan a realizar la consigna de la sección "Con lo que sé". ¿Coincide el sentido dado a la palabra "evolución" en las expresiones cotidianas con el que tiene en Biología? ¿Por qué?
- Visiten el siguiente sitio de la Sociedad Española de Biología evolutiva.
<http://www.sesbe.org/>

En esta página se puede encontrar información sobre evolución, darwinismo y curiosidades de la historia de la evolución.



3

LA CÉLULA



Dibujo hecho por Robert Hooke de una lámina de corcho observada con el microscopio y publicado el año 1665 en su libro *Micrographia*.

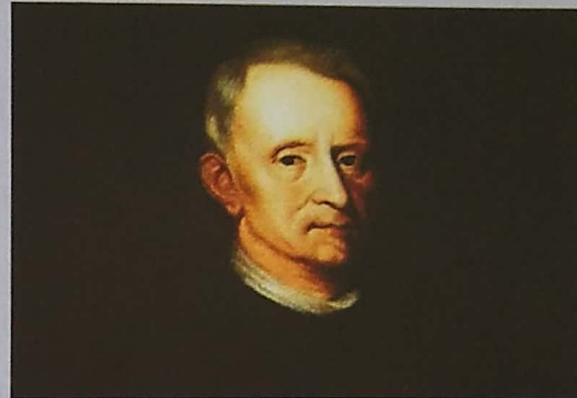
Todos los seres vivos están formados por células. Algunos organismos, como las bacterias, poseen una sola célula; otros, como los árboles, las ballenas y los seres humanos, están formados por millones de células. Cada célula es capaz de realizar todas las funciones biológicas, por eso se la considera la unidad fundamental de la vida.

PARA ENTRAR EN TEMA

CON LO QUE OBSERVO

En 1665, el científico e inventor inglés Robert Hooke (1635-1703) observó con un microscopio una lámina de corcho. En ese material descubrió estructuras similares a las de un panal de abejas y denominó **célula** ("celdilla", en latín) a cada parte del "panal". El corcho proviene de la corteza exterior seca de algunos árboles. Por lo tanto, Hooke no observó células vivas, sino las paredes de las células vegetales muertas que forman parte del tejido del corcho.

- a. Identifiquen las "células" en el dibujo hecho por Hooke.

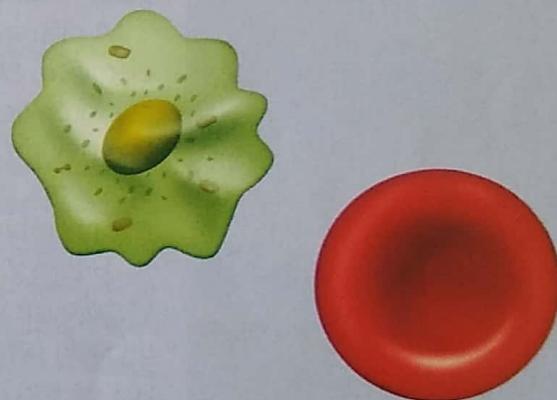


Robert Hooke (1635-1703).

CON LO QUE SÉ

El metro o el centímetro son unidades de longitud demasiado grandes para medir el tamaño de un objeto microscópico. Para estos casos se utiliza el **micrómetro** (μm) o el nanómetro (nm). Un micrómetro corresponde a una milésima de milímetro y un nanómetro equivale a una millonésima parte de un milímetro.

- b. Si un objeto mide 1 mm, ¿cuántos micrómetros mide? ¿Cuántos nanómetros?
- c. Midan con una regla el diámetro de las células que aparecen en la ilustración. ¿Cuánto miden? Suponiendo que en realidad miden 50 μm , ¿cuántas veces se ha aumentado su tamaño real?
- d. Expresen el tamaño real de cada una de las células en milímetros, en micrómetros y en nanómetros. ¿Hubieran podido percibir estas células a simple vista?



CON LO QUE DESCUBRO

La invención del microscopio permitió ver células por primera vez y conocer así un mundo hasta aquel momento inaccesible al ojo humano.

Los microscopios ópticos funcionan con lentes y permiten ver las células unas 1.000 veces más grandes de lo que son; es decir, aumentan su tamaño 1.000 veces. Las lentes de aumento que empleaban los romanos fueron las antecesoras de este instrumento.

Se cree que el primer microscopio fue construido por los ópticos holandeses Hans y Zacharias Janssen hacia 1590.

- e. Hagan una lista con los organismos que conozcan que solo pueden ser observados con un microscopio. ¿De qué modo pudo haber influido el descubrimiento del microscopio en el desarrollo de la biología?



Microscopio óptico construido por Robert Hooke en el año 1665.

1 EL MICROSCOPIO

La idea de que todos los seres vivos están formados por células y de que cada una de ellas proviene de la división de una célula preexistente es bastante reciente. Fue en la segunda mitad del siglo XIX cuando se formuló por primera vez una **teoría celular**.

Debido a que la gran mayoría de las células son invisibles a simple vista, el nacimiento de esta teoría y su posterior evolución estuvieron relacionados con el desarrollo de las técnicas de observación.

LAS PRIMERAS OBSERVACIONES

En 1665, Robert Hooke, físico, astrónomo y naturalista inglés, publicó una recopilación de dibujos obtenidos a partir de las observaciones realizadas en un microscopio que él mismo había construido. En esa obra, llamada *Micrographia*, se reprodujo una imagen de una fina lámina de corcho en la que se observaba una estructura similar a un panal de abejas, y Hooke utilizó por primera vez el término "célula" para nombrar cada una de esas cavidades microscópicas.

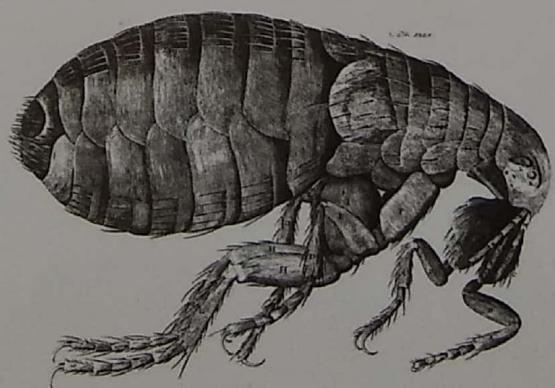
Sus observaciones permitieron dar una explicación a la ligereza del corcho, pero no condujeron al científico inglés a pensar que había alguna relación entre lo que observaba y la estructura de los seres vivos.

A diferencia de Hooke, Anton van Leeuwenhoek no poseía formación científica. Era un comerciante de telas de Delft (Holanda), que construía sus propios microscopios para poder observar la trama de sus paños. Sus dibujos y descripciones de células (glóbulos rojos, espermatozoides, levaduras, etcétera) asombraron a científicos de la época, que lo eligieron miembro extranjero de la prestigiosa Royal Society de Londres.

Hooke y Leeuwenhoek fueron, probablemente, los primeros en observar, dibujar y describir las células; sin embargo, hubo que esperar todavía un siglo para que quedara formulada una teoría celular. Una de las causas de ese retraso fue el poco progreso que experimentó el microscopio durante el siglo XVIII. La escasa calidad de las primeras imágenes llevó a que lo considerasen un instrumento poco confiable para la observación, y su uso fue desacreditado por muchos científicos de la época.



Dibujos realizados por Leeuwenhoek a partir de sus observaciones con el microscopio.



El libro *Micrographia* contiene una descripción detallada de cincuenta y siete observaciones realizadas con el microscopio que el propio Hooke fabricó.

2 LA TEORÍA CELULAR

Durante las primeras décadas del siglo XIX se produjo un profundo cambio en las condiciones de la investigación. La mayoría de los científicos se convirtieron en profesionales de la investigación y aumentó considerablemente el número de laboratorios. Esta nueva organización favoreció la colaboración entre los científicos y un rápido desarrollo de los instrumentos, en particular del microscopio.

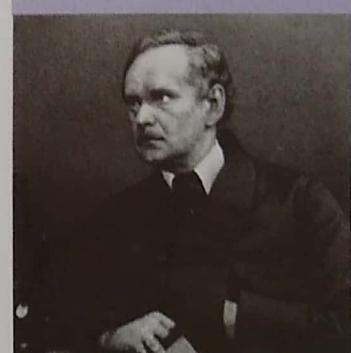
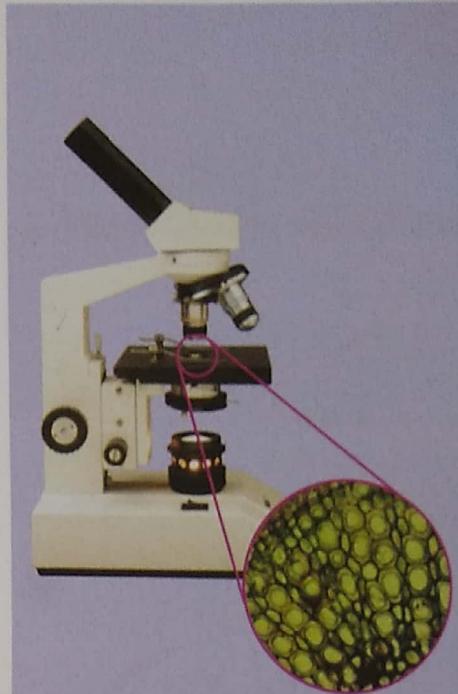
El poder de resolución de los microscopios, es decir, la posibilidad de ver separados dos puntos o líneas muy próximos, pasó de los 10 µm de los primeros microscopios a los 0,25 µm. Este gran avance permitió una importante mejora de las imágenes microscópicas que pronto dio sus frutos, y fue durante la primera mitad del siglo XIX cuando se aportaron los datos que permitieron formular la primera teoría celular.

El botánico alemán Matthias J. Schleiden publicó en 1838 un trabajo en el que establecía que las plantas están compuestas por células, es decir, que son las unidades estructurales de esos organismos. Un año más tarde, su amigo, el zoólogo Theodor Schwann, hizo extensivas estas afirmaciones a los animales y concluyó que la célula era la unidad de vida tanto de los animales como de las plantas.

LA UNIDAD ESTRUCTURAL, FUNCIONAL Y REPRODUCTORA DE LOS SERES VIVOS

El problema del origen y la reproducción de las células aún tardó casi veinte años en ser aclarado. Influido por la idea de generación espontánea, que por entonces era muy aceptada por los científicos, Schwann propuso que las células se podían formar a partir de sustancias no celulares. En respuesta a la idea del botánico alemán Rudolf Virchow (1821-1902), otro investigador alemán, propuso en 1855 la unidad de origen de las células con una frase que lo hizo famoso: “*Toda célula procede de otra célula*”. De esta forma, quedó establecida la teoría celular que hoy es aceptada por la ciencia:

- **La célula es la unidad estructural de los seres vivos.** Todos los seres vivos están formados por una o más células.
- **La célula es la unidad funcional de los seres vivos.** Es la mínima unidad de materia que puede llevar a cabo las funciones básicas de un ser vivo.
- **La célula es la unidad reproductora de los seres vivos.** Toda célula proviene de otra preexistente.



Matthias J. Schleiden
(1804-1881).



Theodor Schwann
(1810-1882).

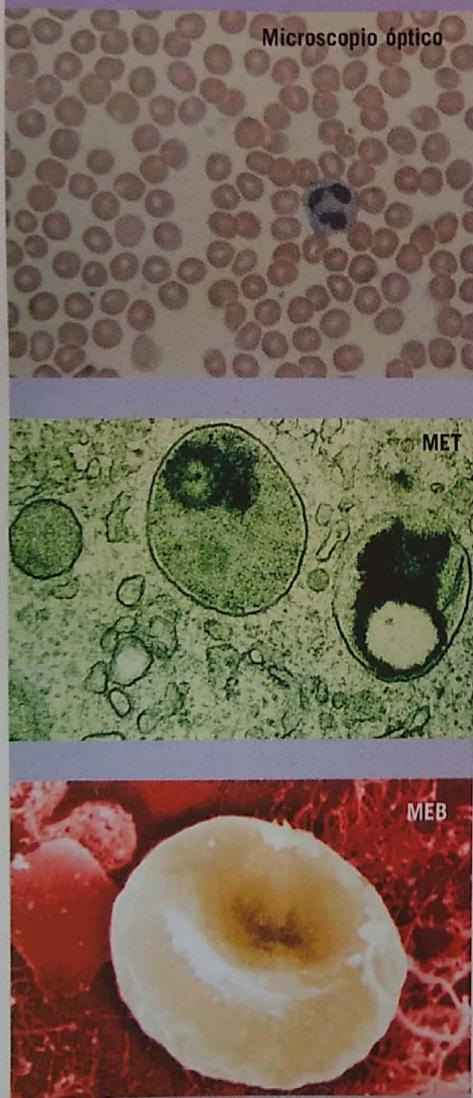
ACTIVIDADES

1. ¿A qué llamó Hooke “célula”? ¿Fueron él y Leeuwenhoek descubridores de la célula?
2. ¿A qué se llama resolución de un microscopio?
3. ¿El hecho de que Theodor Schwann considerara que la generación espontánea era posible, contradecía sus postulados sobre la célula? Debatán en grupos y justifiquen su respuesta.

3 EL MICROSCOPIO ELECTRÓNICO

CONOCER MÁS

El aumento del microscopio. Cuando se observan fotos obtenidas mediante el microscopio, es importante tener en cuenta el aumento con el cual fueron tomadas. En los libros y revistas suele informarse el aumento junto a la imagen. Por ejemplo, si los objetos se observan 10.000 veces más grandes de lo que son, se indica $\times 10.000$ entre paréntesis.



Imágenes de tejido sanguíneo obtenidas con diferentes microscopios.

A fines del siglo XIX, los microscopios ópticos se habían perfeccionado de forma considerable, llegando a obtenerse imágenes de gran **aumento**. Sin embargo, el poder de resolución del microscopio óptico no puede superar los $0,25\text{ }\mu\text{m}$. Por esta razón, no se pueden observar muchas estructuras celulares con este instrumento. Durante la década de 1930 se construyeron los primeros microscopios electrónicos, que permitieron superar el límite de resolución de sus antecesores, dado que utilizan, en lugar de un haz de luz, un haz de electrones. Su límite de resolución se sitúa entre $0,5$ y 1 nm ; ello permite estudiar la estructura subcelular. Las estructuras celulares descritas con el microscopio electrónico son una prueba más de que las células responden a un mismo plan básico de organización.

LAS MICROFOTOGRAFÍAS ELECTRÓNICAS

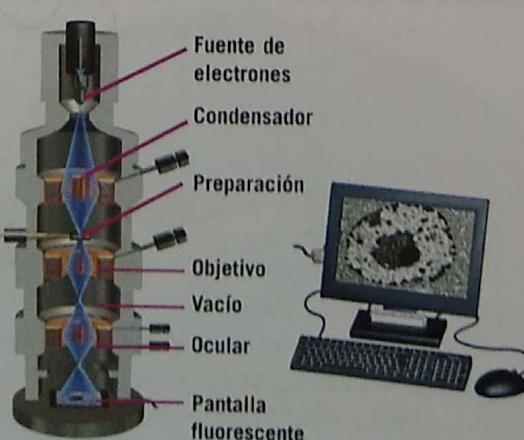
Interpretar una imagen obtenida con un microscopio electrónico requiere conocer algunos aspectos básicos acerca de su funcionamiento. El microscopio electrónico (ME) utiliza imanes (que crean campos magnéticos) para enfocar un haz de electrones, de la misma manera que el microscopio óptico emplea lentes para enfocar un haz de luz. Como los electrones no pueden observarse, el ME los dirige a una pantalla fluorescente o a una película fotográfica para crear una imagen visible que siempre es en blanco y negro, aunque para resaltar algunas estructuras pueden ser coloreadas posteriormente. Los microscopios más utilizados son:

■ **Microscopio electrónico de transmisión (MET).** En este microscopio el haz de electrones atraviesa la muestra. Esta debe tener un espesor máximo de $0,5\text{ }\mu\text{m}$, dado el poco poder de penetración de los electrones, por lo que no pueden observarse células completas sino cortes de célula.

- Los objetos aparecen más oscuros si absorben electrones; si estos pasan de largo, son detectados sobre la pantalla.

■ **Microscopio electrónico de barrido (MEB).** En este caso los electrones "rebotan" en la muestra antes de ser recogidos por la pantalla. Con el MEB sí pueden verse células enteras, y las imágenes reproducen la forma tridimensional de su superficie.

ESTRUCTURA DEL MET



Microfotografía de una célula animal. En el centro, se observa el núcleo celular ($\times 12.600$).

4

LA CÉLULA: UNIDAD DE VIDA

A pesar de la gran variedad de células que existe, todas tienen en común ciertas características estructurales: la **membrana plasmática**, el **citoplasma**, el **material genético** o **hereditario** y los **ribosomas**.

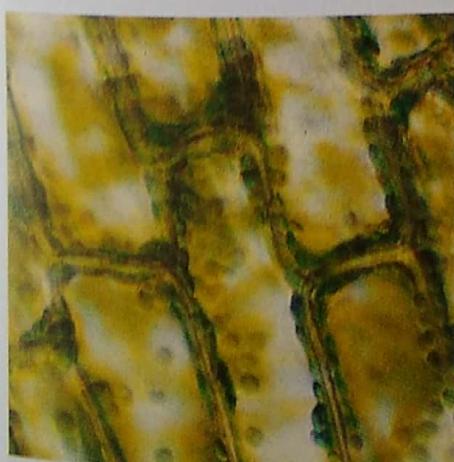
- La membrana plasmática delimita la célula y la separa del exterior, permitiendo ciertos intercambios de sustancias entre el interior de la célula y el medio extracelular.
- El citoplasma es el contenido de la célula, excluyendo la región donde se encuentra el material genético. En él ocurren casi todas las reacciones que integran el metabolismo celular.
- El material genético, formado por **ácido desoxirribonucleico (ADN)**, posee la información hereditaria que se transmite de la célula madre a las células hijas y dirige el funcionamiento de la célula. El ADN pertenece a una clase de compuestos llamados ácidos nucleicos. El **ácido ribonucleico (ARN)** es otro tipo de ácido nucleico que interviene en la síntesis de proteínas.
- Los ribosomas son las estructuras donde se elaboran las proteínas.

A partir de esta estructura común, los diferentes tipos celulares tienen componentes distintos que les permiten desarrollar sus funciones vitales específicas.

TIPOS DE ORGANIZACIÓN CELULAR

Existen dos tipos diferentes de células:

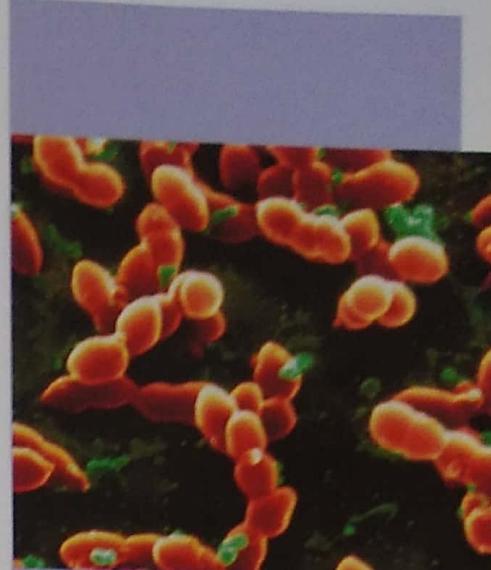
- **Células eucariotas** (del griego *eu*, “verdadero”, y *karyon*, “núcleo”). Las células eucariotas poseen en su citoplasma compartimientos rodeados por membranas en las que se producen reacciones químicas específicas. El material hereditario está contenido en un compartimiento especial rodeado por una membrana: el **núcleo**. Las células de los animales, las plantas y los hongos son eucariotas.
- **Células procariotas** (del griego *pro*, “antes”). Carecen de compartimentos internos rodeados por membranas y, por lo tanto, de núcleo verdadero. Las células bacterianas son procariotas.



Los tejidos de organismos pluricelulares están conformados por células eucariotas.



Imagen de MEB de *Streptococcus thermophilus* (naranja) y *Lactobacillus bulgaricus* (azul) (x 10.000).



Bacterias neumococos (x 30.000).



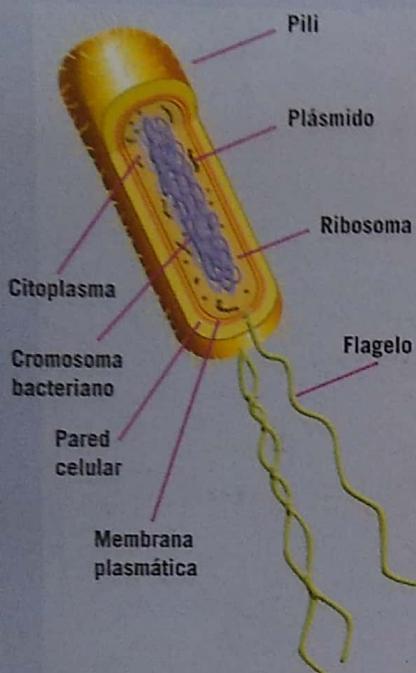
Microfotografía de MEB de *Paramecium*, un organismo unicelular eucariota (x 1.250).

ACTIVIDADES

4. Hagan un dibujo con las células que se observan en las imágenes de esta página, manteniendo las proporciones que existen entre ellas.

5 LAS CÉLULAS PROCARIOTAS

ESTRUCTURA DE UNA BACTERIA



Bacterias en la punta de un alfiler (x 500). Las bacterias son tan pequeñas que solo pueden verse bien con un microscopio electrónico.

La característica más notable de las células **procariotas** es que no tienen núcleo. Estas células poseen un único compartimiento rodeado por la membrana plasmática. Por lo tanto, todas las funciones se realizan en el citoplasma que ocupa el interior de la célula.

Los primeros habitantes del planeta eran células procariotas, y se cree que todos los organismos que hoy habitan la Tierra descendieron de ellos. Su tamaño es pequeño comparado con el de las células eucariotas; generalmente no supera los 4 µm de diámetro. Los organismos que están conformados por células procariotas son aquellos que integran los dominios *Eubacterias* y *Arquibacterias*, y que, en conjunto, se denominan *bacterias*.

El ADN procariota es una única molécula muy larga que forma un anillo plegado llamado **cromosoma bacteriano**. Está disperso en el citoplasma, ubicado en una región específica denominada **nucleoide**, que no está rodeada por ninguna membrana. En el citoplasma bacteriano, además, puede haber una o más moléculas pequeñas de ADN circular llamadas **plásmidos**. Algunos plásmidos tienen información hereditaria que le otorga a la bacteria resistencia a la acción de los antibióticos.

Además de carecer de núcleo, las células procariotas tampoco poseen otras organelas celulares características de las células eucariotas. Con la excepción de los **ribosomas** que producen las proteínas, las células procariotas no presentan organelas.

La mayor parte de las bacterias poseen, alrededor de la membrana plasmática, una **pared celular** que otorga forma y cierta rigidez a la célula.

Las bacterias móviles poseen uno o más **flagelos** largos que les permiten nadar. Algunas presentan proyecciones cortas denominadas **pili**, que les permiten adherirse entre sí y a otras superficies.

LAS BACTERIAS

A pesar de su estructura simple en comparación con la de las células eucariotas, los organismos procariotas se han adaptado a condiciones muy variadas en todo el planeta. Las bacterias habitan en el suelo, en el agua y en las células de otros organismos vivos o en descomposición. Son los seres vivos con mayor permanencia en la Tierra y todavía constituyen el tipo celular más abundante y cosmopolita del planeta. Si bien existen numerosos tipos de bacterias, se las puede agrupar en cuatro grandes categorías, teniendo en cuenta su forma:



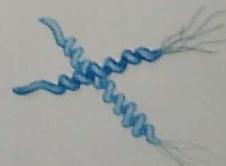
Cocos: tienen forma más o menos esférica y suelen constituir grupos.



Bacilos: con forma de pequeños bastones.



Vibriones: con aspecto de coma o bastón curvado.



Espirobras: con forma de espiral.

6 LAS CÉLULAS EUCA RIOTAS

Los organismos que integran el dominio *Eucariotas*, es decir, los animales, las plantas, los hongos y los protistas (protozoos y algas unicelulares) están formados por células **eucariotas**. Este tipo de células se diferencian de las células procariotas por su tamaño y por presentar mayor grado de complejidad en sus estructuras internas. Como se explicó en el capítulo 1, diferentes teorías científicas postulan que las células eucariotas evolucionaron a partir de un ancestro procariota.

Las células eucariotas poseen distintos tipos de **organelas**. Estas estructuras celulares poseen forma definida y realizan una función específica. Existen organelas que están limitadas por membranas, como los **lisosomas** y las **mitocondrias**; en cambio otras, como los **ribosomas** y los **nucleolos**, carecen de ellas.

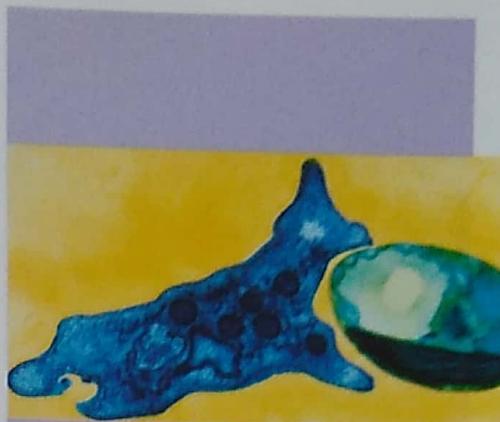
Bajo el microscopio, el núcleo es la organela más notable de las células eucariotas. Está limitado por una membrana doble, la **envoltura nuclear**, y contiene casi todo el ADN celular, el material genético que determina las características y procesos llevados a cabo por los organismos.

EL CITOPLASMA EUCA RIOTA

A diferencia de las células procariotas, en las cuales el citoplasma es un único espacio común en el que se producen todas las reacciones celulares, las células eucariotas poseen un sistema de membranas internas que limitan diversos compartimientos, en los cuales se llevan a cabo la mayoría de las reacciones metabólicas. Las membranas internas aseguran que las condiciones interiores del compartimiento sean distintas de las del citoplasma que lo rodea.

El citoplasma de las células eucariotas también posee una red de fibras de estructuras formadas por **proteínas**, el **citoesqueleto**, que da forma y soporte a la célula y facilita el transporte interno de sustancias. Muchas organelas están adheridas al citoesqueleto.

Existen células eucariotas de muchas formas, tamaños y funciones. La forma depende de la función que la célula desempeña y del entorno en el que se encuentra. Su tamaño también es muy variable: suele estar comprendido entre los 10 y los 50 μm , pero algunos protistas pueden medir hasta 150 μm .



Ameba alimentándose de un alga unicelular. Ambas son células eucariotas.



Citoesqueleto celular marcado con moléculas fluorescentes, visto con un microscopio electrónico.

CONOCER MÁS

Las proteínas. Son los componentes estructurales principales de todos los tejidos vivos. Están formadas a partir de la combinación de **aminoácidos**, moléculas orgánicas sencillas conformadas por carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno. Las funciones de una proteína quedan determinadas por la secuencia de aminoácidos y el modo en que la cadena se pliega en el espacio. Existen 20 tipos diferentes de aminoácidos, cuyo número y ordenamiento son característicos de cada proteína.

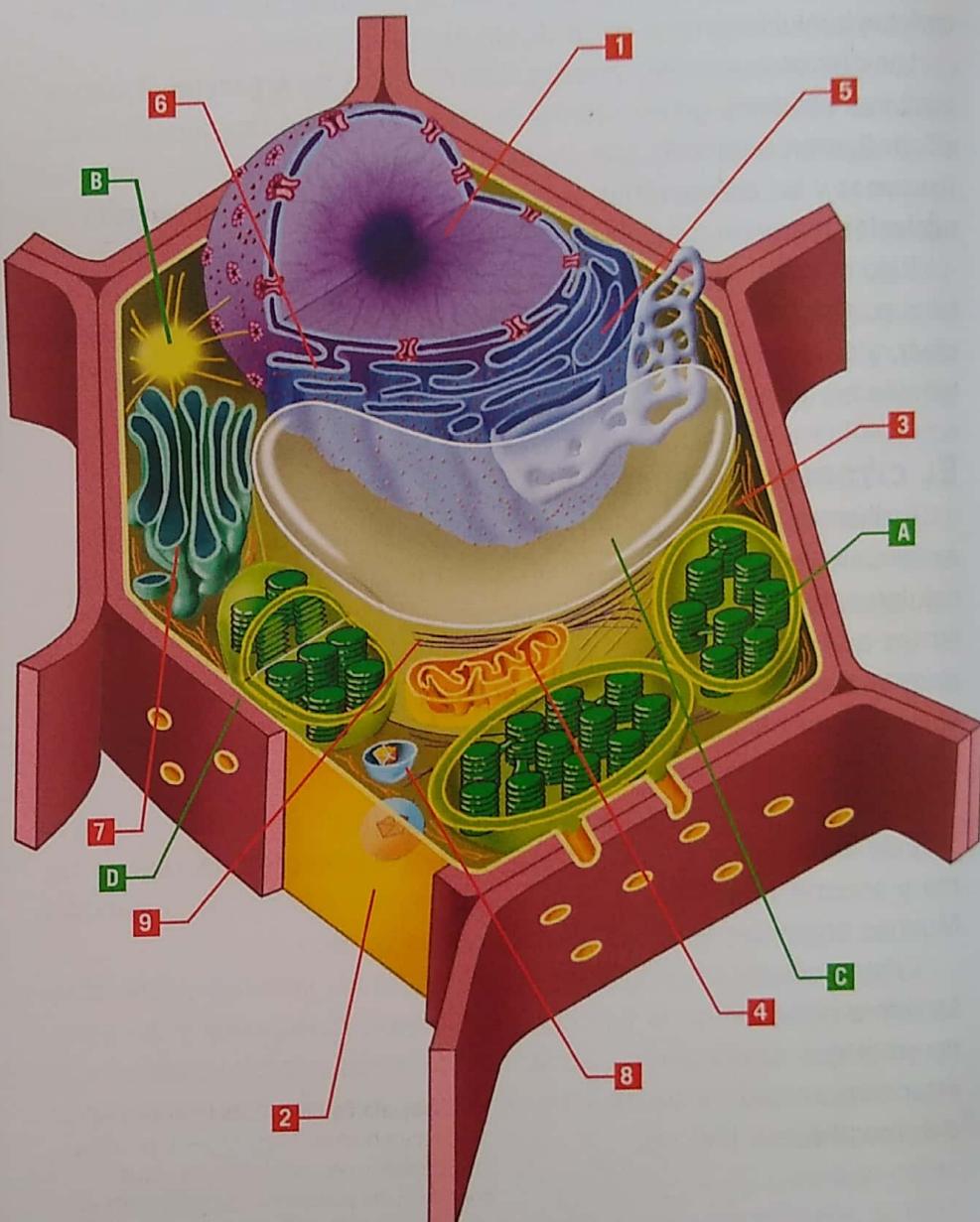
ACTIVIDADES

5. Señalen en un cuadro comparativo las diferencias entre células eucariotas y procariotas.
6. ¿Pueden afirmar que la estructura comparativamente más simple de los organismos procariotas les proporciona una desventaja para sobrevivir en la Tierra? Justifiquen su respuesta.
7. Si una bacteria mide 4 μm y un organismo protista (eucariota), 100 μm ¿cuál sería el tamaño proporcional de la última si la primera midiera 5 cm?

LA CÉLULA ANIMAL Y LA CÉLULA VEGETAL

Dentro del grupo de las células eucariotas, existen dos tipos principales: las células animales y las células vegetales. Si bien ambos grupos de células comparten la misma estructura básica, presentan diferencias.

CÉLULA VEGETAL



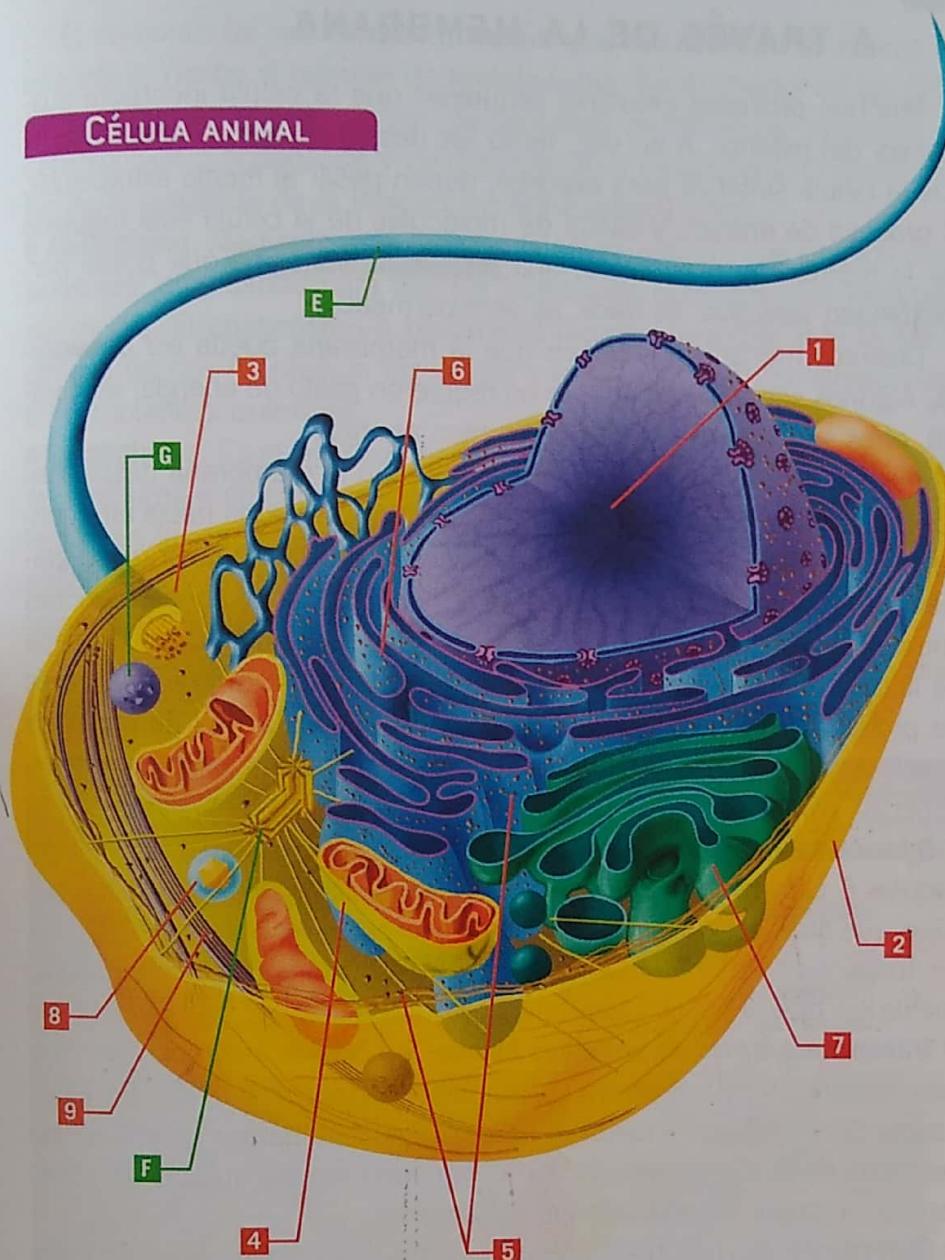
1 Núcleo. Es la estructura más grande y visible en el microscopio óptico. Su contenido está separado del resto del citoplasma por una doble membrana. Contiene la información a partir de la cual la célula desempeña sus funciones.

2 Membrana plasmática. Es una fina capa que separa el contenido de la célula del medio que la rodea y regula la entrada y la salida de sustancias.

3 Citoplasma. Es la región de la célula que está por fuera del núcleo. Está formado por el citoesqueleto, las organelas y una matriz de aspecto gelatinoso, llamada hialoplasma o citosol, compuesta por agua, minerales, moléculas orgánicas pequeñas y proteínas.

4 Mitocondrias. Tienen forma ovalada y llevan una doble membrana que delimita un espacio interior. Son las organelas encargadas de obtener la energía necesaria para las funciones celulares.

CÉLULA ANIMAL



5 Ribosomas. Son estructuras muy pequeñas con forma de grano. Pueden encontrarse libres en el hialoplasma o adheridos a la membrana del retículo endoplasmático. Participan en la síntesis de proteínas.

6 Retículo endoplasmático. Es un conjunto de sacos y canales membranosos, comunicados entre sí, que se extiende por todo el citoplasma celular. Los sacos del retículo pueden llevar ribosomas adosados a su pared. En el retículo se elaboran gran variedad de sustancias.

7 Complejo de Golgi. Está formado por sacos membranosos aplanados y apilados, rodeados por pequeñas vesículas que contienen las proteínas sintetizadas por el retículo endoplasmático que son exportadas fuera de la célula.

8 Vacuolas. Son vesículas pequeñas que, en general, almacenan sustancias. En las células animales, las vacuolas tienen menor tamaño que en las vegetales.

9 Citoesqueleto. Conjunto de filamentos que se distribuyen, formando una red, por todo el citoplasma. Actúa como un esqueleto interno que da forma a la célula y soporte a las organelas.

E Cílios y flagelos. Muchos protozoos y algunas células animales poseen cílios o flagelos. Son organelas que sobresalen de la superficie celular y están rodeados por membranas. Estos apéndices con forma de látigo permiten el desplazamiento de las células o producen corrientes alrededor de ellas. Los cílios son cortos y muy numerosos, mientras que los flagelos son más largos y se encuentra uno o dos por célula.

F Centriolos. Son dos pequeños cilindros formados por filamentos de proteínas, que participan en la división y el movimiento celular.

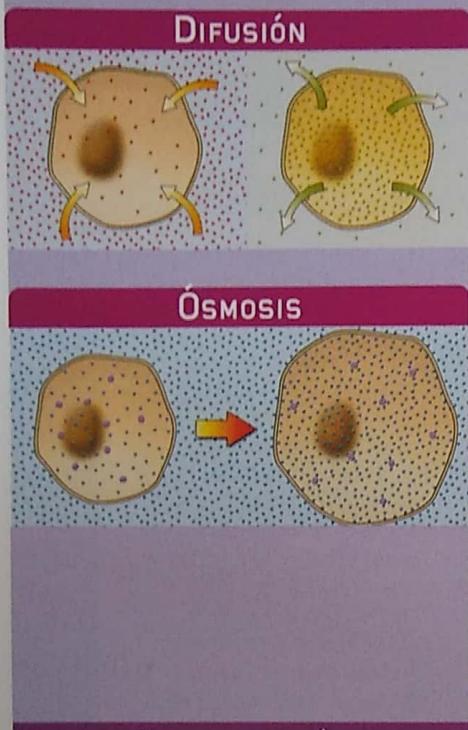
G Lisosomas. Estas pequeñas vesículas contienen sustancias que degradan materiales incorporados por las células y destruyen organelas dañadas.

ACTIVIDADES

8. Completén un cuadro que indique las estructuras presentes en cada tipo de célula. Escriban en la última columna la función que realiza cada una de ellas.

9. Preparen una lista de las estructuras que son exclusivas de cada tipo de célula.

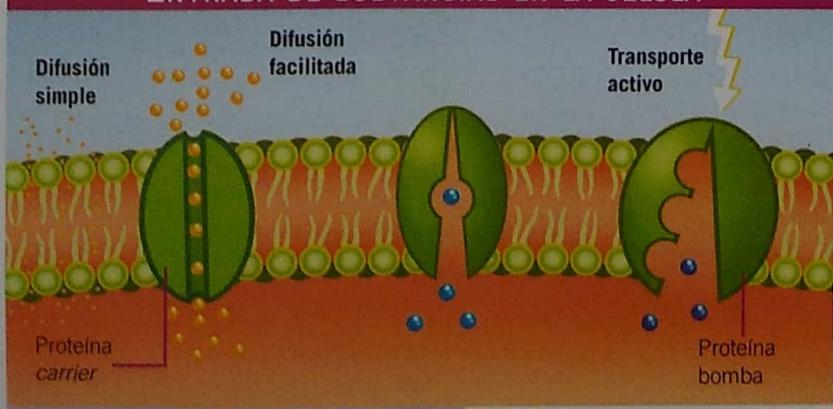
7 EL TRANSPORTE DE SUSTANCIAS A TRAVÉS DE LA MEMBRANA



CONOCER MÁS

Todas las **membranas biológicas** tienen una estructura básica común: una doble capa de lípidos y proteínas. Así como la membrana plasmática separa el interior de la célula del ambiente que la rodea, las membranas del retículo endoplasmático, del complejo de Golgi, de las mitocondrias y de otras organelas limitadas por membranas mantienen las diferencias características entre el contenido de cada organela y el hialoplasma.

ENTRADA DE SUSTANCIAS EN LA CÉLULA



Muchos procesos celulares requieren que la célula incorpore sustancias del exterior. A su vez, tanto los desechos como las sustancias que la célula sintetiza para exportar, deben pasar al medio extracelular. El proceso de entrada y salida de moléculas de la célula está regulado por la membrana plasmática, una **membrana biológica** que posee permeabilidad selectiva, es decir, es semipermeable.

Distintos mecanismos hacen que la membrana pueda ser atravesada. Algunos son **pasivos**, ya que no requieren gasto de energía; en cambio, otros son **activos**, ya que consumen energía.

■ **Difusión:** las moléculas pequeñas atraviesan la membrana desplazándose desde una zona en la que están más concentradas hacia otra donde la concentración es más baja; es decir, se mueven a favor de su **gradiente de concentración** (un gradiente es la diferencia de concentraciones entre dos puntos específicos). Las sustancias pueden traspasar la capa de lípidos (**difusión simple a través de la bicapa**) o movilizarse a través de proteínas que actúan como canales (**difusión a través de proteínas canal**). La difusión de agua a través de la membrana, tiene un nombre especial: **ósmosis**.

■ **Difusión facilitada:** en este transporte intervienen *proteínas transportadoras* o *carriers*, que se unen a una molécula específica y hacen posible que atraviesen la membrana.

Todos los tipos de difusión son pasivos, ya que ocurren espontáneamente sin que la célula gaste energía.

■ **Transporte a través de proteínas bomba:** las células incorporan y eliminan sustancias en contra de su gradiente de concentración. En estos casos, las moléculas atraviesan la membrana utilizando proteínas, específicas de la membrana, llamadas **proteínas bomba** que las transportan hacia afuera o hacia adentro de la célula.

■ **Endocitosis:** las partículas grandes, como proteínas o partes de células, no pueden atravesar directamente la membrana plasmática. Para transportarlas, la membrana se deforma y engloba a la partícula, formando una vesícula que lleva a la sustancia al interior. Esto ocurre, por ejemplo, cuando los glóbulos blancos capturan una bacteria.

■ **Exocitosis:** es un proceso inverso a la endocitosis: ocurre cuando la célula debe eliminar gotas de líquido o moléculas de gran tamaño, como las hormonas que producen algunas células.

El transporte por proteínas bomba, la endocitosis y la exocitosis son transportes activos porque la célula gasta energía para realizarlos.

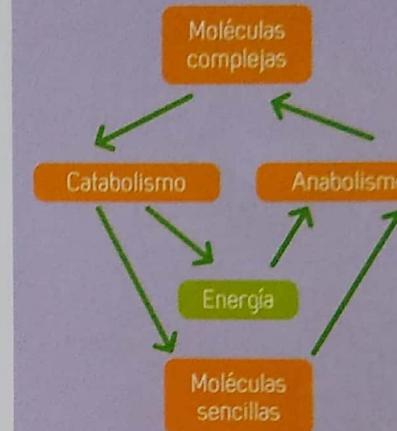
8 LA CÉLULA COMO UNIDAD FUNCIONAL

El conjunto de reacciones químicas que suceden en el interior de una célula recibe el nombre de metabolismo. En el interior de las células suceden dos tipos básicos de procesos metabólicos: procesos de construcción o *anabólicos*, y de destrucción o *catabólicos*. El metabolismo es el resultado de la interacción entre ambos tipos.

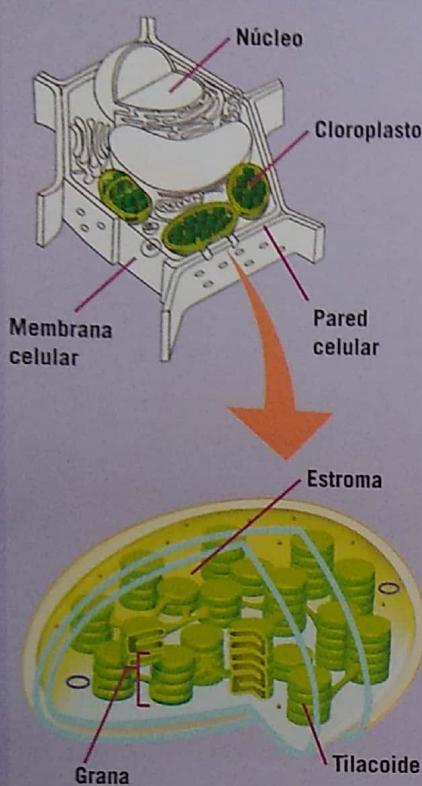
■ **Anabolismo.** Mediante este proceso la célula elabora sus propios componentes, empleando para ello las sustancias químicas que incorpora del medio. El anabolismo o biosíntesis requiere energía, que la célula obtiene de dos fuentes: la luz visible y la energía química almacenada en compuestos químicos.

■ **Catabolismo.** Es el proceso mediante el cual los compuestos químicos se transforman en componentes más sencillos y se libera la energía contenida en las uniones de las moléculas. Esta energía se utiliza para el anabolismo y para otras funciones celulares, como el movimiento o el transporte de nutrientes a través de membrana.

En el siguiente ejemplo, se muestran procesos de catabolismo y anabolismo involucrados en la fabricación de proteínas en una célula.



9 LA NUTRICIÓN CELULAR



Estructura interna de los cloroplastos.

CONOCER MÁS

Pigmento. Los organismos fotosintetizadores pueden utilizar la energía lumínica gracias a la presencia de pigmentos, nombre que reciben las sustancias capaces de absorber luz. Hay muchos tipos de pigmentos, pero la clorofila es el más extendido entre los organismos fotosintetizadores. Absorbe luz en las longitudes de onda azul y roja y refleja la luz verde; de allí el color verde característico de las partes fotosintetizadoras de las plantas.

Las células, como todos los seres vivos, deben incorporar sustancias del exterior para fabricar sus propios compuestos y obtener energía para realizar sus actividades. Existen dos tipos fundamentales de nutrición:

■ **Nutrición autótrofa:** Las células autótrofas (del griego *autós*, "sí mismo", y *trofοs*, "que alimenta") elaboran sus propias biomoléculas sencillas a partir de compuestos inorgánicos, como el dióxido de carbono y el agua. Utilizan para ello una fuente de energía externa: la luz del Sol. Este tipo de nutrición es característico de las plantas, las algas unicelulares y algunas bacterias.

■ **Nutrición heterótrofa:** Las células heterótrofas (del griego *héteros*, "distinto") no pueden sintetizar moléculas orgánicas utilizando sustancias inorgánicas y, por ello, deben tomarlas del medio. Esta modalidad es propia de los animales, los protozoos, los hongos y algunas bacterias.

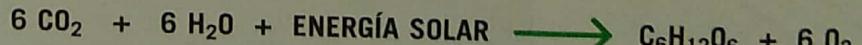
LOS CLOROPLASTOS Y LA FOTOSÍNTESIS

La fotosíntesis es un proceso anabólico utilizado por muchos organismos autótrofos para fabricar materia orgánica a partir de materia inorgánica. La energía necesaria proviene de la luz solar y es captada por la clorofila, el **pigmento** que da el color verde a las algas y a las plantas. La fotosíntesis ocurre en el interior de los cloroplastos, que contienen clorofila. Esta es un pigmento que le permite a la célula captar la luz del Sol y transformar su energía lumínica en energía química.

La energía proveniente del Sol es necesaria para combinar el dióxido de carbono gaseoso del aire con agua, formando moléculas de glucosa y liberando oxígeno al medio. El agua y el dióxido de carbono del exterior ingresan en la célula por ósmosis y difusión simple, respectivamente, atravesando su membrana plasmática.

Una parte de la materia orgánica elaborada en la fotosíntesis se utiliza para alimentar procesos anabólicos de la célula vegetal: para construir o renovar los componentes celulares o para ser almacenada; otra parte se utiliza en el catabolismo como combustible para obtener la energía necesaria para la actividad celular.

Las reacciones involucradas en el proceso se pueden resumir en la siguiente ecuación:



Moléculas
de dióxido
de carbono

Moléculas
de agua

Moléculas
de glucosa

Moléculas
de oxígeno

10 NIVELES DE ORGANIZACIÓN DE LOS SERES VIVOS

Los seres vivos están constituidos por células. Una o muchas células que viven juntas e interactúan entre ellas forman un organismo, y muchos organismos de la misma especie que viven juntas constituyen una población.

Para su estudio, se organiza a los seres vivos en diferentes niveles que muestran una jerarquía. De lo más simple a lo más complejo los niveles son: células, organismos, poblaciones, comunidades y biosfera. Algunos niveles pueden subdividirse; por ejemplo, en un organismo pluricelular los organismos forman tejidos; los tejidos forman órganos, y los órganos, sistemas de órganos.

Esta organización jerárquica tiene las siguientes características:

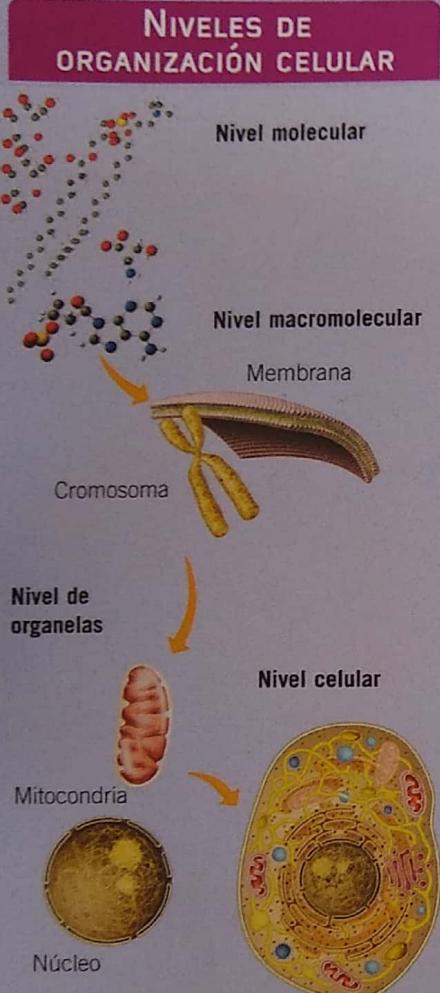
■ **Cada nivel superior está formado por unidades del nivel inferior precedente.** Por ejemplo, una comunidad está formada por poblaciones de diferentes especies, cada población está formada por organismos y los organismos están constituidos por células.

Cada uno de estos niveles, a su vez, puede subdividirse, y los nuevos niveles también presentan una organización jerarquizada. En una célula, por ejemplo, diversas moléculas (proteínas, lípidos, ADN, etcétera) se organizan para formar membranas. Estas, a su vez, se combinan con otras estructuras, como los ribosomas (formados por ARN y proteínas) o cromosomas (formados por ADN y proteínas), para constituir estructuras más complejas, llamadas organelas, como los cloroplastos. El nivel de organismo también tiene una subestructura jerárquica: las células forman tejidos, los tejidos forman órganos, y los órganos, sistemas de órganos.

■ **No todas las propiedades de cualquier nivel pueden obtenerse a partir del conocimiento de las propiedades de las partes que lo componen.** Las células, por ejemplo, pueden elaborar sus propias moléculas (ADN, proteínas, etcétera), pero esta propiedad no puede deducirse del estudio por separado de las características de cada una de las estructuras celulares.

La aparición de nuevas características en un nivel de organización se conoce como **emergencia**. Tales características se denominan **propiedades emergentes** y surgen de las interacciones entre las partes componentes del nivel inferior. La síntesis de macromoléculas y la duplicación de los cromosomas son propiedades emergentes del nivel celular. La presión arterial o la temperatura corporal son propiedades emergentes de nivel de organismo.

Conocer y comprender el funcionamiento de los organismos requiere conocer los diferentes niveles de organización por encima y por debajo de él. En cada uno de los niveles se cumple el principio de que “el todo es más que la suma de las partes”.



11 ORGANISMOS UNICELULARES Y PLURICELULARES

El nivel de organismo lo constituyen tanto organismos unicelulares como pluricelulares.

■ **Los organismos unicelulares** se caracterizan porque todas sus actividades son desarrolladas por una única célula. Los organismos unicelulares solo son visibles mediante el microscopio. Además de las bacterias y las cianobacterias (organismos unicelulares procariotas), existen seres vivos unicelulares eucariotas: las algas unicelulares (similares a células vegetales), los protozoos (con características parecidas a las células animales) y algunos hongos, como las levaduras.

Dado que estos organismos deben cumplir todas sus funciones vitales con solo una célula, a menudo poseen estructuras muy complejas. Por ejemplo, existen algas y protozoos que fabrican caparazones muy elaborados, con los que se rodean para protegerse de los peligros externos.

Algunos de estos organismos, por ejemplo ciertos protozoos y levaduras, parasitan plantas y animales, a los que causan enfermedades. Otros, en cambio, tienen vida independiente.

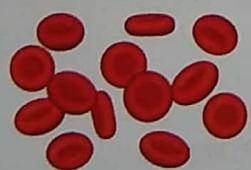
Tras la reproducción de un organismo unicelular, las dos células resultantes inician una vida independiente. Sin embargo, en algunos casos, estas células hijas se mantienen juntas formando una colonia. Las células de una colonia son similares y siguen manteniendo su independencia, aunque puede existir una cierta distribución de funciones.

■ **Los organismos pluricelulares** están formados por muchas células que colaboran para realizar las funciones del organismo. Esta colaboración se caracteriza porque:

- las funciones vitales son ejecutadas por diferentes grupos de células;
- las células están diferenciadas; cada tipo celular cumple una función específica en el conjunto del organismo; y
- por lo general, las células no pueden tener existencia independiente, ya que necesitan la colaboración de las otras para sobrevivir.

EJEMPLOS DE ESPECIALIZACIÓN CELULAR EN UN ANIMAL

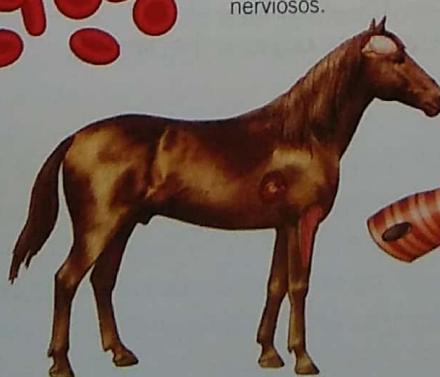
Glóbulos rojos:
transportan el oxígeno a las células.



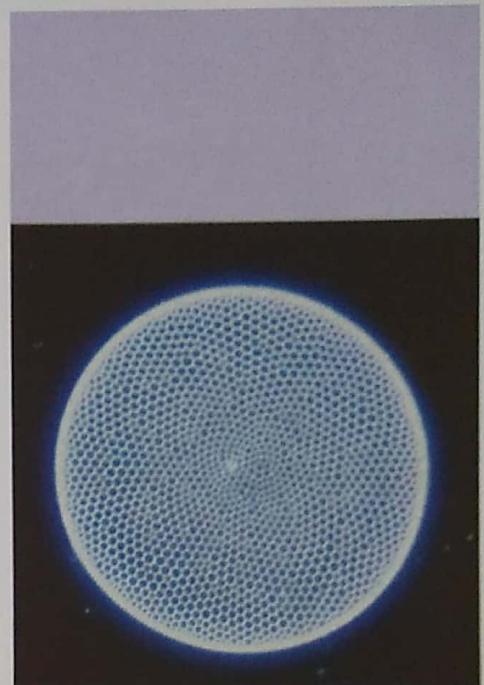
Células nerviosas:
elaboran y transmiten impulsos nerviosos.



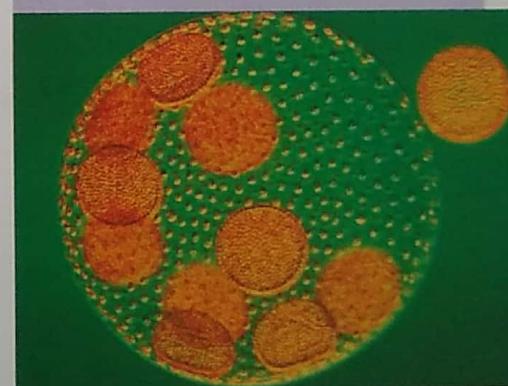
Células epiteliales:
recubren la superficie del organismo.



Células musculares:
producen el movimiento de los músculos.



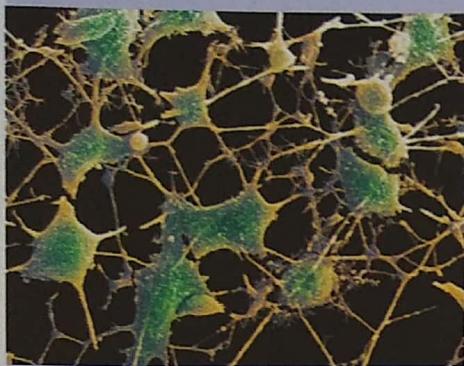
Las diatomeas son un grupo de algas unicelulares.



Las algas del género Volvox forman colonias.

ACTIVIDADES

11. ¿En qué se diferencia una colonia de individuos unicelulares y un organismo pluricelular?



Microfotografía al MEB de células nerviosas (neuronas) (x 472).



Microfotografía al microscopio óptico de células epiteliales de la boca (x 472).



Microfotografía al MEB de glóbulos blancos de la sangre (x 15.000).

LA ESPECIALIZACIÓN CELULAR

Los organismos pluricelulares están formados por un conjunto de células originadas por la proliferación de una primera célula, el **cigoto**. Todas las células descendientes poseen la misma información genética, es decir, reciben copias idénticas del ADN del cigoto. En un principio las células son iguales; luego, las nuevas células inician un proceso, denominado **diferenciación**, que define la estructura y la función específicas de cada célula en diferentes tejidos.

Cuando el cigoto se multiplica y se transforma en un embrión, las células tienen la posibilidad de desarrollarse de varias maneras diferentes. Sin embargo, a medida que el desarrollo prosigue, las posibilidades individuales para cada una de ellas disminuyen, hasta que el destino de cada una de ellas está completamente determinado, y la célula se ha **especializado**.

El fenómeno de diferenciación está coordinado por la información hereditaria del núcleo celular. El ADN de las células es comparable a un libro con instrucciones para su funcionamiento. En un organismo pluricelular, unas células “leen” y “ponen en marcha” las instrucciones contenidas en unos capítulos y otras, contenidas en otros capítulos, utilizan una parte de la información, mientras otra parte permanece inactiva.

La especialización de una célula, como por ejemplo una célula de la piel, implica:

- **Realizar un trabajo determinado.** Las células superficiales de la piel recubren y protegen la superficie del cuerpo.
- **Desarrollar una forma característica.** Las células de la piel tienen forma poliédrica y se disponen unas junto a otras sin dejar espacios entre ellas.

■ **Producir cambios en su citoplasma.** Estos cambios se relacionan con la diferente actividad de las distintas organelas. En las células de la piel se producen grandes cantidades de queratina, una proteína que proporciona resistencia a las células y determina su función protectora.

Las células especializadas se organizan en tejidos, que son conjuntos de células diferenciadas y especializadas en una función. La ciencia que estudia la estructura detallada de un tejido se llama **histología** (del griego *histo*, “telar” o “tejido”, y *logia*, “estudio”).

ACTIVIDADES

12. Las neuronas están especializadas en la transmisión del impulso nervioso. Relacionen la forma de las neuronas con la función que desempeñan.
13. **Leer y comprender.** Confeccionen un mapa a partir del concepto de especialización celular. Para hacerlo, pueden consultar el dossier *Para aprender a estudiar biología*.

LAS CÉLULAS MADRE

El término *células madre* se utiliza para referirse, en general, a células no especializadas. El cigoto, capaz de originar todas las células de un nuevo individuo, es una célula madre. Aunque esta capacidad disminuye durante el desarrollo del embrión, sigue manteniéndose en mayor o menor medida en determinadas células.

El conocimiento de las células madre y de las técnicas que han permitido manipularlas ha abierto las puertas a nuevos tipos de terapias para el tratamiento de ciertas enfermedades producidas por el funcionamiento anormal de células, tejidos u órganos. La **medicina regenerativa** es una nueva rama de la medicina que se dedica a encontrar la forma de "fabricar" tejidos u órganos sanos que reemplacen a las estructuras defectuosas de un paciente.

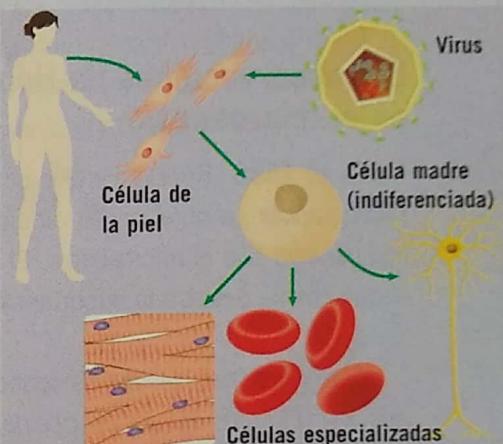
Las células madre que podrían utilizarse son:

- **Células madre embrionarias**, procedentes de embriones tempranos. Son las que tienen mayores posibilidades y que pueden originar cualquier tipo de tejido.
- **Células madre adultas (de tejidos)**. Se encuentran en todos los tejidos humanos. Excepto las células de la médula ósea y las de la sangre del cordón umbilical, que pueden diferenciarse en varios tipos celulares, la mayoría de las células madre adultas solo pueden originar uno o unos pocos tipos de células.
- **Células madre inducidas**. Son células especializadas que, luego de diferentes tratamientos, se diferencian y transforman en células madre embrionarias capaces de generar todos los tipos de células. Actualmente se investiga la posibilidad de emplear estas células.

PERSPECTIVAS DE LA MEDICINA REGENERATIVA

La medicina regenerativa puede suponer en el futuro la alternativa a la técnica actual de trasplantes, pero quedan problemas por superar tanto de orden científico como ético. Las células madre embrionarias, por ejemplo, implican la manipulación de embriones humanos, lo cual, de acuerdo con la opinión de diferentes sectores científicos y religiosos, supone un problema ético.

La mayoría de los ensayos clínicos actuales se basa en células madre adultas, obtenidas de médula ósea o de cordón umbilical, que se utilizan para tratar trastornos relacionados con la sangre, aunque también sirven para reparar el músculo cardíaco y corregir daños de válvulas y arterias; pero las perspectivas futuras para las células madre son inmensas: desde la producción de células de páncreas para curar diabetes o de células cardíacas para reparar zonas muertas tras un infarto, a la obtención de neuronas para tratar enfermedades del sistema nervioso, como el parkinson y el alzhéimer.



A mediados de 2007, dos equipos científicos lograron revertir el proceso de diferenciación celular "cambiando" información hereditaria relacionada con el proceso de diferenciación en células de la piel. Para introducir dicha porción de ADN, utilizaron un tipo de virus modificado a modo de "jeringa".

PARA PENSAR Y CONVERSAR

14. Busquen información sobre los tratamientos tradicionales que la medicina tiene para las enfermedades y los que se mencionan en esta página. ¿Cuáles serían los beneficios que traería el uso de terapias basadas en el desarrollo de células madre?
15. Investiquen en Internet acerca del uso médico de células madre embrionarias y debatan en grupos acerca de los problemas éticos que esta técnica implica para algunos sectores.

INTEGRACIÓN (TEXTOS Y EXPERIENCIAS)

UN PASEO POR LOS TEXTOS

MIENTRAS TANTO

1660

Inglaterra. Se funda la Royal Society de Londres para la mejora del conocimiento natural. España. Muere el pintor Diego Velázquez.

1664

América del Norte. Tropas inglesas conquistan la ciudad de Nueva Ámsterdam y la rebautizan con el nombre de Nueva York.

1665

Inglaterra. Robert Hooke publica su libro *Micrographia*. Inglaterra. La Gran Peste azota a la población de Londres, causando entre setenta y cien mil víctimas. Francia. El dramaturgo francés Molière escribe su obra *Don Juan*.

Las observaciones de Hooke en el microscopio

En el 1665, Robert Hooke empleó por primera vez el término “célula” en su libro *Micrographia*. La obra incluía dibujos de varios objetos y organismos pequeños que el científico observó con el microscopio. El siguiente texto es un fragmento del prefacio del libro, en el que Hooke destaca la importancia de sus descubrimientos para el desarrollo de la ciencia.

Cubrir las falencias de los sentidos con determinados instrumentos es, por así decirlo, la adición de “Órganos artificiales” a los “naturales”. Con la invención de las lentes ópticas se ha llevado a cabo [...] un gran beneficio para el conocimiento. Por medio de los telescopios, no hay nada tan lejano que no pueda estar representado a nuestra vista, y por la ayuda de microscopios, no hay nada tan pequeño como para escapar de nuestra investigación; por lo tanto, hay un nuevo Mundo visible descubierto para el Conocimiento. De esta forma los Cielos se abrieron; y un gran número de nuevas estrellas y nuevos movimientos, que resultaban completamente extraños para todos los antiguos astrónomos, aparecieron en ellos. Por ello, la Tierra en sí misma, que yace tan cerca de nosotros, bajo nuestros pies, muestra algo bastante nuevo para nosotros; y así como antes hemos podido considerar el Universo mismo, en

cada pequeña partícula de su materia contemplamos ahora una gran variedad de criaturas.

El término “célula” posee actualmente un significado que poco tiene que ver con el que le asignó Robert Hooke en 1665. Según él mismo dejó escrito al describir lo que veía en sus observaciones al microscopio de una fina lámina de corcho:

Era poroso y perforado, en un modo que recordaba a un panal de abejas, pero los poros no eran regulares y en eso se diferenciaban de un panal [...]; era la primera vez que veía poros en el microscopio, y quizás era la primera vez que alguien los veía, porque yo no conocía ningún trabajo ni a ninguna persona que los hubiera mencionado [...]

ACTIVIDADES

16. **Leer comprender.** Subrayen las palabras desconocidas del texto, busquen su significado en el diccionario y copien las definiciones en la carpeta.

17. ¿Cuál era, según la opinión de Hooke, la importancia de los instrumentos ópticos en el desarrollo de la ciencia?

18. Busquen información en Internet sobre cada uno de los sucesos históricos mencionados en esta página. Luego, redacten un informe sobre la situación histórica mundial en el momento en que Hooke realizó sus descubrimientos.

EN EL LABORATORIO

OBSERVACIÓN DE CÉLULAS DEL REVESTIMIENTO INTERNO DE LA BOCA AL MICROSCOPIO ÓPTICO

Nuestro organismo está formado por células. Aunque no puedan observarse a simple vista, la piel está constituida por millones de células que se renuevan permanentemente. Las más superficiales mueren y son sustituidas por las que ocupan zonas más profundas. En el siguiente experimento, realizarán una preparación microscópica con una muestra tomada de la superficie interna de la boca, la *mucosa bucal*.



PROCEDIMIENTO

PASO 1. Raspen suavemente con la espátula la cara interna del labio inferior de la boca.

PASO 2. Coloquen sobre un portaobjetos la muestra obtenida y extiéndanla con ayuda de otro porta objetos. Dejen secar al aire o, con ayuda de la pinza, calienten suavemente el portaobjetos haciéndolo pasar sobre la llama del mechero.

PASO 3. Agreguen una gota de azul de metileno y dejen actuar el colorante durante tres minutos. Este colorante tiñe de azul algunas estructuras celulares, fundamentalmente el núcleo.

PASO 4. Echen agua con el lavador sobre el preparado para eliminar el colorante excedente. Quiten el exceso de agua con un pedazo de papel secante y coloquen el cubreobjetos.

PASO 5. Observen con el microscopio a diferentes aumentos, empezando por el objetivo de menor aumento e incrementando el acercamiento de manera gradual.



RESULTADOS Y CONCLUSIONES

En un tejido epitelial vivo, las células están fuertemente unidas unas con otras. En la imagen se ve un preparado de células semejante al que obtendrán. En ella se observan dos células epiteliales sueltas en las que se distinguen el citoplasma (C), la membrana (M) y el núcleo (N).

19. Observen la preparación con el microscopio. Elijan una zona en la que haya células y dibújenlas al máximo aumento posible. ¿Qué tamaño aproximado tiene cada una de esas células?

20. ¿Cómo estarían dispuestas estas células epiteliales cuando estaban vivas? ¿Cómo están ahora? ¿A qué se debe?

MATERIALES

1. Microscopio.
2. Portaobjetos y cubreobjetos.
3. Pinza de madera.
4. Espátula.
5. Azul de metileno.
6. Frasco lavador.
7. Cristalizador.
8. Mechero de laboratorio.

Atención. Hagan la experiencia bajo la supervisión del docente.

ACTIVIDADES

- 21** En la imagen aparece una célula vista al microscopio.



Célula vegetal vista al microscopio
(x 1.600).

- Indiquen qué tipo de microscopio se ha utilizado para obtener esta imagen.
- ¿Cuál es la dimensión real de su diámetro?
- Nombren las estructuras marcadas con números.
- ¿Qué tipo de nutrición tiene esta célula? Justifiquen su respuesta.

- 22** El bacilo del tétanos es una bacteria con forma de bastoncito de 4 micrómetros de longitud. El estafilococo es una bacteria con forma esférica y de 1 micrómetro de diámetro, y el linfocito es un glóbulo blanco de 8 micrómetros de diámetro.



Tétanos.



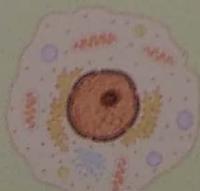
Estafilococo.



Linfocito.

- Indiquen a cuántos aumentos se han representado cada una de estas células.
- Hagan un dibujo de las tres células, respetando sus formas y utilizando en las tres la misma escala.

- 23** ¿Cuál de los siguientes dibujos muestra una célula animal y cuál una vegetal? ¿Por qué?



- 24** Determinen el proceso al que se refiere cada una de las siguientes definiciones de transporte a través de la membrana. Indiquen cuáles de ellos requieren energía y den un ejemplo de una sustancia que se transporta de ese modo.

- Movimiento de agua desde el medio más diluido (es decir, con menos soluto disuelto) al más concentrado.
- Formación de vesículas en la membrana para capturar partículas grandes.
- Transporte de sustancias desde una región donde están poco concentradas a un lugar donde están muy concentradas.

- 25** Por medio de una tabla, comparan la respiración celular aeróbica, la fermentación y la fotosíntesis. Indiquen en la tabla:

- Parte de la célula en la que ocurren esos procesos.
- Materias primas.
- Productos finales.
- Función biológica de cada proceso.
- Tipos de células que lo realizan.

- 26** La siguiente microfotografía muestra a un paramecio. Expliquen por qué se ve diferente al que se observa en la página 55.



Paramecio (x 300).

EN RESUMEN

Microscopios

Son instrumentos que permiten aumentar el tamaño de una imagen de manera que pueda ser visible para el ojo humano.



se observan con

LAS CÉLULAS

Constituyen la unidad fundamental de la vida, ya que pueden intercambiar materia y energía con el medio, crecer y reproducirse de manera autónoma. Todos los organismos vivos están formados por una o más células.

PROKARIOTAS

Son células que poseen el material hereditario disperso en el citoplasma, ya que carecen de núcleo. Las bacterias y cianobacterias tienen este tipo de organización celular.

pueden ser

Membrana plasmática

Constituye el límite de la célula y le permite regular el intercambio de sustancias con el exterior.

Citoplasma

De composición acuosa, contiene numerosas sustancias disueltas, las cuales participan en las reacciones químicas que ocurren dentro de la célula.

Núcleo

Delimitado por una membrana doble, contiene la información que regula las funciones celulares.

Organelas

Mitocondrias

Realizan la respiración celular aeróbica.

Estructuras especializadas en llevar a cabo diferentes funciones celulares, como por ejemplo:

EUCARIOTA
Son células con núcleo, más complejas que las procariotas. Todos los seres vivos, a excepción de las bacterias y las algas verde-azules, poseen este tipo de células.



Cloroplastos

Exclusivos de plantas y algas. Realizan la fotosíntesis.

PARA VOLVER A EMPEZAR

- ¿Cuál es el verdadero aporte de Hooke a la ciencia en cuanto al conocimiento de las células?

En la siguiente dirección encontrarán imágenes microscópicas de diferentes organismos.

[http://www.olympusbioscapes.com/gallery/2006/index.html](http://www.olympusbioscapes.com/gallery/2006/in dex.html)

Investiguen a qué organismos corresponden las imágenes y determinen qué tipo de microscopio pudo haber sido utilizado en cada caso.



4

LA DIVISIÓN CELULAR



Microfotografía al MEB (falso color) de una división de un cigoto (x 9920).

La división celular es el proceso por medio del cual el material de una célula se reparte en dos células hijas. A través de los diferentes mecanismos de división celular, la mitosis y la meiosis, los seres vivos se reproducen, crecen, reponen sus células muertas y reparan sus tejidos dañados.

PARA ENTRAR EN TEMA

CON LO QUE OBSERVO

Bajo cientos de miles de aumentos de los modernos microscopios, la célula posee una extraña apariencia estática, integrada por un pequeño compartimiento en cuyo interior están inmersas complejas estructuras. Sin embargo, esta apariencia es engañosa. La célula sufre profundos cambios a lo largo de su ciclo de vida y uno de los más profundos es su reproducción.

La imagen de la página anterior muestra un cigoto en plena división celular.

- Sabiendo que la imagen ha sido aumentada 9.920 veces, calculen cuál es el tamaño real del cigoto.
- ¿Qué función biológica cumple la división celular en esta célula?

CON LO QUE SÉ

El albinismo es una característica hereditaria en diversas especies de mamíferos. Se caracteriza por la ausencia de melanina, pigmento que da color a la piel y al pelo.

En una experiencia se extrajo el núcleo de un cigoto proveniente de la fecundación de un óvulo de una hembra albina de ratón por un espermatozoide de un macho albino. Se tomó un óvulo sin fecundar de una hembra parda y se extrajo su núcleo. El núcleo del cigoto se introdujo en el óvulo sin núcleo de la hembra parda y se obtuvo un ratón albino.

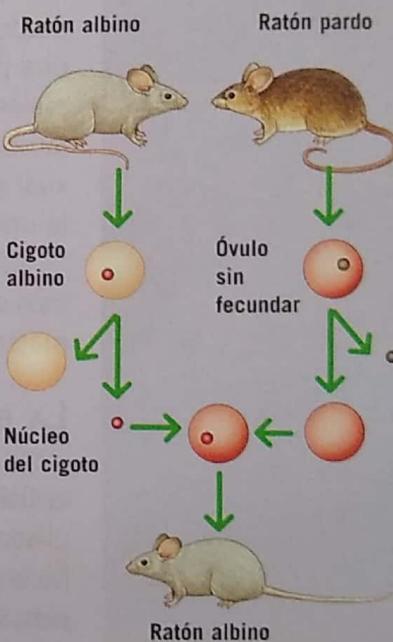
- La información hereditaria, ¿se encuentra en el citoplasma de la célula, en el núcleo o en el útero de la madre?

CON LO QUE DESCUBRO

En 1869, un bioquímico suizo llamado Friedrich Miescher aisló, a partir del núcleo de los glóbulos blancos, un compuesto al que llamó *nucleína*. Más adelante, este compuesto se denominaría **ácido desoxirribonucleico (ADN)**.

En la primera mitad del siglo XX se estableció que el ADN era la molécula portadora de la información hereditaria. A partir de entonces, muchos científicos se interesaron en descubrir la estructura del ADN. Francis Crick y James Watson integraron todos los datos disponibles en aquel entonces y desarrollaron un modelo para explicar la estructura del ADN, que presentaron en 1953. Watson y Crick sugirieron que el ADN era capaz de duplicarse, lo que explicaría que cuando una célula se divide, cada una de las dos células hijas tiene que recibir un ADN idéntico al de la célula madre. Esta hipótesis se comprobó tiempo después.

- ¿Qué papel desempeña el ADN en el funcionamiento de las células?



Modelo de doble hélice de ADN.

1 LA REPRODUCCIÓN CELULAR

La célula es la unidad estructural y funcional de los seres vivos. Esto significa que una célula es capaz de realizar funciones que caracterizan a los organismos vivientes: la **reproducción**, la **nutrición** y la **relación**.

En los organismos unicelulares, una única célula realiza todas las funciones. En los pluricelulares, las células se especializan en la ejecución de tareas específicas dentro de un tejido, pero colaboran con el conjunto y permiten que el organismo efectúe todas las funciones.

Todos los organismos unicelulares, y la mayoría de las células de los pluricelulares, pueden dividirse. En los organismos unicelulares, la división de la célula tiene como objetivo la reproducción del organismo. En los pluricelulares, sirve para que el organismo aumente de tamaño y para sustituir las células que mueren.

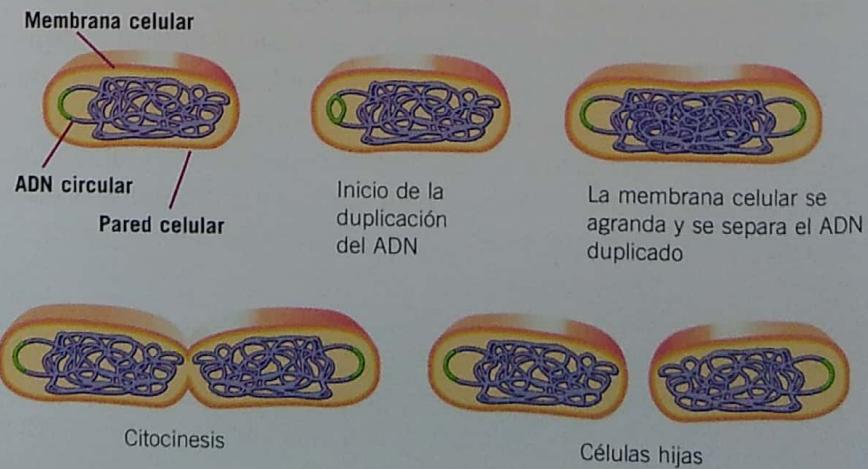
El proceso de reproducción celular se denomina *división celular*. Múltiples divisiones celulares permiten que algunos organismos se reproduzcan asexualmente a partir del desprendimiento y desarrollo de una parte de su cuerpo, como ocurre con algunas plantas y ciertos animales (estrellas de mar y platelmintos, por ejemplo). La división celular también permite que los organismos que se reproducen de forma sexual se desarrollen a partir de una única célula, el cigoto producido por la unión de un óvulo y un espermatozoide.

Las células eucariotas y procariotas presentan diferentes mecanismos de división celular. En todos ellos se asegura el reparto equitativo del material hereditario de la célula entre sus células hijas.

LA DIVISIÓN CELULAR PROCARIOTA

El mecanismo de división de los organismos procariotas (bacterias) es la **fisión binaria**. A través de dicho mecanismo, la célula bacteriana se divide y da origen a dos células hijas idénticas. Antes de la duplicación de la célula, el ADN de la bacteria se divide. Luego, cada una de las copias se une a diferentes partes de la membrana celular. La separación final de la célula, llamada *citocinesis*, da origen a dos células hijas.

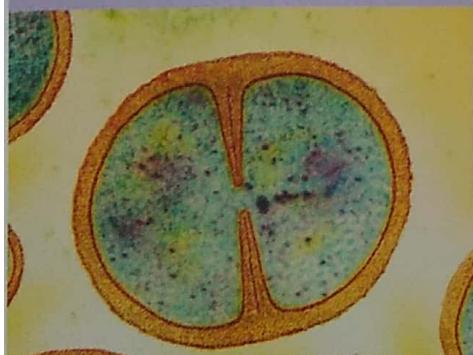
FISIÓN BINARIA



Por medio de la división celular, los organismos pluricelulares crecen, se desarrollan y reponen tejidos dañados.



Los organismos del género *Toxoplasma* son protozoos (eucariotas) que se reproducen por división celular ($\times 4.000$).



Staphylococcus aureus es una bacteria que se reproduce mediante fisión binaria.

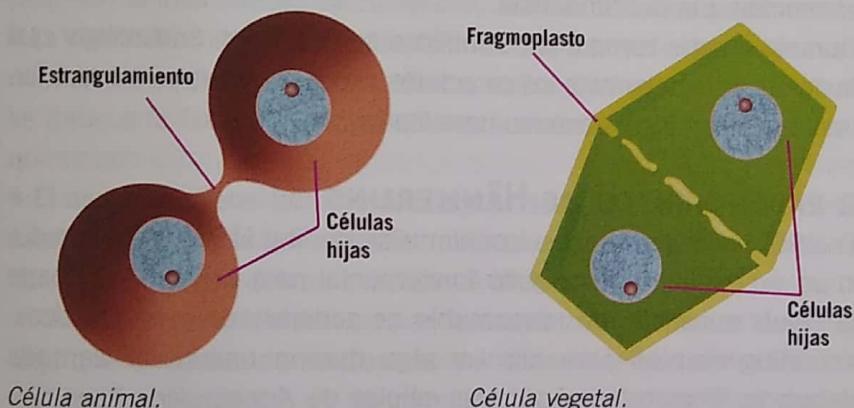
LA DIVISIÓN CELULAR EUCA RIOTA

En toda división de las células eucariotas se produce, en primer lugar, la división del núcleo y, después, la división del citoplasma.

■ **La división del núcleo.** Tiene que ser equitativa y garantizar que las dos células hijas reciban toda la información hereditaria. Se realiza mediante un complejo proceso llamado *mitosis*.

■ **La división del citoplasma.** El reparto del citoplasma entre las células hijas no debe ser equitativo necesariamente. Aunque una célula hija reciba solo una pequeña parte del citoplasma, podrá aumentar de tamaño y fabricar todas las organelas que necesite hasta transformarse en una célula adulta y volver a dividirse. La forma en que el citoplasma se parte en dos es diferente si la célula es animal o vegetal.

DIVISIÓN DEL CITOPLASMA



EL CICLO CELULAR

El período entre una división celular y la siguiente es una fase de crecimiento celular, llamada **interfase**. Un **ciclo celular** es la sucesión de estos períodos de interfase y división.

En los organismos unicelulares eucariotas el ciclo celular coincide con su ciclo de vida: en cada división celular, el organismo se reproduce. En los organismos pluricelulares, el ciclo celular es una parte del ciclo de vida: por división celular crecen y se reparan tejidos.

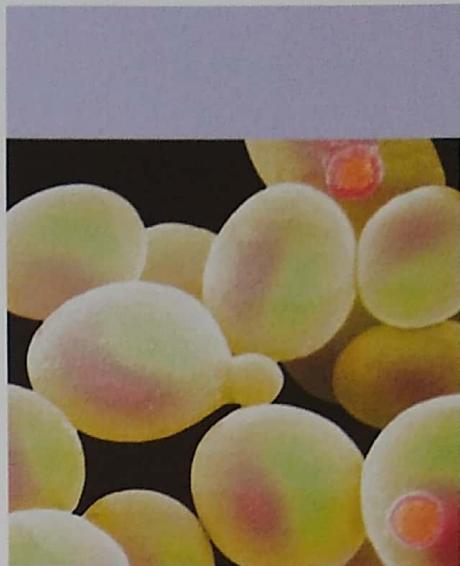
En un ciclo se suceden las siguientes fases:

■ **Interfase:** es el período entre dos divisiones celulares sucesivas. Es la fase de máxima actividad: la célula crece, aumenta de tamaño, forma más organelas y se transforma en adulta. Durante la interfase, antes de dividirse, las células duplican el material hereditario.

■ **División celular:** la célula se divide y da origen a dos células hijas con la misma información genética. En las células eucariotas, la división de la célula incluye la división del núcleo y la división del citoplasma.

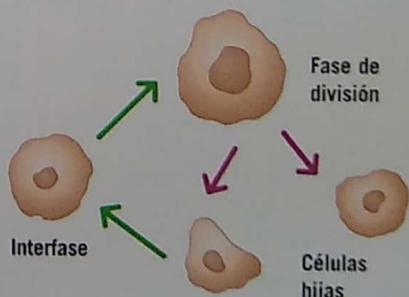
ACTIVIDADES

1. Hagan un cuadro comparativo entre los procesos de división celular de organismos procariotas y eucariotas.
2. ¿Qué función cumple la división celular en los organismos unicelulares? ¿Y en los pluricelulares?



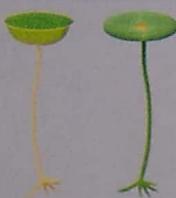
La división de levaduras, hongos unicelulares (eucariotas), da origen a células hijas de tamaños muy diferentes. Esta división desproporcionada del citoplasma se llama gemación.

CICLO CELULAR

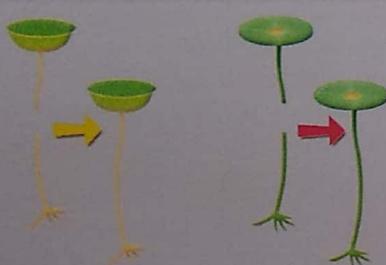


2 LA INFORMACIÓN DEL NÚCLEO CELULAR

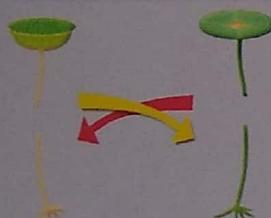
EXPERIMENTOS DE HÄMMERLING



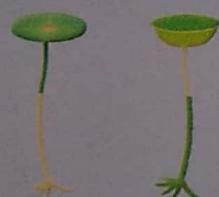
1. Se emplean dos especies de *Acetabularia* con morfología diferente.



Las copas de cada especie se cortan. Solo el pie del alga puede regenerar la célula completa.



2. Cada copa se corta y se une al pie de la otra especie.



En un primer momento, no se advierten transformaciones.



Al cabo de un tiempo, el pie del alga transforma a la copa trasplantada, dándole las características de su especie.

Los organismos presentan determinados rasgos llamados **caracteres**. Los caracteres pueden tener diferentes manifestaciones; por ejemplo, en los seres humanos, para el carácter *color de ojos*: verdes, celestes o marrones. Gracias a estas variaciones individuales, los organismos de una misma especie tienen aspecto similar, pero no son iguales. En la reproducción, los progenitores transmiten a su descendencia determinados caracteres. Ese legado se denomina **herencia**. Se llama **caracteres hereditarios** a aquellos que se manifiestan de generación en generación, porque se ha transmitido la información necesaria para que así suceda.

No todos los caracteres se heredan. Hay algunos que los individuos adquieren a lo largo de su vida, como el desarrollo muscular debido a un entrenamiento adecuado. Se denominan **caracteres adquiridos** y no se transmiten a la descendencia.

Durante mucho tiempo, los científicos se dedicaron a investigar qué parte de la célula determina los caracteres de un organismo y de qué forma se transmiten los caracteres hereditarios.

LOS EXPERIMENTOS DE HÄMMERLING

En 1953, el biólogo danés Joachim Hämmerling (1901-1980) llevó a cabo un experimento que resultó fundamental para conocer qué parte de la célula eucariota era responsable de generar sus características. Hämmerling empleó para ello un alga marina unicelular llamada *Acetabularia*. El gran tamaño de las células de *Acetabularia* hace que este organismo sea ideal como material de estudio.

La célula de *Acetabularia*, de unos 6 cm de largo, tiene tres partes diferenciadas: un “pie”, que contiene el núcleo de la célula y permite al alga pegarse a una roca u otro sustrato para sostenerse, un “tallo” y una “copia”, encargada del proceso de fotosíntesis. Hämmerling usó dos especies diferentes de *Acetabularia*: una de ellas tenía una copa en forma de disco, mientras que la otra presentaba una copa ramificada.

El experimento fue sencillo: Hämmerling cortó primero las células por la mitad. La parte que quedó sin núcleo vivió durante algún tiempo y luego murió. La mitad con núcleo regeneró una nueva sombrilla y continuó viviendo y reproduciéndose. Repitió el mismo experimento con muchas células de *Acetabularia* y siempre obtuvo los mismos resultados. Como consecuencia de estas observaciones, Hämmerling dedujo que el núcleo es necesario para que la célula continúe viviendo y regenere la parte perdida.

Para conocer qué parte de la célula (el núcleo o el citoplasma) determina las características hereditarias, Hämmerling decidió cortar la copa de las células de cada uno de los dos tipos de algas y unirla al pie de la otra especie. Luego de un tiempo, observó que las copas regeneradas correspondían a las características físicas del pie del alga a la que habían sido unidas. Con esto, Hämmerling demostró que la información causante de los caracteres de un organismo, en este caso unicelular, se encuentran en el núcleo de la célula.

LAS PARTES DEL NÚCLEO

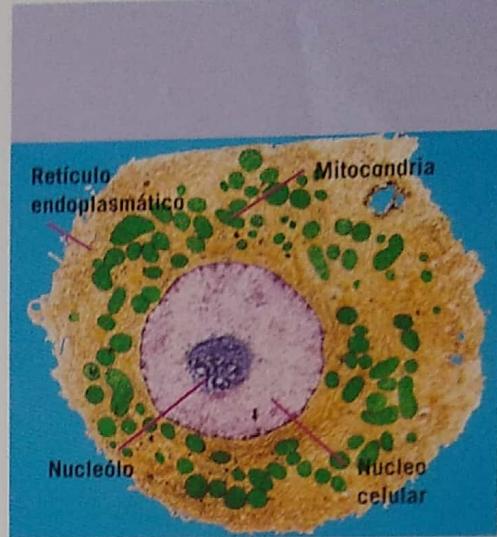
Los experimentos de Hämmerling, sumados al aporte de otros científicos, permitieron concluir que el núcleo celular contiene la información que controla el funcionamiento de la célula. El estudio del núcleo en las diferentes etapas del ciclo celular hizo posible conocer, además, la forma en que los caracteres hereditarios de la célula se transmiten a las células hijas.

El núcleo es la organela celular más visible bajo el microscopio. Su aspecto es muy diferente según la fase del ciclo celular; en interfase suele tener una forma esférica y está situado en el centro de las células animales o desplazado hacia la periferia en las vegetales. En el núcleo se distinguen:

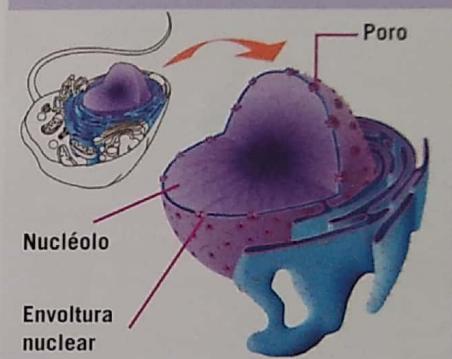
- **La membrana nuclear.** Es una membrana doble que separa el interior nuclear del citoplasma. Lleva unas perforaciones denominadas *poros* que permiten el intercambio de sustancias entre ambos compartimientos.
- **La cromatina.** Una maraña de fibrillas que dan un aspecto grumoso al interior del núcleo. El nombre de cromatina (del griego *kroma*, "color") se debe a la facilidad con el que este material se tiñe con colorantes químicos.
- **El nucléolo.** Tiene forma esférica y se destaca entre la cromatina por estar débilmente teñido. Puede haber uno o varios, y en ellos se fabrican los **ribosomas** que se exportan al citoplasma.

Al comenzar la división celular, la membrana nuclear se desintegra y deja que el contenido se disperse por toda la célula; el nucléolo desaparece. Los filamentos de la cromatina, que antes formaban una maraña desorganizada, se condensan y se hacen mucho más gruesos y cortos. Estos filamentos reciben ahora el nombre de **cromosomas**.

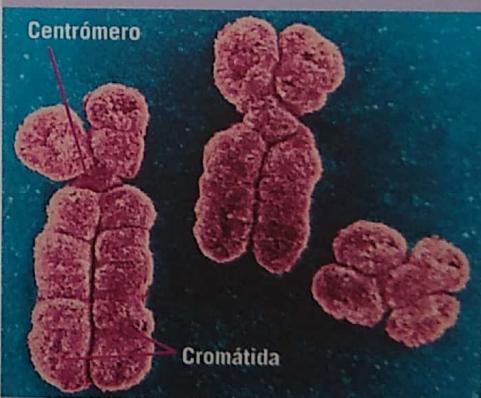
Un cromosoma tiene forma de bastoncito y posee un estrechamiento denominado **centrómero** que lo divide en dos brazos de igual o diferente longitud. Sin embargo, durante una gran parte del proceso de división del núcleo los cromosomas aparecen "duplicados", formados por dos bastoncitos paralelos denominados cromátidas, que se mantienen unidos por el centrómero. Dependiendo de la posición del centrómero, estos cromosomas dobles tienen forma de X o de Y.



Núcleo celular visto con el microscopio electrónico (MET).



Estructura del núcleo celular.



Cromosomas vistos en el microscopio electrónico (MEB).

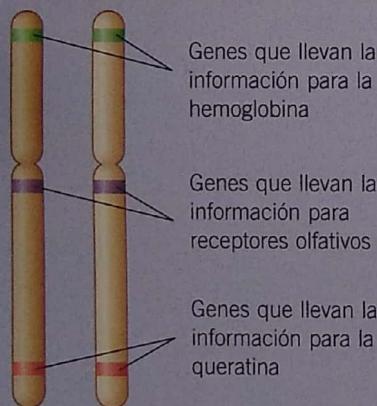
ACTIVIDADES

3. ¿Cómo está formado el núcleo de la célula durante la interfase?
4. ¿En qué se diferencia la cromatina de los cromosomas?
5. ¿Qué pasaría si, luego de la división celular, una de las células no recibiera núcleo? ¿Y si recibiera núcleo, pero solo una parte pequeña del citoplasma?
6. ¿Qué información aportó el experimento del trasplante de copas de las dos especies del alga *Acetabularia* realizado por Hämmerling?



Conjunto de cromosomas de una célula de mosca al microscopio óptico.

LOCALIZACIÓN DE ALGUNOS GENES EN PAREJA 11



CONOCER MÁS

Número cromosómico. No existe una relación directa entre el tamaño de un organismo y el número de cromosomas. Por ejemplo, el orangután, el chimpancé y el gorila tienen 48 cromosomas en cada célula, la cebolla 16, el maíz 20, las abejas 32, los ratones 40, los perros 78 y los gatos 38.

3 Los CROMOSOMAS

De acuerdo con lo visto hasta ahora, la información hereditaria se encuentra en el núcleo de la célula, y el componente principal del núcleo son los filamentos de cromatina que se transforman en cromosomas durante la división celular. Cromatina y cromosomas son dos formas diferentes de organización del material del núcleo durante el ciclo celular.

Cada célula del cuerpo de un organismo posee un número constante y característico de cromosomas, denominado **número cromosómico**. Este número es siempre el mismo para todos los individuos de una especie determinada. Por ejemplo, una mosca tiene 8 cromosomas; un helecho, 18, y los seres humanos, 46.

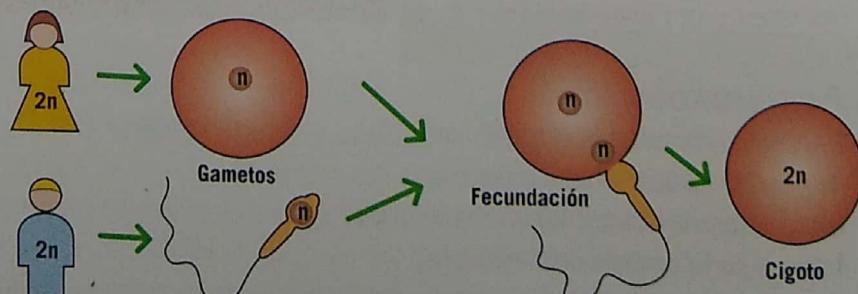
En cualquier especie, incluida la humana, el número de cromosomas es muy bajo si se compara con el número de caracteres hereditarios que posee un organismo. Cada cromosoma, entonces, debe llevar la información necesaria para la expresión de muchos caracteres distintos. El segmento del cromosoma que contiene la información para la expresión de un carácter se denomina **gen**. El conjunto de genes de una especie se llama **genoma**. Por esta razón, la información hereditaria que se encuentra en los cromosomas también se llama **información genética**.

CÉLULAS DIPLOIDES Y HAPLOIDES

Al observar el conjunto completo de cromosomas de una célula, se ve que las células del cuerpo de muchos organismos contienen dos cromosomas con las mismas características (forma y tamaño, por ejemplo). Esta semejanza se debe a que cada uno de los cromosomas del par contiene información hereditaria para las mismas características y dispuesta en el mismo orden. Estos cromosomas se denominan **cromosomas homólogos** o simplemente **homólogos**, palabra que significa "decir la misma cosa". Uno de los cromosomas de cada par de homólogos proviene de un progenitor, y el otro cromosoma, del otro progenitor. Las células de la especie humana, menos los gametos, tienen 23 pares de cromosomas homólogos.

Cada juego de cromosomas se indica con la letra **n**. Las células con dos juegos son **2n** y se denominan **diploides** (para el ser humano: $2n = 46$). Todas las células del organismo son diploides, excepto las células sexuales que son **n**, ya que tienen un solo juego de cromosomas y se las llama **células haploides** ($n = 23$).

Organismos adultos



Durante la fecundación, al fusionarse el núcleo de un óvulo con el núcleo de un espermatozoide, se forma un cigoto diploide, y así se restituye la condición $2n$ del nuevo individuo.

EL CARIOTIPO

Cuando una célula se está dividiendo es posible identificar los diferentes cromosomas que posee. Los distintos tipos de cromosomas pueden ser reconocidos por su longitud, la posición del centrómero y las bandas características que se observan cuando se los colorea. El conjunto de cromosomas de una célula se denomina **cariotipo**.

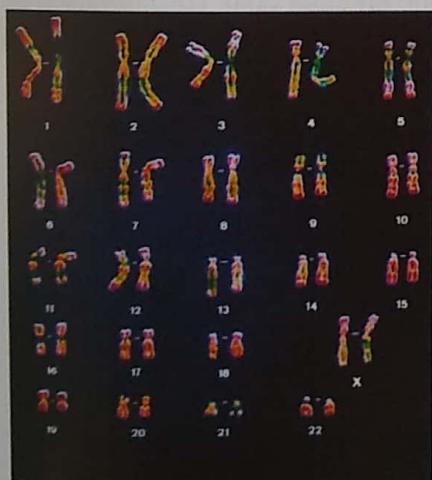
Todos los individuos de una especie determinada presentan en todas las células del cuerpo, excepto en los gametos, el mismo cariotipo, es decir, el mismo conjunto de cromosomas.

El diagrama del ordenamiento de cromosomas de una especie se llama **idiograma**, y es útil para identificar alteraciones en el número normal de cromosomas.

EL CARIOTIPO HUMANO

Las células humanas son diploides y sus 46 cromosomas se pueden agrupar en parejas de homólogos. Sin embargo, el cariotipo del varón y el de la mujer no son exactamente iguales: se diferencian en el par 23. En los varones, uno de los cromosomas de este par es grande y se conoce como **cromosoma X**; el otro es más pequeño y se llama **cromosoma Y**. En las mujeres, el par 23 está integrado por dos **cromosomas X**. A estos cromosomas se los denomina **cromosomas sexuales**: aquellos cuyo par 23 es XY son varones y si es XX son mujeres. Los 22 pares de cromosomas restantes se denominan **autosomas**.

En la especie humana, y en otras especies, el cromosoma Y lleva la información genética que hace masculino a un embrión. Cuando no está presente el cromosoma Y, se desarrolla un embrión femenino.



Cariotipo humano masculino.



Cariotipo humano femenino.

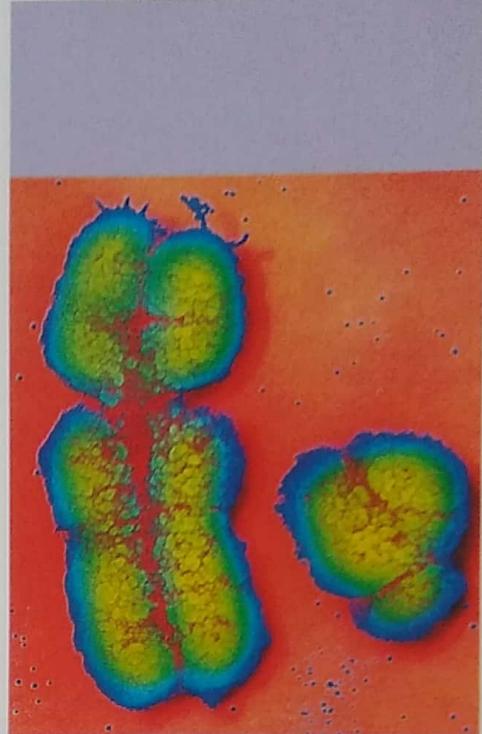


Imagen coloreada de los cromosomas sexuales X e Y, respectivamente, vistos con el microscopio electrónico (MEB).

ACTIVIDADES

7. ¿Qué significa que una célula sea diploide?
8. En un cariotipo se observan 15 cromosomas, todos diferentes. La célula a la cual pertenece el cariotipo, ¿es haploide o diploide? ¿Por qué?
9. ¿Qué diferencia existe entre el cariotipo de un hombre y el de una mujer?

4 LA MITOSIS

Todas las células que forman un organismo pluricelular proceden de divisiones sucesivas a partir del cigoto o célula huevo, y en todas ellas el cariotipo es idéntico.

El ciclo de división celular de dichas células incluye la **división del núcleo** o **mitosis** y la posterior división del citoplasma.

A pesar de que la división celular es un proceso continuo, es habitual que para facilitar su estudio se describan distintas etapas o fases.

Profase. La cromatina se condensa lentamente, formando cromosomas bien definidos que, a partir de ese momento, pueden individualizarse. Cada cromosoma es doble: está formado por dos cromátidas hermanas idénticas, unidas a nivel del centrómero. La envoltura nuclear se desintegra y desaparece el nucléolo. Los centrólulos, que se duplicaron durante la interfase, se dirigen a los polos opuestos de la célula, formando un conjunto de filamentos de proteína llamado *huso mitótico*. Cada cromosoma se une por el centrómero a un filamento del huso.

Metafase. La envoltura nuclear deja de observarse. Los cromosomas, que alcanzan el grado máximo de condensación, se disponen alineados en el plano ecuatorial de la célula.

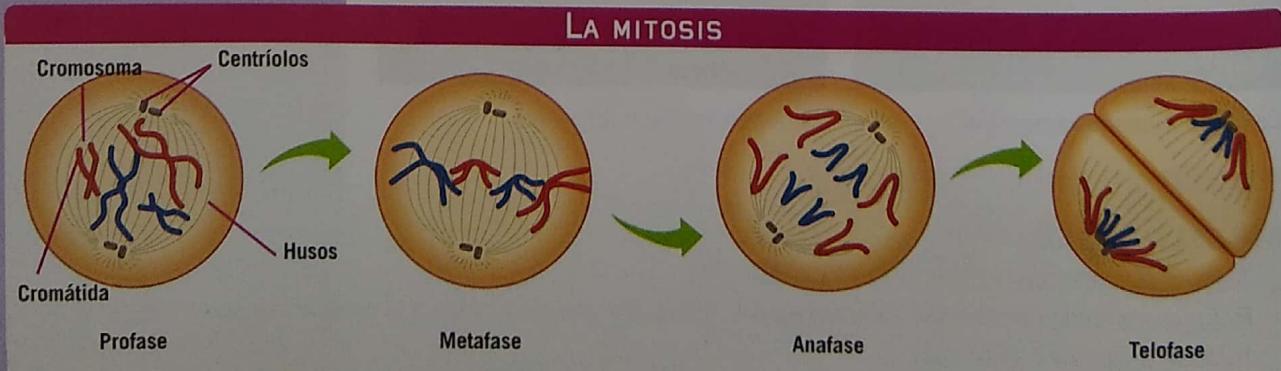
Anafase. Las cromátidas hermanas de cada cromosoma se separan y se dirigen hacia polos opuestos de la célula. Cada cromátida ahora es cromosoma simple. Así queda asegurado el reparto de la información genética a las futuras células hijas.

Telofase. Los dos conjuntos de cromosomas hijos llegan a los polos opuestos de la célula. Alrededor de ellos se vuelve a formar una envoltura nuclear, originando dos núcleos, uno en cada polo. Los cromosomas se descondensan y comienzan a transformarse, otra vez, en cromatina. Reaparece el nucléolo.

Con esta etapa termina la división del núcleo, formándose una célula con dos núcleos que tienen idéntica información genética. Ahora debe dividirse el citoplasma para formar dos células hijas.

Una vez finalizada la división del núcleo por mitosis, el citoplasma se divide por estrangulamiento o por formación del fragmoplasto, según se trate de una célula animal o vegetal.

Células de raíz de cebolla teñidas en diferentes fases de mitosis.



LA DUPLICACIÓN CROMOSÓMICA PREVIA A LA MITOSIS

Una célula que se divide, transmite a cada una de sus dos células hijas un conjunto completo de cromosomas. Si se trata de una célula humana llevará 23 pares de cromosomas y sus células hijas también tendrán 23 pares.

Más tarde, cuando cada célula hija se divide, origina a su vez dos células que también llevan un conjunto completo de cromosomas cada una; 23 pares si son humanas. Es, pues, necesario que en el período que transcurre desde que una célula nace hasta que inicia su división duplique cada uno de sus cromosomas.

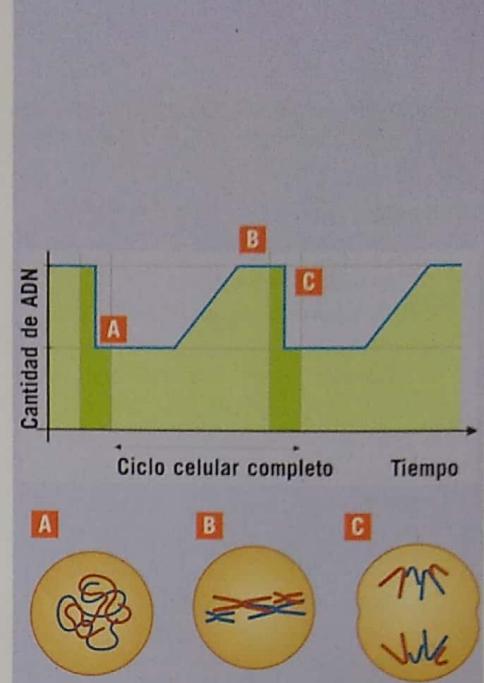
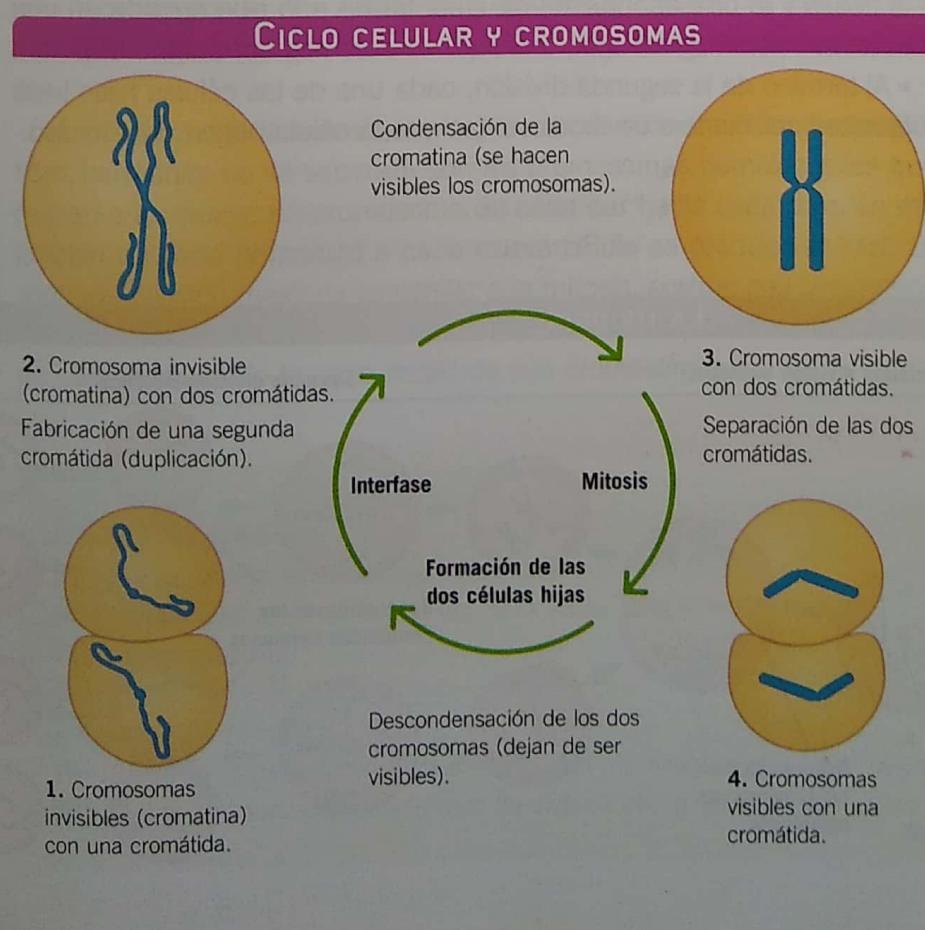
La duplicación del material hereditario o genético sucede durante la interfase, cuando los cromosomas no son visibles porque se encuentran en forma de largos y finos filamentos de cromatina.

Así, antes de iniciarse la división celular, la célula madre ya posee dos copias exactamente iguales de su información genética. Por eso, cuando al principio de la división celular los cromosomas se hacen visibles, se comprueba que son cromosomas dobles, formados por dos cromátidas idénticas o **cromátidas hermanas**.

LOS CROMOSOMAS Y EL CICLO CELULAR

Estudiar la evolución de los cromosomas a lo largo de todo un ciclo celular permite descubrir los dos mecanismos que hacen posible que se conserve la información hereditaria generación tras generación:

- La **duplicación** del material genético antes de la división celular.
- El **reparto equitativo** entre las células hijas de las copias producidas, que ocurre durante la mitosis.



El gráfico muestra la cantidad de material genético en diferentes estadios del ciclo celular.

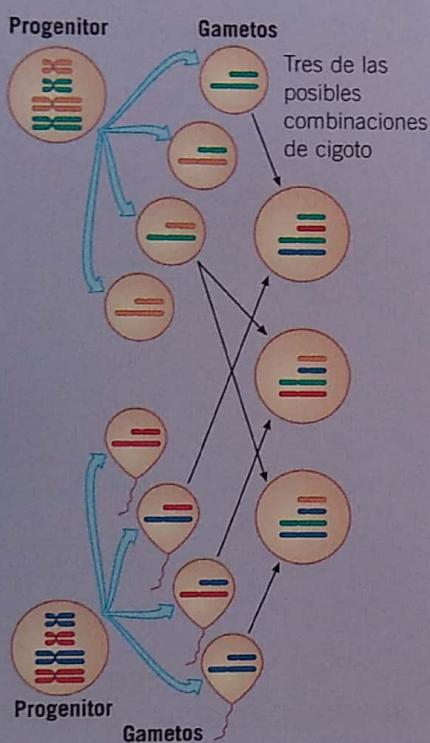
ACTIVIDADES

10. ¿Por qué las células hijas tienen la misma cantidad de cromosomas que la célula original?
11. La célula representada en los esquemas de la página anterior:
 - ¿Es una célula humana? Justifiquen.
 - ¿Cuántos juegos de cromosomas tiene?
 - ¿Cuántos cromosomas tiene cada juego?
12. Indiquen cómo son las dos cromátidas que forman un cromosoma doble:
 - Parecidas.
 - Idénticas.
 - Totalmente diferentes.

CONOCER MÁS

Gametos. Como la meiosis reduce a la mitad el número de juegos de cromosomas, los gametos son células haploides: poseen un solo juego de cromosomas.

Por lo tanto, tienen la mitad del número de cromosomas que el resto de las células del organismo. Por ejemplo, los gametos humanos poseen 23 cromosomas.



Las combinaciones de gametos aumentan la variabilidad en la descendencia.

5 LA MEIOSIS

La división celular meiótica es un tipo de partición fundamental para la reproducción sexual de los organismos, ya que durante ella se originan los **gametos**, que son las células sexuales. Los gametos masculinos se llaman **espermatozoides** y los femeninos, **óvulos**.

La meiosis se lleva a cabo en células diploides que se encuentran en las gónadas (testículos y ovarios).

En la meiosis, por cada célula se obtienen, tras dos divisiones sucesivas, **cuatro células hijas**. Estas dos divisiones comparten algunos aspectos con la división por mitosis, pero otros son claramente diferentes. Como la meiosis ha evolucionado a partir de la mitosis, existen mecanismos similares en ambas divisiones.

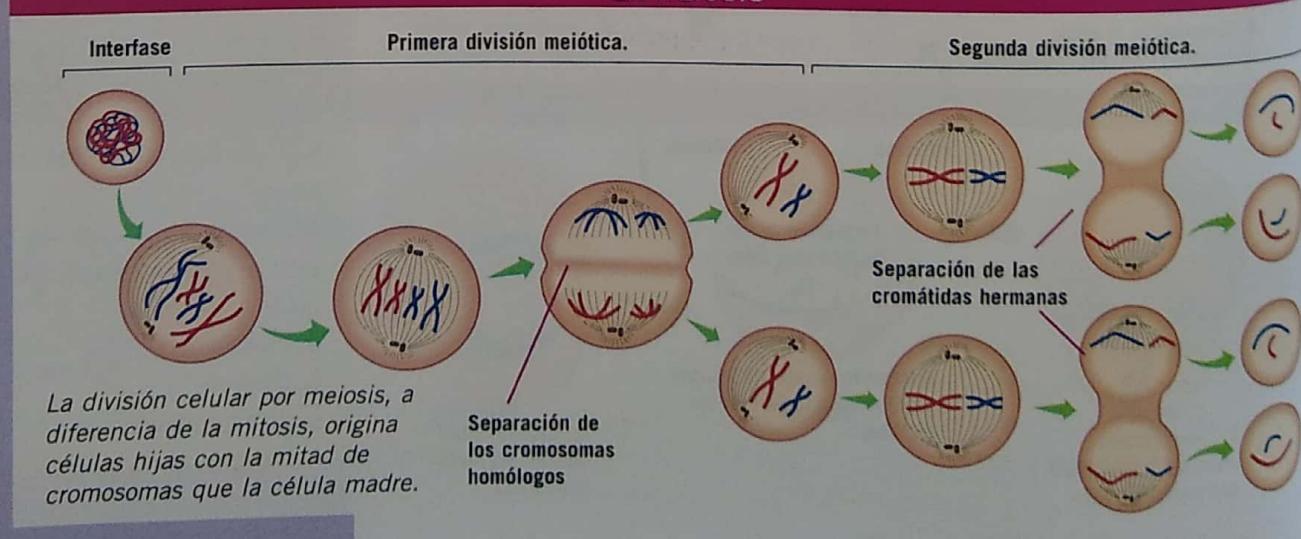
■ Primera división meiótica.

- Implica los siguientes acontecimientos:
- Se emparejan los cromosomas homólogos y, uno junto al otro, se disponen en el plano central de la célula.
 - De cada par de homólogos, un cromosoma emigra a un extremo de la célula y otro al opuesto; a diferencia de lo que ocurre en la mitosis, en la que se separan las cromátidas de cada cromosoma.
 - Al término de esta primera división, cada célula ha recibido un conjunto formado por un representante de cada pareja de homólogos. Seguidamente, sin pasar por el período de interfase, ambas inician una segunda división.

■ Segunda división meiótica.

- Sobresalen los siguientes acontecimientos:
- Una vez dispuestos los cromosomas en el plano central de la célula, el centrómero se divide y una cromátida emigra a un extremo de la célula y la otra al opuesto; de igual forma a lo que sucede en una mitosis.
 - Al término de la segunda división, cada una de las células hijas tiene la mitad del número de cromosomas que la célula origen del proceso.

LA MEIOSIS



IMPORTANCIA DE LA MEIOSIS

La principal función de la división meiótica es la de preservar la cantidad de cromosomas durante la reproducción sexual. Los espermatozoides y los óvulos de la especie humana, por ejemplo, se originan por meiosis a partir de células diploides, con 23 parejas de cromosomas homólogos. Los gametos humanos tienen, por tanto, 23 cromosomas y son **células haploides**; solo han recibido un cromosoma de cada par de homólogos presentes en la célula inicial.

La unión de dos gametos haploides origina una **cigoto diploide**, que por mitosis produce todas las células del nuevo organismo. Si los gametos fueran diploides, el número de cromosomas de la especie se duplicaría generación tras generación.

La meiosis es absolutamente necesaria para mantener constante el número de cromosomas en las especies de reproducción sexual.

DIFERENCIAS ENTRE LA MITOSIS Y LA MEIOSIS

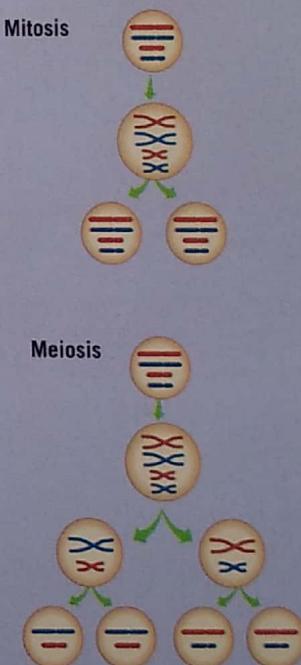
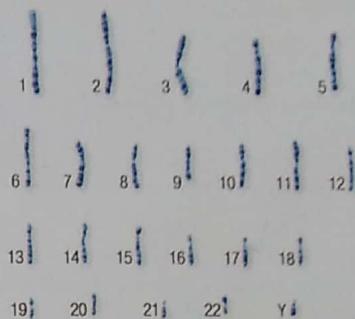
En un organismo pluricelular, la mitosis es necesaria para su crecimiento, para la reparación de los tejidos dañados y para reemplazar las células que se pierden por desgaste. Por su parte, la meiosis es fundamental para la generación de las células que posibilitan su reproducción sexual.

Tanto para la mitosis como para la meiosis es necesario que todo el material genético se haya duplicado en la interfase anterior a la división celular. En la mitosis se obtienen dos células hijas con el mismo número de cromosomas que la célula original. En cambio, como resultado de la meiosis se forman cuatro células hijas con la mitad de los cromosomas, por medio de dos divisiones celulares sucesivas. La célula "madre" que origina los gametos es diploide, pero los gametos son haploides.

A diferencia de la mitosis, en la primera división meiótica las cromátidas hermanas no se separan: son los cromosomas homólogos los que migran a los polos, un cromosoma de cada par hacia cada polo. La migración de cada homólogo a cada nueva célula se produce al azar. La segunda división meiótica es similar a la mitosis, porque hay separación de las cromátidas hermanas, pero como ha habido reducción previa, cada célula resultante tiene la mitad de sus cromosomas.

ACTIVIDADES

13. ¿En qué células se produce la meiosis?
14. Observen con atención la foto del cariotipo de gameto en esta página. Corresponde a:
 - Un espermatozoide.
 - Un óvulo.
 - A cualquiera de los dos.
15. ¿Cómo se llaman las células que se originan por meiosis? ¿Cuántos juegos de cromosomas tienen?
16. ¿Por qué es fundamental este tipo de división celular para los organismos que se reproducen sexualmente?



6 EL MATERIAL HEREDITARIO

La información que controla la aparición de los caracteres hereditarios se localiza en el interior del núcleo celular y se transmite de célula a célula, empaquetada en cromosomas. La porción de cromosoma que lleva la información para un carácter recibe el nombre de gen; ahora bien, ¿de qué material están hechos realmente los genes?

EL ADN

Los cromosomas están formados por dos tipos diferentes de moléculas: **proteínas** y **ADN o ácido desoxirribonucleico**. Múltiples experiencias, llevadas a cabo en la primera mitad del siglo XX, revelaron que, de estos dos componentes, el ADN es el material hereditario.

EL ADN es un compuesto que se tiñe muy bien con un colorante rojo (fucsina), lo que permite detectarlo con un microscopio óptico en cualquier momento del ciclo celular.

- En **interfase**, todo el núcleo aparece coloreado. Con un microscopio electrónico, se observa que las moléculas de ADN forman filamentos muy finos y largos, empaquetados en un apretado ovillo.
- Durante la **mitosis**, la coloración se localiza en los cromosomas. Cada molécula de ADN se compacta, se enrolla sobre sí misma de forma muy compleja y origina un cromosoma. Los cromosomas que aparecen durante las primeras fases de la mitosis son estructuras dobles, ya que están constituidos por dos moléculas de ADN idénticas.

EL ADN es el material con el que están hechos los genes. Cada cromosoma lleva una molécula de ADN, aunque durante gran parte de la mitosis los cromosomas aparecen como estructuras dobles, con dos moléculas de ADN idénticas.

ESTRUCTURA DE LA MOLÉCULA DE ADN

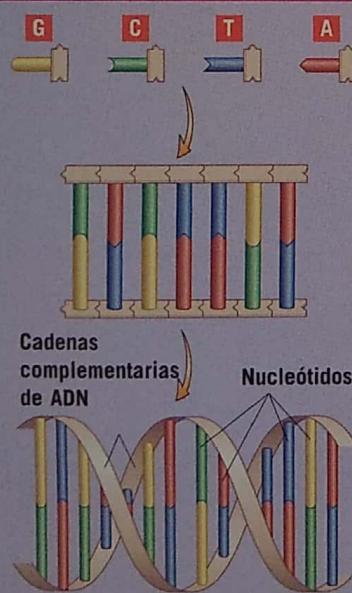
En 1953, Francis Crick y James Watson, dos investigadores de la Universidad de Cambridge, Inglaterra, construyeron un modelo de la molécula de ADN por el que merecieron el Premio Nobel de Medicina en el año 1962. Este modelo se conoce como “**la doble hélice del ADN**” y presenta las siguientes características:

- El ADN es una larga molécula formada por **dos cadenas** dispuestas una paralela a la otra y enrolladas en forma de hélice.
- Cada cadena está formada por la unión de unidades llamadas **nucleótidos**. Hay cuatro nucleótidos diferentes, a los que se simboliza con las letras A, T, C y G, iniciales del constituyente principal de cada uno de ellos: **A** por la **adenina**, **T** por la **timina**, **C** por la **citosina** y **G** por la **guanina**.
- Cada nucleótido de una cadena está unido al nucleótido que se encuentra exactamente enfrente, en la otra cadena. En el ADN, la A solo puede unirse a la T y la G a la C. Por eso se dice que A es **complementaria** de T, y C lo es de G.

Células en interfase con el material del núcleo teñido.

Células en metafase (centro) con los cromosomas teñidos.

MODELO DE LA DOBLE HÉLICE DE ADN



La molécula de ADN está constituida por dos cadenas de nucleótidos. Estas cadenas están enrolladas una alrededor de la otra, y unidas entre sí por el emparejamiento entre A-T y C-G.

LA INFORMACIÓN DEL ADN

El ADN es el material con el que están hechos los genes y es, por lo tanto, el que se encarga de llevar la información hereditaria o genética, controlar la aparición de los caracteres y pasar la información de una célula a sus descendientes durante el proceso de la división celular.

Todas las moléculas de ADN están formadas por la repetición de los mismos cuatro nucleótidos: A, T, C y G. Entonces, ¿cómo pueden llevar diferente información?

Si se comparan dos moléculas de ADN, la única diferencia que se observa en ellas es el orden en que se suceden los nucleótidos. Es, por lo tanto, esta secuencia de nucleótidos la que contiene la información; así, dos secuencias diferentes llevarán diferente información.

En lenguaje Morse, por ejemplo, una determinada combinación de puntos y rayas lleva codificado un mensaje específico. También en el ADN, el orden en que se repiten los cuatro nucleótidos le permite llevar mensajes codificados. Pero en el caso del ADN, los signos no son puntos y rayas, sino los cuatro nucleótidos.

TRADUCCIÓN DEL ADN

Un individuo no puede manifestar un determinado carácter hereditario, como tener los ojos de color verde o ser de grupo sanguíneo A, si no posee el gen correspondiente.

Pero además, para que aparezca el carácter es necesario que ese individuo fabrique una **proteína** que es diferente en cada caso. Esta proteína es la responsable directa de que se fabrique el pigmento verde de los ojos o el antígeno A de los glóbulos rojos.

Las instrucciones genéticas para fabricar proteínas se encuentran en el núcleo de la célula, en el ADN. Las organelas encargadas de fabricarlas son los ribosomas, que están en el citoplasma.

El **proceso de traducción** del mensaje genético en una proteína se realiza en dos etapas:

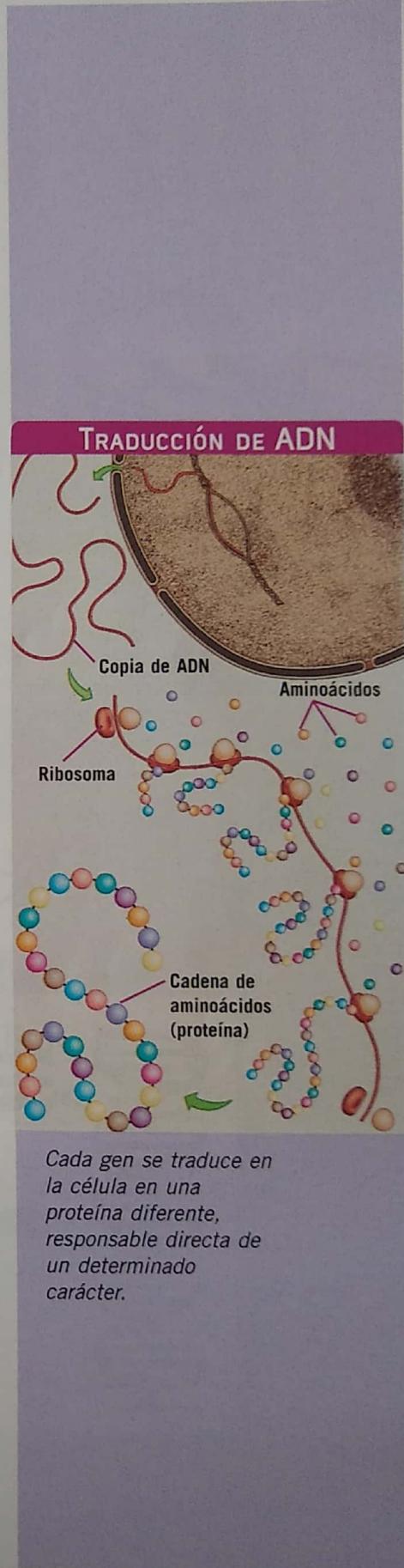
- La **primera etapa** tiene lugar en el núcleo. Consiste en **hacer una copia de la porción del ADN** (el gen) que lleva la información para fabricar la proteína deseada y trasladarla al citoplasma.
- La **segunda etapa** ocurre en el citoplasma, donde se encuentran los ribosomas. Consiste en **fabricar la proteína correspondiente**, uniendo aminoácidos en el orden indicado por el mensaje recibido.

La secuencia de nucleótidos de un gen constituye una información que se utiliza para situar en el orden adecuado los aminoácidos que forman una proteína.

ACTIVIDADES

17. Si la secuencia de un segmento de una hebra de ADN es A-T-A-G-T-C-C-A, ¿cuál será la secuencia de su hebra complementaria?

18. ¿Qué significa que las dos cadenas que forman una molécula de ADN son complementarias?



LA DUPLICACIÓN DEL ADN

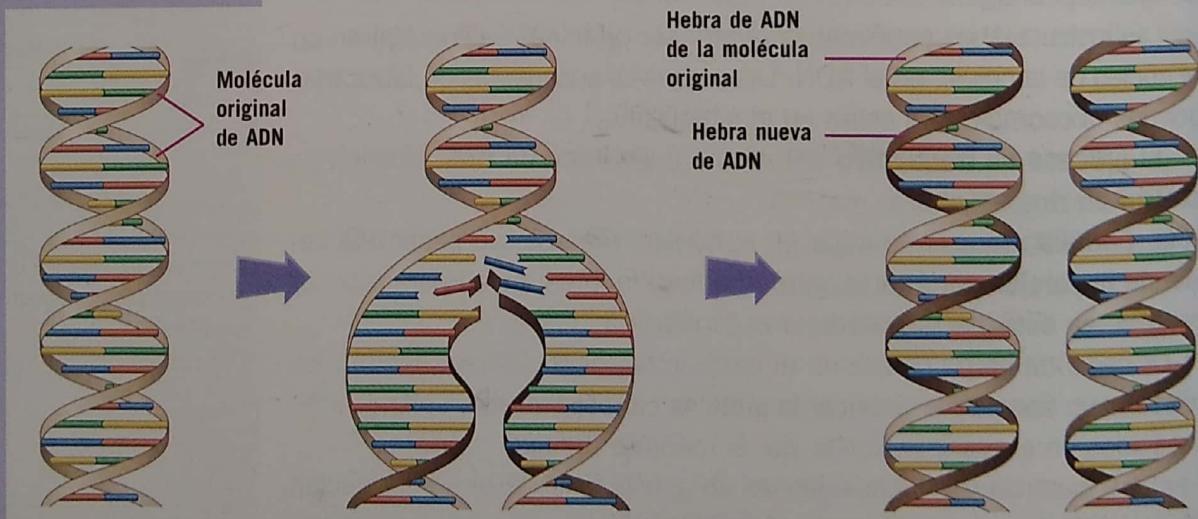
Un hecho común a cualquier tipo de división celular es la duplicación del material hereditario. Este proceso se realiza antes de la división y ocurre tanto en organismos procariotas como eucariotas.

El modelo de la estructura de doble hélice de las moléculas de ADN permitió comprender los mecanismos que utilizan las células para duplicarlas antes de cada división celular. A lo largo de la evolución, las células han desarrollado una maquinaria especializada para replicar el ADN, de manera tal que las células hijas obtengan copias idénticas (en la mayoría de los casos) del ADN de la célula que les dio origen.

En el inicio del proceso de duplicación del ADN, las dos hebras complementarias se separan y cada una de ellas actúa como molde para formar una hebra nueva. Un conjunto de enzimas regula el proceso por el cual, nucleótidos libres que se encuentran en el núcleo, aparean sus bases nitrogenadas de manera complementaria –A con T, C con G– con las bases de los nucleótidos de la cadena que sirve de molde y se unen constituyendo una nueva cadena.

Dado que cada una de las moléculas “hijas” de ADN está formada por una hebra original y una hebra nueva, construida a partir de la primitiva, se dice que la duplicación del ADN es **semiconservativa**.

Cuando el ADN se duplica se pueden producir errores que determinan cambios en la información genética de las nuevas moléculas. Estas alteraciones o **mutaciones** son la causa de que aparezcan nuevos caracteres en los organismos, lo que conduce, con el tiempo, a la evolución de las especies.



De una molécula de ADN se originan dos. Cada hebra de la molécula original sirve como molde para generar una nueva molécula.

ACTIVIDADES

19. ¿Qué se obtiene como resultado de la replicación de una molécula de ADN?
20. ¿Por qué la duplicación del ADN es semiconservativa?
21. ¿Cuántas moléculas de ADN habrá en el núcleo de una célula humana cuando finalizó la replicación?

CIENCIA, TECNOLOGÍA Y SOCIEDAD

LA CITOGÉNÉTICA

La citogenética es el estudio de los cromosomas y las enfermedades causadas tanto por un número anormal de cromosomas como por la estructura anormal de estos. Los análisis citogenéticos se utilizan en el diagnóstico prenatal y en el estudio del cáncer. Para realizar estos estudios, es necesario obtener células que se estén dividiendo por mitosis, ya que durante la división celular los cromosomas se condensan lo suficiente como para poder ser analizados con facilidad. Para obtener células con sus cromosomas condensados se utilizan sustancias que detienen la división celular en la metafase, y luego se obtiene el cariotipo de las células estudiadas.

DIAGNÓSTICO PRENATAL

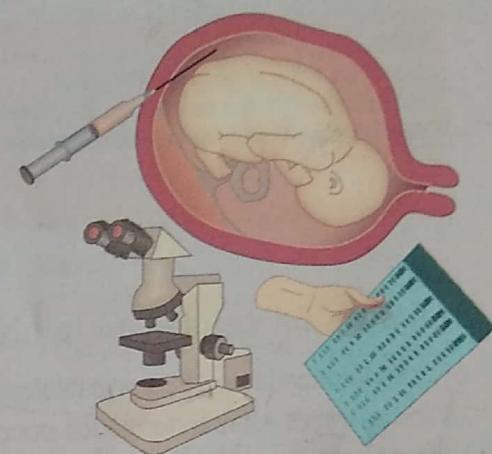
Las técnicas para el diagnóstico prenatal citogenético se realizan desde fines de la década del 60. Por medio de estos estudios se descubren alteraciones de los cromosomas en los primeros meses del desarrollo dentro del útero.

La prueba más utilizada es la amniocentesis, que consiste en la extracción del líquido amniótico que rodea al embrión. En este líquido hay células que se desprenden del feto y, por lo tanto, tienen la misma información genética que él.

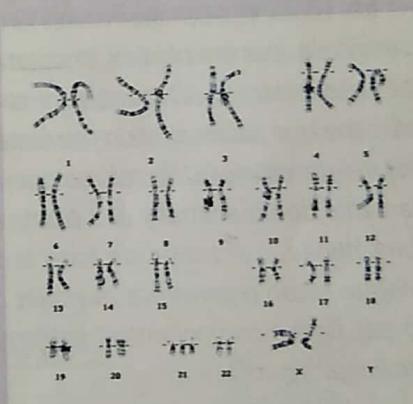
Mediante la amniocentesis se puede conocer, además de alteraciones de los cromosomas, el sexo del feto. El líquido amniótico se extrae mediante una punción en el abdomen de la embarazada entre las semanas 15 y 18 de la gestación, siempre con la orientación de imágenes por ecografía para no dañar el feto. La extracción dura muy poco y no se emplea anestesia.

La muestra de líquido extraída se analiza en el laboratorio. Las células que se encuentran en el líquido se cultivan en un medio apropiado y luego se realiza el cariotipo de algunas de ellas.

Casi todos los análisis citogenéticos se realizan en preparaciones de cromosomas que se tiñen para producir un patrón de bandas específico de cada cromosoma. Esto permite la detección de cambios en la estructura de los cromosomas. El tratamiento de tinción más común se llama **bandeo G**. Una vez que se han obtenido las preparaciones de cromosomas en metafase teñidos, pueden examinarse con el microscopio. Los cromosomas se disponen en pares de acuerdo con su tamaño y su patrón de bandas, formando un cariotipo. Esto permite al técnico examinar de modo aún más detallado cada cromosoma en busca de alteraciones en su estructura. Comparando el cariotipo obtenido con uno de referencia, se pueden detectar anomalías en la forma o el número de cromosomas e identificar la enfermedad genética de la que puede ser portador el embrión.



Mediante la amniocentesis se pueden conocer alteraciones cromosómicas del feto.



Este cariotipo corresponde a una persona con síndrome de Down, la anomalía numérica más frecuente en recién nacidos.

PARA PENSAR Y CONVERSAR

22. Analicen el cariotipo correspondiente al síndrome de Down. ¿Qué alteración en el número de cromosomas es característica del síndrome?
23. Busquen información en Internet sobre la importancia de los análisis citogenéticos en el estudio del cáncer. Para hacerlo, consulten la sección "Buscar información en Internet" del dossier.

UN PASEO POR LOS TEXTOS

MIENTRAS TANTO

1879

Alemania. Nace el físico Albert Einstein.

Alemania. Rudolf Virchow realiza las primeras descripciones detalladas del núcleo celular.

1880

Rusia. Fiódor

Dostoyevski publica su novela *Los hermanos Karamazov*.

1882

Argentina. Fundación de la ciudad de La Plata.

Alemania. El médico alemán Robert Koch descubre la bacteria causante de la tuberculosis; un año más tarde descubre la bacteria responsable del cólera.

La división celular en la historia

En la década de 1830 se estableció que las plantas y los animales estaban formados por células y se había identificado el núcleo a partir de observaciones realizadas en células vegetales. Pero todavía no se había descubierto la división celular.

Rudolf Virchow y una frase famosa

En 1858, el patólogo Rudolf Virchow llega a la conclusión de que las células se originan a partir de células preexistentes: “*Dondequiera se origine una célula, allí tiene que haber existido previamente una célula (omnis cellula e cellula), lo mismo que un animal surge solamente de un animal y una planta surge solamente de una planta... A través de toda la serie de formas vivientes, sean organismos animales o vegetales enteros, o sus partes componentes, gobierna una ley de desarrollo continuo*”.

Nota: *omnis cellula e cellula* (en latín) significa “toda célula proviene de otra célula”.

La primera descripción de la mitosis

En 1879, Walther Flemming, empleando colorantes rojos, tiñó unos pequeños gránulos que estaban en el

interior del núcleo y los llamó *cromatinas*. Fue el primero en observar y describir el comportamiento de los cromosomas en el núcleo celular durante la división de la célula y sintetizó así el proceso: “*Al iniciarse la división celular, la cromatina se agrega para formar filamentos, la membrana parece disolverse y un tenue objeto se divide en dos. Este es el aster –griego = estrella– con los filamentos como desprendiéndose de él, dándole ese aspecto. Luego de dividirse el aster, cada parte se desplaza hacia puntos opuestos de la célula y los filamentos se unen a la cromatina, que ocupa el centro de la célula. Entonces, el aster arrastra a la mitad de los filamentos de la cromatina hacia cada una de las unidades de la célula; como resultado de este proceso la célula se estrangula por la mitad y, finalmente, se divide en dos células. En cada una de ellas se desarrolla un núcleo celular, rodea el material cromático, que luego se fragmenta de nuevo en pequeños gránulos*. Flemming llamó a este proceso mitosis (del griego = filamento). Si bien observó y descubrió la división longitudinal cromosómica que ocurre durante el proceso de la mitosis, el término *cromosoma* fue usado por primera vez por Wilhelm Waldeyer, en 1888.

ACTIVIDADES

24. Identifiquen en la descripción de la mitosis realizada por Flemming las distintas estructuras celulares con sus denominaciones actuales.

25. Consulten otras fuentes y busquen información sobre el descubrimiento de la meiosis y su importancia para comprender el origen de los gametos.

26. Basándose en la célebre frase de Virchow (*omnis cellula e cellula*), Flemming afirmó que todo núcleo ce-

lular proviene de otro anterior (*omnis nucleus e nucleo*). Expliquen con sus propias palabras el significado del postulado de Flemming.

27. Busquen información en Internet acerca de los acontecimientos destacados en la plaqueta “Mientras tanto” y escriban una reseña breve sobre cada uno de ellos. Para hacerlo pueden leer la sección “Buscar información en Internet” del dossier.

EN EL LABORATORIO

Observación de la mitosis en células vegetales

El ADN es una molécula muy larga y estrecha, de aspecto filamento y que se encuentra en el núcleo de todas las células. Todo tejido de cualquier ser vivo está formado por células y puede servir de material para obtener ADN. Mediante la siguiente experiencia podrán extraer moléculas de ADN a partir de células del epitelio de la boca y las observarán a simple vista.



PROCEDIMIENTO

PASO 1. Preparen una solución acuosa de detergente. Para hacerlo, coloquen detergente no concentrado en un vaso hasta llegar a un cuarto de su capacidad, luego completen con agua hasta el borde.

PASO 2. Viertan una cucharada de agua en otro vaso.

PASO 3. Enjuaguen la boca con el agua durante medio minuto. Luego devuélvanla al vaso (sin echar saliva). Es importante que antes de realizar este paso tengan la boca limpia; para esto, es recomendable que eviten comer alimentos una o dos horas antes de la experiencia.

PASO 4. Añadan una cucharada sopera de solución de sal y otra de solución de detergente. Mezclen todo y vierten la mezcla en el tubo.

PASO 5. Con el tubo inclinado dejen resbalar por su pared, con cuidado, una cucharada de alcohol que debe quedarse flotando sobre la solución acuosa.

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

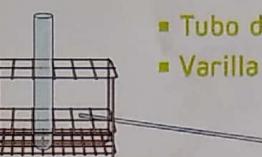
28. Asocien cada uno de los procedimientos utilizados en la extracción que aparecen en la primera columna con uno de los objetivos que aparecen en la segunda:

PROCEDIMIENTOS	OBJETIVOS
a. El detergente y la sal ayudan a romper las membranas celulares.	1. Hacer precipitar el ADN a fin de verlo.
b. El alcohol deshidrata las moléculas de ADN que se aglutan y entonces se hacen visibles.	2. Evitar la destrucción del ADN.
c. El frío hace que las reacciones químicas ocurran más lentamente.	3. Dejar libre el ADN del núcleo.

29. Si los resultados no fueron los esperados, revisen el procedimiento y piensen en qué etapas pudieron haber cometido errores. Intercambien experiencias con sus compañeros y anoten en sus carpetas la información recopilada. Luego repitan la experiencia, poniendo especial atención en los pasos que presentaron errores la primera vez.

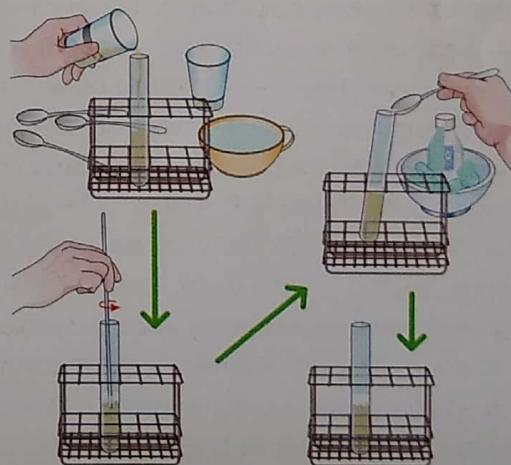
MATERIALES

- Vaso y cucharas de plástico.
- Detergente no concentrado.
- Solución de sal común al 6% (una cucharada de sal en una taza).
- Alcohol 96° muy frío (consérvenlo dentro de un recipiente con hielo).
- Tubo de ensayo y gradilla.
- Varilla de vidrio.



PASO 6. Dejen el tubo en la gradilla en total reposo durante unos minutos hasta que aparezcan unas burbujitas en la superficie que separa los dos líquidos.

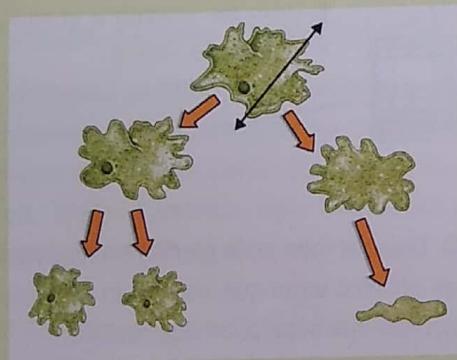
PASO 7. Sumerjan la varilla hasta que roce el límite entre las dos capas y háganla girar, siempre en la misma dirección y sin rozar las paredes del tubo, para recoger las hebras de ADN. Si proceden con cuidado, sobre la varilla se depositará un material de consistencia mucosa formado por hebras de ADN.



ACTIVIDADES

30 La ameba es un organismo unicelular. Utilizando el microscopio y con ayuda de un cuchillo láser se la puede partir en dos trozos. El fragmento con núcleo cicatriza, regenera la parte amputada, se mueve y puede dividirse con normalidad.

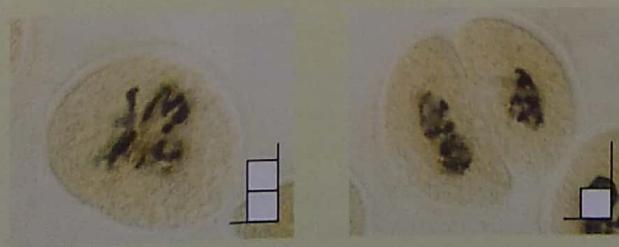
El fragmento sin núcleo cicatriza, pero no regenera la parte suprimida y, luego de unos días, muere. ¿Qué conclusiones se pueden sacar de esta experiencia, respecto de la función del núcleo en la ameba?



31 ¿Qué relación existe entre los términos ADN, chromatina y cromosoma?

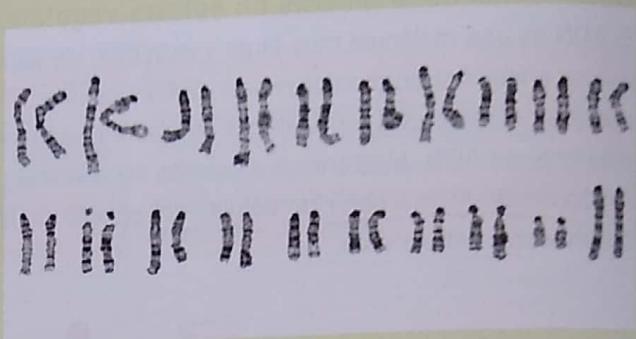
32 En las imágenes aparecen una célula madre y las dos células hijas resultantes de la división, respectivamente. Al medir la cantidad de material cromosómico en cada célula, se comprueba que las células hijas tienen exactamente la mitad que la célula madre.

- Dibujen una célula madre con tres parejas de cromosomas homólogos y las células hijas con sus cromosomas correspondientes. ¿Han recibido exactamente la mitad del material cromosómico?
- ¿Qué les debe ocurrir necesariamente a los cromosomas de las células hijas de la segunda imagen antes de iniciar la siguiente división? ¿Por qué?



Cantidad de material cromosómico.

33 La imagen corresponde a los cromosomas de una célula de ratón.



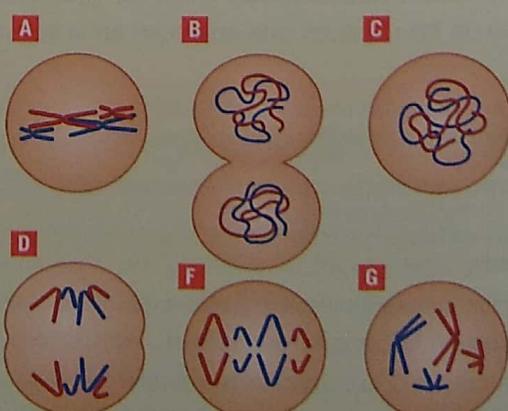
- ¿Qué nombre recibe esta forma de representación?
¿Cómo se ha realizado?
- ¿Cuántos cromosomas tiene esta especie de ratones? ¿Cuántos pares de homólogos?
- ¿Podría corresponderse con el cariotipo de una célula humana? ¿Por qué?
- ¿Y con el cariotipo de un gameto del ratón? ¿Por qué?

34 Una especie tiene 48 cromosomas en sus células diploides.

- ¿Cuántos cromosomas son necesarios para formar un juego completo?
- ¿Cuántos cromosomas tienen los gametos?
- ¿Cuántas cromátidas se observarían durante la división celular?

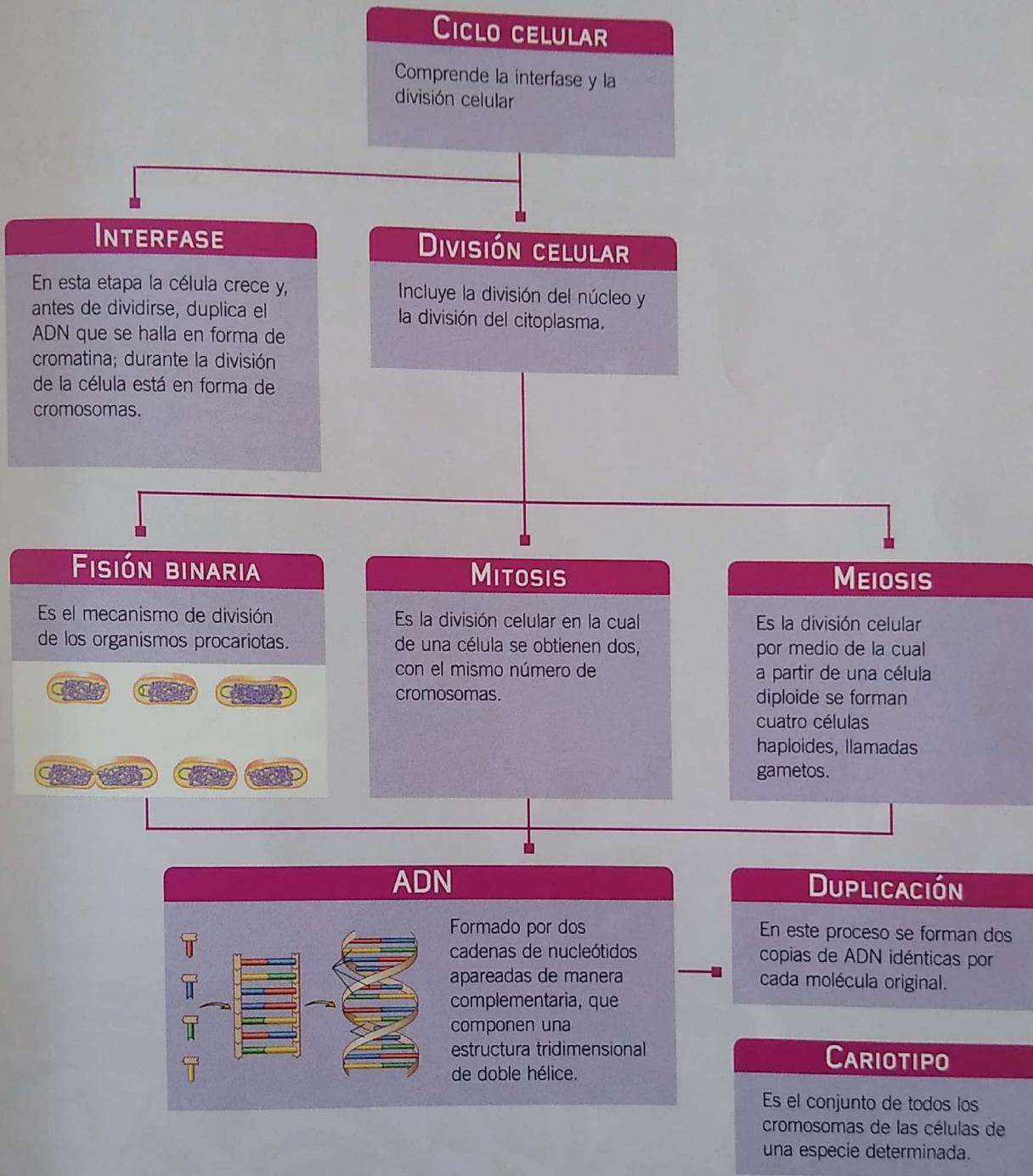
35 Expliquen con sus palabras por qué es fundamental que las moléculas de ADN se dupliquen antes de la división celular.

36 Ordenen los siguientes esquemas según se suceden a lo largo del ciclo celular y escriban el nombre de cada fase:



Material de distribución gratuita.

EN RESUMEN



PARA VOLVER A EMPEZAR

- A menos que se trate de gemelos idénticos, los descendientes de los mismos padres nunca tienen el mismo material hereditario. Relean los temas que consideren necesarios y contesten:
 - ¿Qué origina la variabilidad genética entre los organismos de una especie?
 - ¿Cómo pueden originarse gemelos idénticos?
 - Vuelvan a realizar la consigna de la sección "Con lo que sé" de la página 72. ¿Dónde se halla la información causante del albinismo de los ratones?



LA REPRODUCCIÓN DE LOS SERES VIVOS



Ilustración del libro *Metamorfosis de los insectos del Surinam* (1705), de Maria Sibylla Merian.

La reproducción es la capacidad que tienen los seres vivos de generar descendientes semejantes a ellos. Desde que se originaron los primeros organismos en nuestro planeta, esta función ha asegurado la continuidad de la vida, ya que los que mueren son reemplazados por los que nacen.

PARA ENTRAR EN TEMA

CON LO QUE OBSERVO

El dibujo de la página anterior fue realizado por la naturalista holandesa Maria Sibylla Merian (1647-1717). Botánica, entomóloga y artista, Merian repartió su vida entre la pintura y el estudio de plantas e insectos. Sus investigaciones sobre la **metamorfosis** de mariposas revelaron aspectos hasta entonces desconocidos sobre la reproducción de insectos. Describió los ciclos de vida de 186 especies y acumuló evidencias en contra de la idea aceptada en esos tiempos de que los insectos surgían del barro por *generación espontánea*.

Maria Sibylla Merian fue una investigadora excepcional en una época en la que el estudio de la naturaleza estaba prácticamente vedado a las mujeres.

- Investiguen en Internet acerca de la vida de Maria Sibylla Merian. ¿Por qué creen que en su época la investigación científica era, predominantemente, una labor de varones?
- Escriban en la carpeta una descripción del ciclo de vida representado en la imagen.

CON LO QUE SÉ

Muchas especies de animales presentan diferencias visibles entre machos y hembras. En estos casos, ambos sexos difieren en tamaño, peso, presencia de cuernos y astas, o sus colores.

- ¿Qué nombre reciben estas características? Investiguen en Internet sobre diferentes especies que las manifiesten y realicen un informe breve a partir de la información obtenida.

CON LO QUE DESCUBRO

Las estrategias reproductivas adoptadas por las diferentes especies son muy diversas. Algunas tienen muchos descendientes, pequeños, que reciben poco cuidado de los progenitores. Su supervivencia es baja y son características de ambientes inestables. A estas especies se las llama **selección r** o **estrategas r**, y basan su éxito en producir un gran número de huevos, larvas o juveniles, aunque su mortalidad sea muy elevada.

Otras especies, propias de ambientes estables, tienen pocas crías, grandes, que reciben muchos cuidados por parte de los progenitores y tienen alta probabilidad de sobrevivir. Se denominan **selección K** o **estrategas K**.

Ambos tipos de estrategias son, en realidad, los dos puntos extremos de una gran variedad de adaptaciones. La mayoría de las especies manifiestan características intermedias.

- Con qué estrategia identifican a la especie humana?

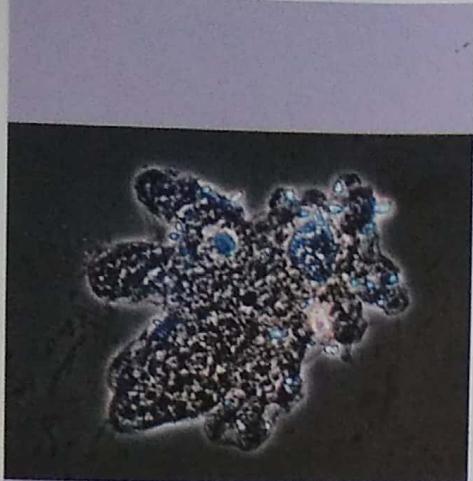


Retrato de Maria Sibylla Merian, realizado por Maler de Bâle.

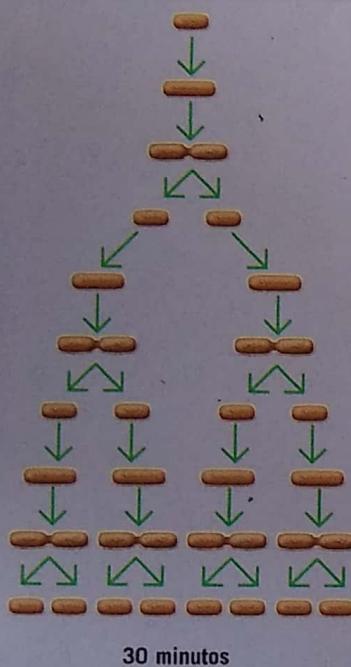


Pareja de leones africanos.

1 FORMAS DE REPRODUCCIÓN



Algunos organismos eucariotas unicelulares, como las amebas, solo se reproducen en forma asexual.



Las bacterias tienen la capacidad de reproducirse en forma muy rápida, cuando las condiciones del ambiente son favorables.

Una de las características más notables de los seres vivos es la capacidad de reproducirse, es decir, de hacer copias más o menos parecidas de sí mismos. La reproducción no es una función indispensable para la supervivencia de un organismo, pero es imprescindible para la perpetuación de la especie a la que pertenece.

Existen dos formas básicas de reproducción: **asexual** y **sexual**. Dentro de cada una de ellas hay, a su vez, diferentes estrategias reproductivas que permiten lograr una mayor eficacia del proceso. Desde la simple división de una bacteria en dos bacterias hijas, hasta los complejos mecanismos reproductivos de los hongos, las plantas y los animales, la reproducción se diversifica en los distintos niveles de organización de la vida.

LA REPRODUCCIÓN ASEXUAL

En la reproducción asexual, a partir de un solo individuo se originan otros, sin la unión de células sexuales masculinas y femeninas (gametos). Por lo tanto, como los descendientes se forman a partir de un único progenitor, tienen las mismas características que él, siempre que no se hayan producido mutaciones. Esta modalidad de reproducción es muy común en los organismos unicelulares; pero existen organismos pluricelulares, como muchas plantas, hongos y también animales, que se pueden reproducir en forma asexual cuando las condiciones del ambiente lo permiten.

VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA REPRODUCCIÓN ASEXUAL

Las principales ventajas de la reproducción asexual son su simplicidad, pues no se producen células sexuales ni es necesario buscar pareja, y la rapidez con que se originan los descendientes. De esta manera, un solo individuo puede dar lugar a un gran número de descendientes en muy poco tiempo, sobre todo en los organismos unicelulares. Así, por ejemplo, en determinadas condiciones, a partir de una sola bacteria se pueden originar 250.000 bacterias hijas en 14 horas.

La principal desventaja de este tipo de reproducción es que no provoca variabilidad genética. Esto significa que la reproducción asexual produce **clones**, es decir, hijos genéticamente idénticos al progenitor. Esto puede ser ventajoso en ciertas circunstancias, como por ejemplo, cuando los organismos se hallan bien adaptados a un ambiente que es estable; pero si este cambia repentinamente, es muy probable que ninguno de los individuos sobreviva.



En ciertas condiciones, los hongos se reproducen asexualmente.

LA REPRODUCCIÓN SEXUAL

La mayor parte de los organismos eucariotas se reproduce sexualmente. En este tipo de reproducción, a diferencia de la asexual, cada hijo se forma a partir de la **unión** de una **célula sexual femenina** con una **célula sexual masculina**. Este proceso se llama fecundación y origina una única célula llamada **célula huevo** o **cigoto**, que es la primera célula del nuevo individuo. A partir del desarrollo de la célula huevo se forma el organismo pluricelular completo.

Las **células sexuales** o **gametos** se originan por **meiosis** y contienen, por lo tanto, la mitad de la información hereditaria que el resto de las células del cuerpo. La unión de los dos gametos, uno de cada progenitor, restablece el número de cromosomas de la especie. Así se forma un hijo que combina el material hereditario aportado por ambos progenitores. La nueva generación es parecida a sus padres, pero no es idéntica a ninguno de ellos.

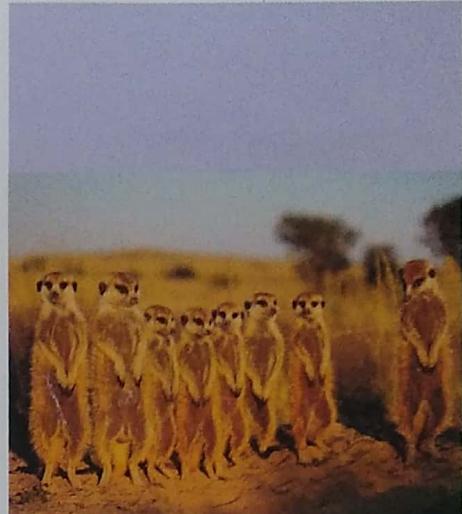
En muchos organismos pluricelulares, los gametos se originan en individuos de diferente sexo: **hembras** y **machos**, según produzcan, respectivamente, gametos femeninos o masculinos. Cuando un mismo individuo produce tanto gametos femeninos como masculinos se llama **hermafrodita**, como ocurre en la mayoría de las plantas con flores y en algunos animales, como los caracoles de jardín y las lombrices de tierra.

VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA REPRODUCCIÓN SEXUAL

La reproducción sexual, si se la compara con la asexual, presenta algunas desventajas como, por ejemplo, el gasto de energía que significa para los organismos la búsqueda y la lucha para conseguir pareja, la menor rapidez en la producción de descendientes y el menor número de individuos que se originan.

Sin embargo, tiene la gran ventaja de generar **variabilidad genética** entre los miembros de una especie. Existen distintos mecanismos por los cuales la reproducción sexual genera variabilidad genética: la separación al azar de los cromosomas homólogos durante la meiosis y la fecundación, que permite la combinación de cromosomas maternos y paternos.

El aumento de la variabilidad genética puede contribuir a que un individuo posea una combinación de caracteres más favorable que la que tenían sus progenitores. Así, en situaciones adversas, la reproducción sexual puede favorecer la adaptación al ambiente. Puede afirmarse que la variabilidad genética que proporciona la reproducción sexual es muy importante para el proceso de evolución de las especies.



En los hijos de los organismos que se reproducen sexualmente se pueden encontrar características de ambos progenitores.

CONOCER MÁS

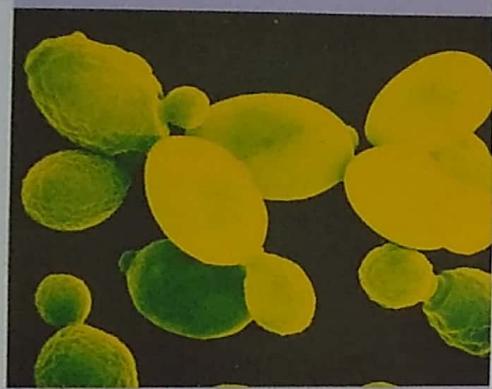
Las **células sexuales** masculinas y femeninas son muy diferentes en cuanto al tamaño, la movilidad y el número en que se producen. Los espermatozoides son células pequeñas con muy poco citoplasma, se desplazan nadando activamente por medio de un largo flagelo y se producen por millones. En cambio, los óvulos son células inmóviles, se generan en menor cantidad y son muy grandes, porque su citoplasma contiene muchas sustancias nutritivas indispensables para el desarrollo del futuro embrión.

ACTIVIDADES

1. Enumeren en un cuadro las ventajas y desventajas de los mecanismos de reproducción sexual y asexual.
2. ¿Por qué la reproducción sexual produce variabilidad genética?
3. ¿Qué significa que un organismo sea hermafrodita?



Fisión binaria en una bacteria.



La gemación es común en las levaduras.



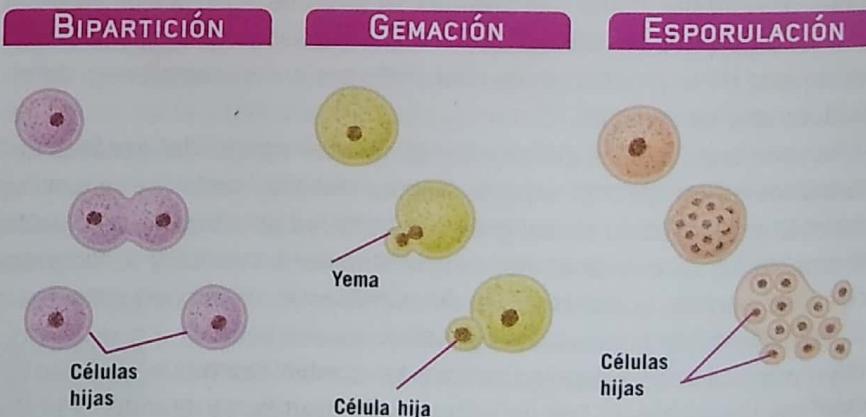
Cuando las gotas de lluvia los golpean, estos hongos liberan miles de esporas que se dispersan.

2 FORMAS DE REPRODUCCIÓN ASEXUAL

LA REPRODUCCIÓN ASEXUAL EN LOS ORGANISMOS UNICELULARES

- Los organismos procariotas, como las bacterias, se reproducen asexualmente por medio de una forma de división simple denominada **fisión binaria**, que significa “partirse en dos”. Al comenzar la división, el ADN de la célula se duplica. Luego, la membrana plasmática se estrangula en el plano medio de la célula progenitora hasta originar dos células hijas, cada una de las cuales posee una copia del material hereditario. De este modo, las dos células hijas originadas por fisión binaria tienen aproximadamente el mismo tamaño y son genéticamente idénticas a la célula original.
- Para muchos organismos eucariotas, la **división celular mitótica** constituye la reproducción asexual. Una variedad de este proceso es la **gemación**, como sucede en las levaduras. En este caso, uno de los dos núcleos originados por la mitosis se desplaza hacia la membrana y forma un brote o yema que se rodea de citoplasma y termina por separarse. El resultado de la gemación son dos células de diferente tamaño.

En algunos protistas, el núcleo se divide varias veces por mitosis, dando lugar a numerosas células idénticas que se liberan al romperse la membrana de la célula original. Esta variante se llama **esporulación** y es común en algunos protozoos parásitos.



LA REPRODUCCIÓN ASEXUAL EN LOS HONGOS

En general, los hongos son capaces de reproducirse tanto asexual como sexualmente. La reproducción asexual se lleva a cabo por la fragmentación de las hifas (filamentos que constituyen el hongo) o por medio de células reproductoras llamadas **esporas**. Estas células se forman en gran número y se distribuyen por todas partes transportadas, por ejemplo, a través del aire o adheridas al cuerpo de los animales. Las esporas, cuando se desarrollan, dan origen a un hongo adulto completo. Lo habitual es que la reproducción asexual por esporas se lleve a cabo cuando las condiciones del ambiente son estables.

LA REPRODUCCIÓN ASEXUAL DE LAS PLANTAS

La **reproducción asexual** o **vegetativa** de la mayoría de las plantas se produce a partir de la modificación de alguno de los tallos o raíces.

Las frutillas y algunos pastos producen **estolones**, tallos horizontales y rastreros que forman plantas nuevas donde los nudos tocan la tierra.

El malvón, el potus y el clavel, entre otras plantas, se reproducen fácilmente por **gajos**. Los gajos son pequeñas ramas con yemas que, enterradas en el suelo, emiten nuevas raíces.

Los **rizomas** son tallos subterráneos que crecen horizontalmente y forman nuevas plantas. Un ejemplo es el bambú, que, a partir de una sola planta, puede dar origen a una plantación.

Los **tubérculos**, como la papa, también son tallos subterráneos cargados de sustancias de reserva. Pueden producir brotes nuevos y raíces a partir de yemas llamadas "ojos". Si se separan los brotes de la planta original, originan nuevas plantas. Los **bulbos**, como los de las cebollas, cebollines y lirios, son tallos cortos con una yema rodeada por hojas con reservas que se consumen durante el invierno.

Algunas raíces, como la batata, producen **yemas** que, separadas de la planta madre, originan nuevos individuos.

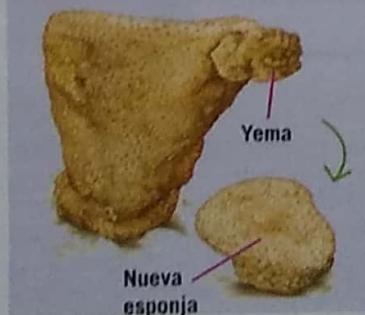
LA REPRODUCCIÓN ASEXUAL EN LOS ANIMALES

Todos los animales se reproducen sexualmente, pero algunos también pueden hacerlo en forma asexual. Las esponjas, las hidras y las anémonas de mar se pueden reproducir por **gemación**. En este caso, los descendientes se forman a partir de brotes o yemas que crecen en el cuerpo del progenitor por medio de divisiones celulares. El brote forma un individuo completo cuando se desprende del progenitor.

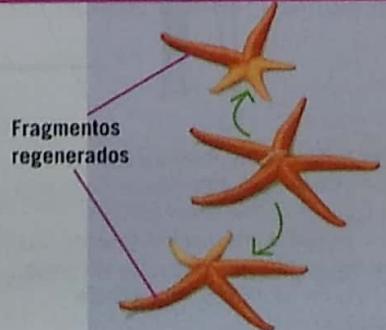
La **regeneración**, habitualmente, es un mecanismo que reemplaza partes dañadas o perdidas. Pero, en algunos casos, se pueden originar animales completos a partir de porciones de un organismo. Por ejemplo, si se fragmenta una estrella de mar, cada trozo que posea una porción del disco central puede formar un nuevo individuo. También las anémonas de mar y las planarias pueden dividirse en dos mitades y regenerar cada una de las mitades que les falta.

Las hembras de algunos animales se pueden reproducir por **parteñogénesis**, proceso en el cual los óvulos se desarrollan y producen adultos sin ser fecundados. Algunos peces, anfibios, insectos y reptiles se reproducen de esta forma.

GEMACIÓN



FRAGMENTACIÓN



Tubérculos
(papa)



Bulbos
(cebolla)



Estolones
(planta de frutilla)

ACTIVIDADES

4. ¿Por qué la reproducción asexual produce clones del progenitor?
5. ¿En qué consiste la gemación de algunos organismos unicelulares, como las levaduras?

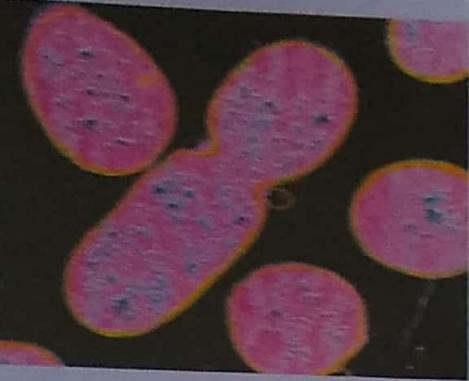
2 FORMAS DE REPRODUCCIÓN ASEXUAL

LA REPRODUCCIÓN ASEXUAL EN LOS ORGANISMOS UNICELULARES

Los organismos procariotas, como las bacterias, se reproducen asexualmente por medio de una forma de división simple denominada **fisión binaria**, que significa "partirse en dos". Al comenzar la división, el ADN de la célula se duplica. Luego, la membrana plasmática se estrangula en el plano medio de la célula progenitora hasta originar dos células hijas, cada una de las cuales posee una copia del material hereditario. De este modo, las dos células hijas originadas por fisión binaria tienen aproximadamente el mismo tamaño y son genéticamente idénticas a la célula original.

Para muchos organismos eucariotas, la **división celular mitótica** constituye la reproducción asexual. Una variedad de este proceso es la **gemación**, como sucede en las levaduras. En este caso, uno de los dos núcleos originados por la mitosis se desplaza hacia la membrana y forma un brote o yema que se rodea de citoplasma y termina por separarse. El resultado de la gemación son dos células de diferente tamaño.

En algunos protistas, el núcleo se divide varias veces por mitosis, dando lugar a numerosas células idénticas que se liberan al romperse la membrana de la célula original. Esta variante se llama **esporulación** y es común en algunos protozoos parásitos.



Fisión binaria en una bacteria.

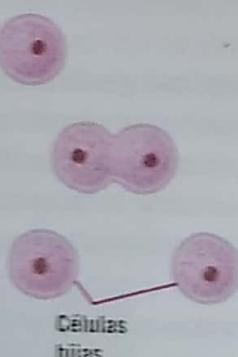


La gemación es común en las levaduras.

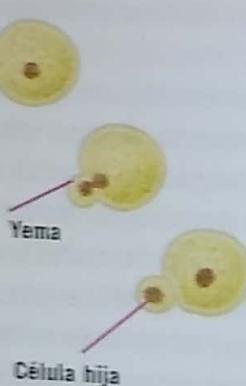


Cuando las gotas de lluvia las golpean, estos hongos liberan miles de esporas que se dispersan.

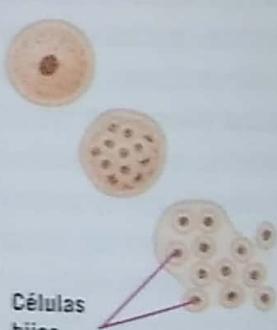
BIPARTICIÓN



GEMACIÓN



ESPORULACIÓN



LA REPRODUCCIÓN ASEXUAL EN LOS HONGOS

En general, los hongos son capaces de reproducirse tanto asexual como sexualmente. La reproducción asexual se lleva a cabo por la fragmentación de las hifas (filamentos que constituyen el hongo) o por medio de células reproductoras llamadas **esporas**. Estas células se forman en gran número y se distribuyen por todas partes transportadas, por ejemplo, a través del aire o adheridas al cuerpo de los animales. Las esporas, cuando se desarrollan, dan origen a un hongo adulto completo. Lo habitual es que la reproducción asexual por esporas se lleve a cabo cuando las condiciones del ambiente son estables.

LA REPRODUCCIÓN ASEXUAL DE LAS PLANTAS

La reproducción asexual o vegetativa de la mayoría de las plantas se produce a partir de la modificación de alguno de los tallos o raíces.

Las frutillas y algunos pastos producen **estolones**, tallos horizontales y rastreros que forman plantas nuevas donde los nudos tocan la tierra.

El malvón, el potus y el clavel, entre otras plantas, se reproducen fácilmente por **gajos**. Los gajos son pequeñas ramas con yemas que, enterradas en el suelo, emiten nuevas raíces.

Los **rizomas** son tallos subterráneos que crecen horizontalmente y forman nuevas plantas. Un ejemplo es el bambú, que, a partir de una sola planta, puede dar origen a una plantación.

Los **tubérculos**, como la papa, también son tallos subterráneos cargados de sustancias de reserva. Pueden producir brotes nuevos y raíces a partir de yemas llamadas "ojos". Si se separan los brotes de la planta original, originan nuevas plantas. Los **bulbos**, como los de las cebollas, cebollines y lirios, son tallos cortos con una yema rodeada por hojas con reservas que se consumen durante el invierno.

Algunas raíces, como la batata, producen **yemas** que, separadas de la planta madre, originan nuevos individuos.

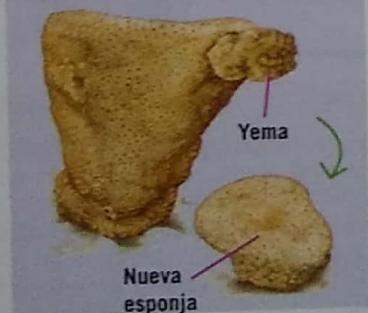
LA REPRODUCCIÓN ASEXUAL EN LOS ANIMALES

Todos los animales se reproducen sexualmente, pero algunos también pueden hacerlo en forma asexual. Las esponjas, las hidras y las anémonas de mar se pueden reproducir por **gemación**. En este caso, los descendientes se forman a partir de brotes o yemas que crecen en el cuerpo del progenitor por medio de divisiones celulares. El brote forma un individuo completo cuando se desprende del progenitor.

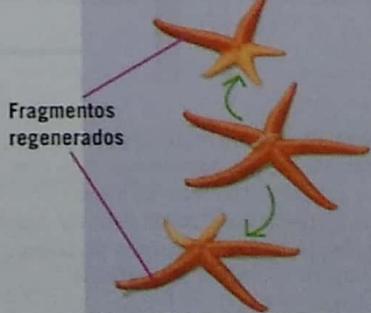
La **regeneración**, habitualmente, es un mecanismo que reemplaza partes dañadas o perdidas. Pero, en algunos casos, se pueden originar animales completos a partir de porciones de un organismo. Por ejemplo, si se fragmenta una estrella de mar, cada trozo que posea una porción del disco central puede formar un nuevo individuo. También las anémonas de mar y las planarias pueden dividirse en dos mitades y regenerar cada una de las mitades que les falta.

Las hembras de algunos animales se pueden reproducir por **parte-nogénesis**, proceso en el cual los óvulos se desarrollan y producen adultos sin ser fecundados. Algunos peces, anfibios, insectos y reptiles se reproducen de esta forma.

GEMACIÓN



FRAGMENTACIÓN



ACTIVIDADES

4. ¿Por qué la reproducción asexual produce clones del progenitor?
5. ¿En qué consiste la gemación de algunos organismos unicelulares, como las levaduras?



Amanca



Notro

Flores de especies nativas de diferentes regiones de Argentina.

CONOCER MÁS

Los óvulos de las plantas.

En las plantas, se llama óvulo a una estructura formada por muchas células. No debe confundirse con el gameto femenino de los animales, que es una célula única y también se llama óvulo.

3 LA REPRODUCCIÓN SEXUAL DE LAS PLANTAS CON FLORES Y FRUTOS

La reproducción asexual suele ser muy eficaz y permite que una planta colonice áreas en las cuales encontró condiciones favorables. Pero, si las condiciones del ambiente cambiaron, las plantas originadas por reproducción asexual, todas genéticamente idénticas a la progenitora, no podrían resistir la nueva situación. Por eso, casi todos los organismos pluricelulares, incluidas las plantas, se reproducen sexualmente. Este tipo de reproducción asegura diversidad entre los individuos de la población y, con ellos, más posibilidades de enfrentar los cambios del ambiente.

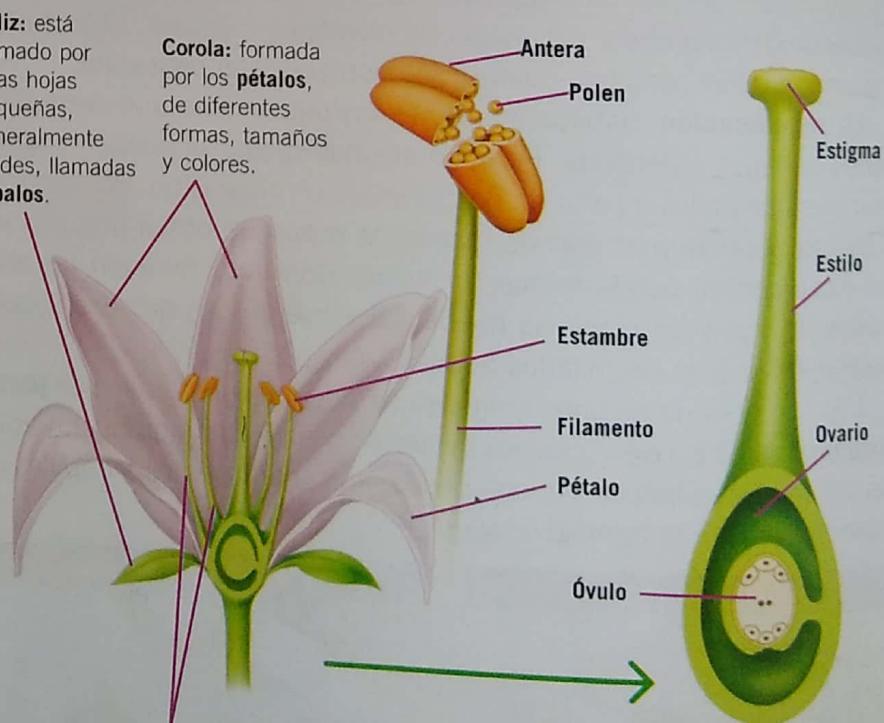
LAS FLORES Y LA REPRODUCCIÓN

Las flores están formadas por hojas modificadas, y son los órganos especializados en la reproducción sexual de las **angiospermas** (plantas con flores y frutos). Las flores de la mayoría de las angiospermas son **hermafroditas**: forman gametos femeninos y masculinos. En el interior de las flores se forman las **semillas**, que quedan contenidas dentro de los **frutos**. Tanto las semillas como los frutos se forman a partir de distintas partes de la flor.

Existe una gran variedad de flores, pero todas tienen, en general, las mismas partes. En una flor completa, de afuera hacia adentro se encuentran el **cáliz**, la **corola**, el **androceo** y el **gineceo**.

Cáliz: está formado por unas hojas pequeñas, generalmente verdes, llamadas **sépalos**.

Corola: formada por los **pétalos**, de diferentes formas, tamaños y colores.



Androceo: es la parte masculina de la flor. Está formado por los **estambres**. Cada uno de ellos posee un **filamento** en cuyo extremo se ubica una "cajita" llamada **antera**. Allí se forman los **granos de polen**, que llevan en su interior los **gametos masculinos**.

Gineceo: es la parte femenina de la flor. Está ubicado en el centro de la flor y tiene forma de pequeña botella. Está formado por el **estigma**, el **estilo** y el **ovario**, en cuyo interior hay uno o más **óvulos**. En el interior de cada óvulo se encuentra el **gameto femenino** o **óosfera**.

LA POLINIZACIÓN

La polinización es el transporte del polen desde la antera de un estambre al estigma del gineceo de la flor. Por lo general, la flor no se poliniza a sí misma: recibe polen de otra planta de la misma especie. Esto se debe a que en la mayoría de las flores la parte masculina y la femenina no maduran al mismo tiempo.

Los granos de polen pueden ser transportados por acción del viento, de los animales o del agua. Casi todas las flores polinizadas por el viento, como las de los pastos, pasan inadvertidas y no tienen perfume. En cambio, las flores polinizadas por animales tienen vistosos colores y olores característicos.

■ **Polinización por el viento.** Las anteras liberan grandes cantidades de granos de polen. Las flores suelen ser poco vistosas y los estambres pueden colgar por fuera de la flor.

■ **Polinización por insectos.** A través de este mecanismo el polen es transportado de una flor a otra. Las abejas, por ejemplo, se introducen en la flor para llegar al néctar que se acumula en el fondo de esta, al hacerlo frotan su cuerpo en las anteras y el polen queda en la superficie de sus cuerpos. Al ir a otra flor depositan el polen en el estigma.

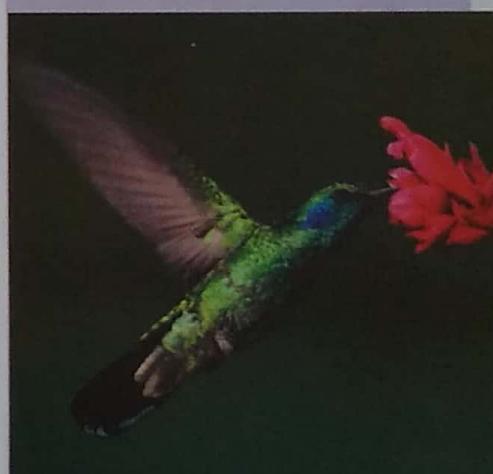
Las flores de algunas orquídeas imitan el olor y la forma de las avispas hembras. Los machos que se posan sobre ellas e intentan aparearse, transportan el polen al repetir el intento con otras orquídeas.

■ **Polinización por vertebrados.** Muchos murciélagos de las selvas tropicales se alimentan del néctar introduciendo su larga lengua hasta el fondo de la flor. De esta manera la cabeza y la trompa tocan las anteras o los estigmas, o ambos, polinizando así las flores.

Las flores polinizadas por colibríes tienen tubos profundos llenos de néctar. El colibrí permanece volando suspendido ante la flor, y con sus largos pico y lengua absorbe el néctar.



Abeja polinizadora.



Colibrí.

COEVOLUCIÓN ENTRE PLANTAS Y POLINIZADORES

La coevolución es la evolución que se produce en dos especies que interactúan intensamente entre sí, de manera tal que ejercen presiones ambientales una sobre otra. Las flores polinizadas por animales “deben” atraer a polinizadores útiles y a su vez alejar a otros que podrían alimentarse de ellas, pero sin fecundar la flor. Al mismo tiempo, los animales tuvieron que localizar flores rápidamente y reconocer a las que ofrecen una nutrición adecuada, ya sea polen o néctar.

Las formas, colores y olores de las flores polinizadas por animales, así como las características de sus polinizadores, son un ejemplo de coevolución.

ACTIVIDADES

6. ¿Cuáles son las partes masculina y femenina de una flor?
7. ¿A qué se llama polinización? Citen tipos y ejemplos.
8. Busquen información sobre otros ejemplos de coevolución referidos a la polinización.

4

LA FECUNDACIÓN EN LAS ANGIOSPERMAS

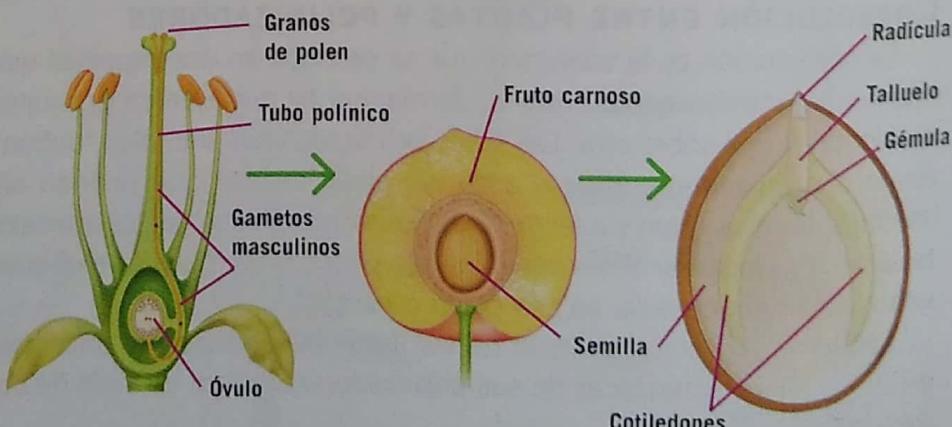
Cada grano de polen, cuando llega al estigma de la flor, origina una prolongación llamada **tubo polínico**, que atraviesa el estilo hasta llegar a un óvulo del ovario. Dentro del tubo se encuentran dos **gametos masculinos**. En el interior del óvulo, el tubo polínico se abre y libera a los dos gametos masculinos. Uno de ellos se une con la **óösfera**. Este proceso se llama **fecundación** y origina un **cigoto** que, al desarrollarse, formará el **embrión**. El resto del óvulo y el otro gameto masculino originan el **endosperma**, formado por sustancias de reserva que sirven de alimento al embrión durante su desarrollo.

El embrión y el endosperma forman la **semilla**, protegida por un tegumento. El embrión es una plantita en miniatura que se encuentra en estado latente o de reposo. Está formado por una pequeña raíz (la **radícula**), un tallo corto (el **talluelo**) con una pequeña yema (la **gémula**) y uno o dos **cotiledones** (hojas de la semilla), que son las primeras hojas.

EL FRUTO

Las paredes del ovario, después de la fecundación, acumulan sustancias nutritivas y se transforman en el **fruto**, que contiene a las semillas. Los frutos pueden ser **carnosos** o **secos**. Los carnosos son, por ejemplo, la naranja, el durazno, el pepino, el ají, la palta y otros. Los frutos secos son aquellos en los que las paredes del ovario se secan al madurar; el fruto de las samaras y los "panaderos", que llevan una corona de "pelos".

En algunas plantas, una parte de la flor llamada receptáculo interviene en la formación del fruto. Esto sucede en las manzanas, las peras y los membrillos, en los cuales el receptáculo de la flor se desarrolla formando la parte carnosa, que es comestible y encierra al resto del fruto.



Después de la fecundación, el ovario se transforma en el fruto, que protege a las semillas.



Arveja



Olivo



Naranja

LA DISPERSIÓN DE FRUTOS Y SEMILLAS

Cuanto mayor sea la distancia a la cual se dispersan las semillas, mayor será también el éxito de una planta, dado que evitan la competencia por recursos entre padres e hijos. En las plantas con flores, los frutos participan directamente en la dispersión de las semillas. Con ellos colaboran, como en la polinización, el viento, los animales y el agua.

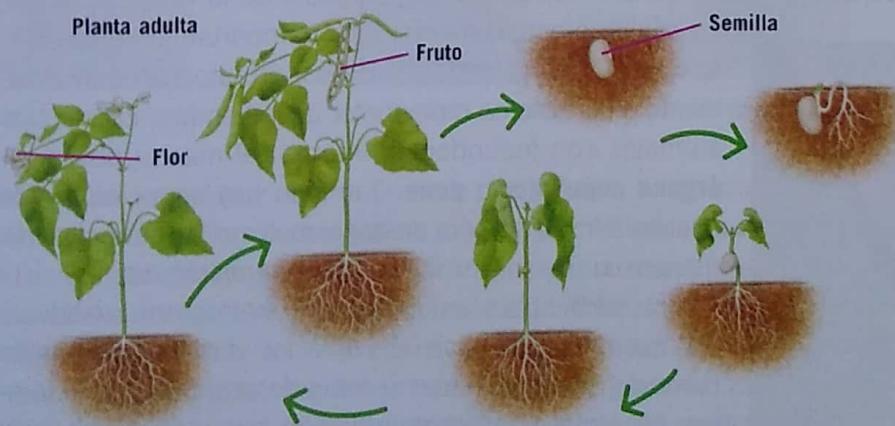
Los frutos de los cardos y del diente de león, que tienen prolongaciones parecidas a pelos, y los de la tipa, el arce y el fresno, que tienen una prolongación con forma de ala, se dispersan impulsados por el viento y llegan a lugares alejados de la planta madre.

Existen frutos que utilizan a los animales para diseminar sus semillas. Por ejemplo, algunos poseen prolongaciones parecidas a ganchitos que se adhieren al pelaje y así son transportados a medida que los animales se mueven.

Los frutos comestibles presentan colores, aromas y sabores que atraen a los animales, especialmente a las aves y mamíferos que se alimentan de ellos. Las semillas se dispersan al ser expulsadas junto a los excrementos y germinan donde han caído.

LA GERMINACIÓN DE LAS SEMILLAS

Las semillas germinan cuando encuentran las condiciones adecuadas de temperatura, humedad y provisión de oxígeno. El pequeño embrión, que se encontraba en estado de latencia, absorbe agua, razón por la cual se hincha y rompe el tegumento. Las sustancias de almacenamiento son utilizadas para el crecimiento del embrión durante la germinación. La radícula se alarga y origina la raíz. El talluelo también crece, se alarga y brota sobre la superficie del suelo. En el extremo del talluelo se observa la gémula con las primeras hojitas verdaderas de la planta.



ACTIVIDADES

9. Confeccionen un mapa conceptual sobre las diferentes formas de dispersión de frutos presentadas en esta página. Para hacerlo, pueden consultar la sección "Elaboración y uso de mapas conceptuales" del dossier.
10. ¿Cómo se forman las semillas?
11. ¿Qué parte de la flor se transforma en fruto?



Semillas y frutos con prolongaciones en forma de ala, lo que facilita su dispersión por el viento.



Los cocoteros tienen un fruto con aire en su interior. Esta característica le permite flotar en el agua y dispersarse.



Algunos frutos desarrollan colores vistosos para atraer animales.

5 LA REPRODUCCIÓN SEXUAL EN LOS ANIMALES

Aunque los animales presentan una gran variedad de estrategias reproductivas, casi todos pueden reproducirse sexualmente.

Todos los animales vertebrados y muchos invertebrados presentan **sexos separados**; es decir que, en dichas especies, existen machos y hembras. Algunos invertebrados, como los caracoles de jardín y las lombrices de tierra, son hermafroditas. Las gónadas masculinas se llaman **testículos** y las femeninas son los **ovarios**. Muchas veces existe **dimorfismo sexual** entre los machos y hembras, es decir, diferencias externas como el tamaño y la coloración, entre otras características.

LA FECUNDACIÓN

La fecundación es la unión de un óvulo con un espermatozoide y depende de la movilidad de los animales y del medio (acuático o terrestre) en el que se lleva a cabo.

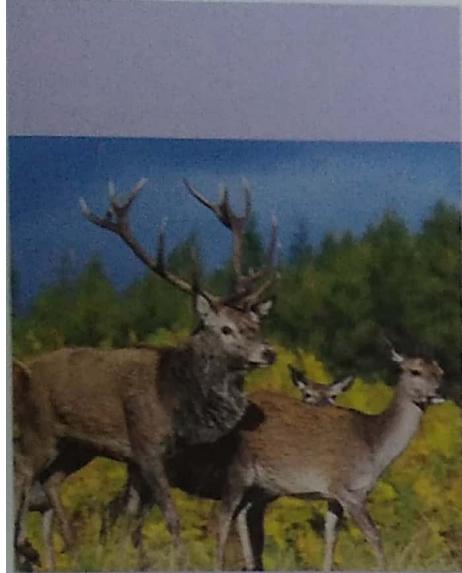
En la **fecundación externa** la unión del espermatozoide y el óvulo se produce fuera del cuerpo de la hembra, generalmente en el agua. Los animales con este tipo de fecundación liberan los gametos en el agua, y los espermatozoides nadan hasta llegar a los óvulos. En los animales que tienen fecundación externa existen diferentes mecanismos, como señales de distinto tipo y comportamientos reproductivos, que permiten sincronizar la liberación de los gametos. Los peces óseos, los anfibios, los mejillones, las medusas, las esponjas, las estrellas de mar y los corales, entre otros, tienen fecundación externa.

En la **fecundación interna** la unión de los gametos se produce en el interior del cuerpo materno. Este tipo de fecundación, por lo general, se realiza por medio de la unión sexual del macho y de la hembra, llamada **cópula** o **acoplamiento**. Este comportamiento posibilita que el macho deposite los espermatozoides directamente en el sistema reproductor de la hembra. En muchos animales con fecundación interna, el macho posee un **órgano copulador** o **pene**. También hay especies en las cuales la transferencia de espermatozoides se realiza de manera indirecta por medio de **espermátóforos**.

Tras el acoplamiento, los espermatozoides introducidos por el macho ascienden por las vías genitales de la hembra hasta encontrar un óvulo desprendido por el ovario. Allí tiene lugar la fecundación que origina la célula hueva.

La fecundación interna, en muchas especies de animales, está precedida por el **cortejo**, que facilita el acercamiento entre el macho y la hembra.

Los mamíferos, las aves, los reptiles, los insectos, los arácnidos y los peces cartilaginosos son algunos ejemplos de animales que tienen fecundación interna.



En algunas especies, el dimorfismo sexual es muy marcado.



Casi todos los peces muestran rituales de cortejo que posibilitan que el macho y la hembra se acerquen y liberen sus gametos en el mismo lugar y al mismo tiempo.



Durante la cópula, los machos transmiten sus gametos a las hembras y se produce la fecundación.

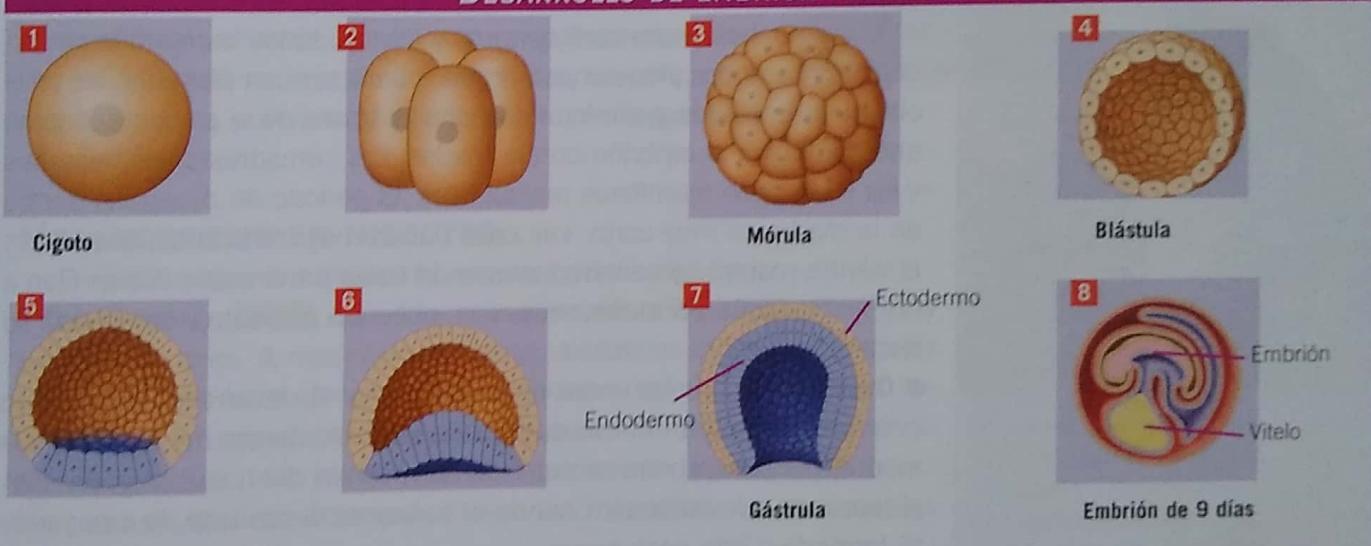
EL DESARROLLO EMBRIONARIO DE LOS ANIMALES

¿De qué manera las estructuras complejas que posee un animal adulto se desarrollan a partir de una única célula? A pesar de los avances en las investigaciones que se realizan en este campo de la biología, los científicos que estudian el desarrollo de los animales tienen todavía muchas preguntas sin respuestas. Es que la transformación de una sola célula, el cigoto, en un organismo complejo formado por muchas células que se parece mucho a sus padres, es un proceso asombroso.

El desarrollo embrionario comprende todos los cambios que sufre el cigoto hasta el nacimiento. Pero el desarrollo no se detiene al nacer, ya que los animales siguen cambiando durante toda su vida: continúan creciendo, alcanzan la madurez sexual cuando se pueden reproducir, luego envejecen y finalmente mueren.

Los primeros estadios del desarrollo ocurren durante la vida embrionaria, en la que se forman casi todos los órganos que estarán presentes en el adulto. Estos son los principales acontecimientos que se producen durante las primeras etapas del desarrollo embrionario:

DESARROLLO DE EMBRÍON ANIMAL



- El cigoto se divide y origina primero dos células, luego cuatro, ocho y así hasta que se forma una esfera maciza de células llamada **mórula**.
- Las células de la mórula se desplazan hacia su superficie, formando una esfera hueca llena de líquido llamada **blástula**.
- Algunas células de la blástula se mueven hacia adentro, formando una especie de saco con una doble pared llamada **gástrula**. La capa embrionaria externa se denomina **ectodermo** y la interna, **endodermo**.
- Entre el ectodermo y el endodermo se genera, en la mayoría de los animales, una tercera capa o **mesodermo**. A partir de estas tres capas embrionarias se originan todos los tejidos y órganos de los individuos adultos; el ectodermo da lugar a la epidermis y los tejidos del sistema nervioso; el endodermo da origen a los órganos del tubo digestivo, y del mesodermo provienen, entre otros, los tejidos de muchos órganos, como los músculos, el hígado, el corazón y los vasos sanguíneos.

ACTIVIDADES

12. ¿En qué se diferencian los animales hermafroditas de los que presentan sexos separados?
13. ¿Qué es el dimorfismo sexual? Mencionen, al menos, tres ejemplos.
14. ¿Qué tipos de fecundación existen en los animales?
15. ¿Cuáles son las primeras etapas del desarrollo embrionario de los animales? Expliquen brevemente cada una de ellas.

6 TIPOS DE DESARROLLO

Los animales se pueden agrupar en **ovíparos**, **vivíparos** y **ovovivíparos**, teniendo en cuenta el cuidado y la nutrición del embrión en desarrollo.

■ **Ovíparos.** En estos animales, el desarrollo embrionario se lleva a cabo dentro de un huevo que se deposita fuera del cuerpo de la madre. Este tipo de desarrollo es posible porque los huevos poseen abundantes reservas que permiten nutrir al embrión durante su desarrollo. Ocurre en animales de fecundación externa, como la mayoría de los peces óseos y los anfibios. La hembra libera los óvulos en el agua y el macho deposita los espermatozoides sobre ellos. El cigoto, que se forma luego de la fecundación, sigue su desarrollo en el medio externo hasta formar un nuevo individuo. También son ovíparos algunos animales terrestres de fecundación interna, como muchos reptiles, las aves, los insectos y las arañas. Estos huevos depositados en el medio terrestre poseen membranas y cáscaras impermeables que los protegen de la desecación. Los únicos mamíferos ovíparos son los ornitorrincos y los equidnas.

■ **Vivíparos.** Estos animales tienen fecundación interna y retienen al embrión dentro del cuerpo de la madre, que nutre al embrión. Este es el caso de muchos peces cartilaginosos y de casi todos los mamíferos (excepto ornitorrincos y equidnas). En los mamíferos con placenta, las crías obtienen nutrientes y eliminan desechos a través de la placenta, órgano que comunica al embrión con la madre. Las comadrejas, los canguros y los koalas son mamíferos marsupiales. El período de desarrollo dentro de la madre es muy corto. Las crías nacen muy inmaduras, trepan por el vientre materno y se introducen en la bolsa o marsupio. Allí se fijan a un pezón de las glándulas mamarias, obtienen alimento y completan su desarrollo.

■ **Ovovivíparos.** La fecundación es interna y el desarrollo embrionario ocurre dentro de un huevo que queda retenido dentro del cuerpo de la madre, pero el embrión se nutre de las reservas del huevo. Algunas serpientes son ovovivíparas. Cuando el huevo es depositado, la cría ya está formada y lista para nacer.



Los lagartos, como la mayoría de los reptiles, son animales ovíparos.



Los canguros no tienen una placenta desarrollada, y las diminutas crías terminan de formarse en el interior del marsupio.



Los insectos, las arañas y otros invertebrados tienen fecundación interna y son ovíparos.



Los peces óseos son ovíparos y de fecundación externa.

DESARROLLO DIRECTO E INDIRECTO

En los animales, el desarrollo del recién nacido hasta formar un individuo adulto puede ser directo o indirecto.

En el **desarrollo indirecto**, las crías son diferentes a los adultos y se denominan **larvas**. Una serie de transformaciones, llamadas **metamorfosis**, convierten a la larva en un adulto sexualmente maduro. Este desarrollo ocurre en los anfibios, los insectos y los equinodermos.

Los mamíferos, las aves, los reptiles, los peces y algunos invertebrados tienen **desarrollo directo**. Las crías son versiones en pequeña escala, pero sexualmente inmaduras, del adulto. Durante el desarrollo, el animal puede crecer mucho, pero, básicamente, no cambia la forma de su cuerpo. Cuando los órganos sexuales maduran, el individuo alcanza el estado adulto con capacidad para reproducirse.

METAMORFOSIS EN ANFIBIOS

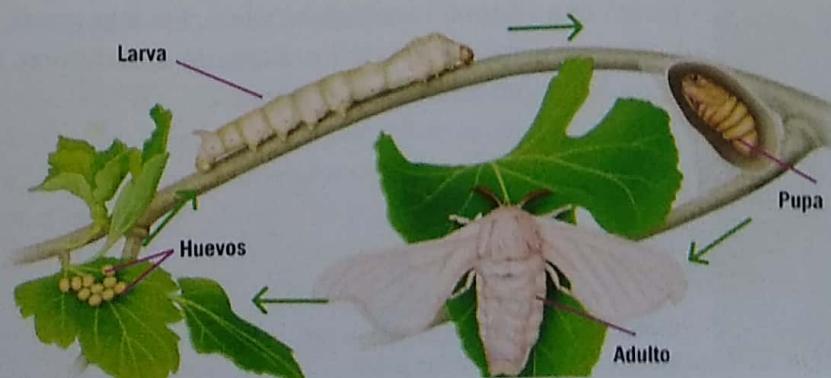
Los anfibios, como las ranas, son animales ovíparos. De los huevos depositados en el agua nacen los **renacuajos**, larvas de vida acuática, con una cola desarrollada y sin patas, que respiran por branquias y generalmente son herbívoros. Tras profundos cambios durante la metamorfosis, se desarrollan como adultos con patas, sin cola, que respiran por los pulmones y la piel, y que, por lo general, son carnívoros.

METAMORFOSIS EN INSECTOS

En los insectos la metamorfosis puede ser de dos tipos:

■ **Completa.** Las **larvas**, que son muy diferentes a los adultos, son muy activas y voraces. A medida que crecen, **mudan** su exoesqueleto varias veces. Luego la larva se convierte en una forma que no se alimenta, llamada **pupa**: el animal queda encerrado dentro de un capullo y cuando sale ya es adulto, con alas y maduro sexualmente. Ejemplos de insectos con este tipo de metamorfosis son las mariposas, las moscas, las abejas y los mosquitos.

■ **Parcial o gradual.** Las larvas, que se denominan **ninfas**, tienen algún parecido con los adultos, pero las alas y los órganos reproductores no están desarrollados. A través de sucesivas mudas crecen y desarrollan las alas gradualmente. La metamorfosis parcial es característica de las cucarachas, las langostas y las libélulas.



Los elefantes, al igual que todos los mamíferos, poseen desarrollo directo.

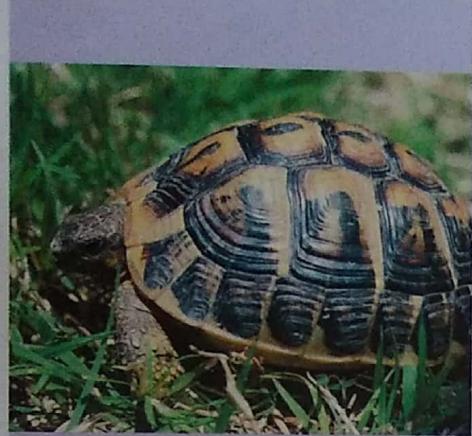
CONOCER MÁS

Larvas. En la mayoría de los insectos, es habitual que la larva viva en condiciones diferentes que el animal adulto. El ejemplo más conocido es el de las mariposas, cuyas larvas, llamadas orugas, consumen alimentos sólidos (hojas de diversas plantas) con su aparato bucal masticador, mientras que los adultos chupan jugos de las flores.

ACTIVIDADES

16. ¿Todos los animales con fecundación externa son ovíparos? ¿Por qué?

17. ¿En qué se diferencia el desarrollo directo del indirecto?



Los reptiles no incuban sus huevos.



En los hipocampos, el cuidado parental recae en los machos.



Las aves reparten el cuidado de los pichones entre machos y hembras.



En los mamíferos suelen ser las hembras quienes proporcionan los cuidados cuidados a las crías.

7 ESTRATEGIAS REPRODUCTIVAS

El comportamiento social es una característica habitual de la vida animal. Los sistemas sociales de los animales son resultado de largos períodos de evolución. Tienen su origen en las relaciones que establecen los padres con sus descendientes.

El **cuidado de las crías** o **cuidado parental** refleja la adopción de diversas **estrategias reproductivas**. Los **estrategas r**, por ejemplo, producen una gran cantidad de huevos, de los cuales una proporción pequeña alcanza la adultez. En tanto que, los **estrategas k**, tienen pocas crías que poseen mayores posibilidades de supervivencia. Las especies que manifiestan una estrategia r, por lo general, invierten poco tiempo y recursos en el cuidado de sus crías. Los estrategas K dedican mucho esfuerzo en atender a su descendencia.

- En los mamíferos, son las hembras las que, por lo general, se dedican al cuidado de las crías. Esto está relacionado con que son ellas las únicas que producen leche para alimentar a los recién nacidos. En las especies de mamíferos cuya descendencia requiere un largo período de cuidados, las crías más grandes todavía están presentes cuando nace la nueva generación y con frecuencia colaboran en la crianza de los hermanos. Es común que las crías hembras permanezcan en el grupo donde han nacido. En cambio, los machos tienden a irse o son alejados y deben buscar nuevos grupos sociales.
- Los insectos, en su gran mayoría, no cuidan a sus crías: después de depositar los huevos se desentienden de ellos. En cambio, los insectos sociales, como las abejas y las hormigas, forman sociedades muy organizadas en las cuales las obreras se encargan de alimentar a las larvas.
- En los peces óseos, el número de huevos de la puesta es muy grande. En muchas especies, los machos son los encargados del cuidado de los huevos y de las crías de los predadores. Un caso excepcional es el caballito de mar: el macho tiene una bolsa incubadora donde la hembra deposita los óvulos. El macho los fecunda y retiene los huevos hasta que se desarrollan las crías.
- Los reptiles no incuban sus huevos, pero algunas especies realizan la puesta en sitios soleados y otras, como los cocodrilos, los vigilan. Las serpientes, en cambio, mantienen los huevos en el interior de su cuerpo: son ovovíparas.
- Los huevos de las aves, como los de los reptiles, contienen una enorme cantidad de vitelo. En este grupo, el cuidado y alimentación de los pichones casi siempre es compartido por ambos progenitores.

CIENCIA, TECNOLOGÍA Y SOCIEDAD



LA CLONACIÓN DE ANIMALES

La clonación es un proceso que ocurre naturalmente en muchos organismos, como bacterias, plantas, invertebrados y ciertos vertebrados, cuando se reproducen en forma asexual. En el lenguaje científico, la clonación es un método que permite desarrollar un animal o una planta a partir de una célula somática; es decir, una célula proveniente de diferentes tejidos del organismo. Un clon es genéticamente idéntico al organismo del cual proviene.

La clonación de animales experimentó un cambio revolucionario a fines de la década de 1990, cuando Ian Wilmut y otros científicos escoceses obtuvieron el primer mamífero clonado artificialmente: la oveja Dolly.

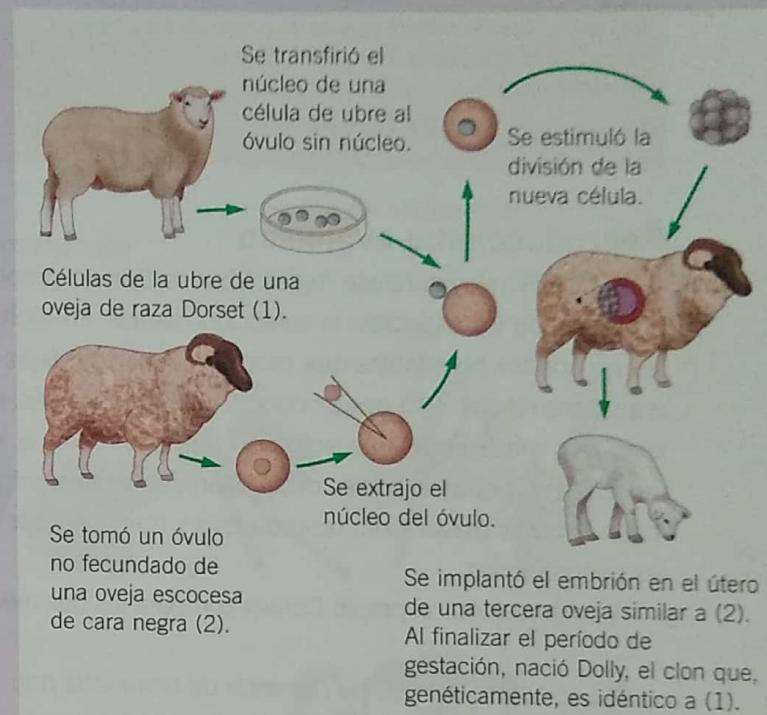
Poco tiempo después, la clonación de mamíferos fue posible en nuestro país: el 6 de agosto de 2002 nació Pampa, la primera ternera clonada en la Argentina. Para la clonación de Pampa se utilizó el núcleo de una célula de un feto de raza Jersey y un óvulo sin núcleo de una vaca de raza Aberdeen Angus. El embrión obtenido fue implantado en el útero de otra vaca, también de raza Aberdeen Angus, donde se completó el desarrollo de la ternera durante 278 días.

CLONACIÓN Y ÉTICA

Las aplicaciones de la clonación están relacionadas con la medicina, la producción ganadera, la investigación e, incluso, la ecología. Diferentes técnicas son utilizadas para clonar:

- **Animales que presentan alguna característica que interesa preservar.** Por ejemplo, animales con un alto rendimiento en la producción de leche o de carne o que se hayan modificado genéticamente, los llamados *animales transgénicos*.
- **Animales de laboratorio** que puedan servir para estudiar enfermedades.
- **Animales en peligro de extinción.** De hecho, se investiga la clonación de animales ya extinguidos.

Es probable que la clonación de la especie humana con fines reproductivos sea realizable desde el punto de vista técnico. Sin embargo, la clonación de seres humanos está expresamente prohibida por las leyes de muchos países.



En el experimento de clonación de Dolly se utilizaron 430 óvulos, aunque solo en 270 de ellos se consiguió incorporar con éxito el núcleo de las células de ubre. Al final, Dolly fue la única cordera que llegó a nacer.

PARA PENSAR Y CONVERSAR

18. Relean el procedimiento de clonación de Pampa y deduzcan cuál es su raza (Aberdeen Angus o Jersey).
19. Investiguén en Internet sobre los beneficios y perjuicios de la técnica. Para hacerlo, lean la sección "Buscar información en Internet" del dossier.

UN PASEO POR LOS TEXTOS

MIENTRAS TANTO

1859

Inglaterra. Charles Darwin publica *El origen de las especies*. Alemania. El compositor alemán Richard Wagner estrena la ópera *Tristán e Isolda*.

1862

Argentina. Bartolomé Mitre asume la presidencia.

1866

Alemania. Ernst Haeckel introduce el término "ecología".

Reproducción y evolución

En 1859, el naturalista inglés Charles Darwin propuso un mecanismo que explicaba la evolución de las especies: la selección natural. En dicha teoría, Darwin postuló que diferentes variedades heredables que proporcionaban ventajas en la supervivencia de los individuos eran transmitidas a su descendencia. Tiempo después, el científico describió la selección sexual, otro mecanismo que actúa en forma conjunta a la selección natural. A través de ese mecanismo, ciertas especies desarrollan comportamientos y características físicas que les permiten adquirir mayor éxito reproductivo y transmitir sus caracteres hereditarios a las siguientes generaciones.

A continuación, el propio Darwin compara los dos mecanismos evolutivos por él descriptos:

[La selección sexual] no depende de una lucha por la existencia sino de una lucha entre los machos por la posesión de las hembras; el resultado no es la muerte del competidor que no ha tenido éxito, sino el tener poca o ninguna descendencia. La selección sexual es, por lo tanto, menos rigurosa que la selección natural. Generalmente, los machos más vigorosos, aquellos que están mejor adaptados a los lugares que ocupan en la naturaleza, dejarán mayor progenie.

[...] se ha descripto que los cocodrilos riñen, rugen y giran alrededor [...] por la posesión de las hembras. [...] Fabre ha visto muchas veces los machos de ciertos insectos himenópteros riñendo por una hembra determinada que está posada al lado, espectador en apariencia indiferente de la lucha, la cual se retira después con el vencedor.

Entre las aves, la pugna es habitualmente de ca-

rácter más pacífico. [...] El tordo rupestre de Guayana, las aves del paraíso y algunas otras se congregan, y los machos, sucesivamente, despliegan sus magníficos plumajes y realizan extraños movimientos ante las hembras que, ubicadas como espectadoras, eligen finalmente el compañero más atractivo.

[...] Así es que, a mi parecer, cuando los machos y las hembras tienen las mismas costumbres generales, pero difieren en conformación, color o adorno, estas diferencias han sido producidas principalmente por selección sexual, es decir: mediante individuos machos que han tenido en generaciones sucesivas alguna ligera ventaja sobre otros machos, en sus armas, medios de defensa o encantos, que han transmitido a su descendencia masculina solamente.

Charles Darwin, 1859,
en su libro *El origen de las especies*.

ACTIVIDADES

20. Leer y comprender.

- a. Lean el texto y subrayen las palabras desconocidas; luego busquen sus definiciones en el diccionario y rescríbanlas en la carpeta.

- b. Busquen en el texto las palabras relacionadas con los siguientes términos: *rigor*, *vigor*, *progenie* y *pugna*. Reescriban las oraciones en las que figuran utilizando un sinónimo hallado en el diccionario.

EN EL LABORATORIO

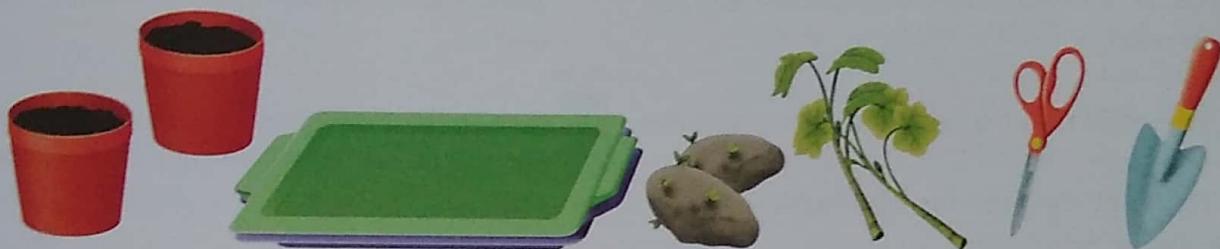
Reproducción asexual en las plantas

Diferentes mecanismos de reproducción asexual son utilizados en el cultivo de especies vegetales de interés económico. Muchas plantas ornamentales, como el malvón y el clavel, se reproducen a través de gajos en viveros y jardines. Separados de la planta madre, y en condiciones adecuadas, los gajos emiten nuevas raíces y se desarrollan hasta llegar a adultas. Las yemas de las papas, llamadas "ojos", también desarrollan raíces que pueden originar nuevas plantas.

A través de las siguientes experiencias provocarán la reproducción asexual de plantas a partir gajos y yemas.

MATERIALES

- Macetas y tierra.
- Bandejas.
- Papas con brotes y gajos de plantas (por ejemplo, de malvón, potus, lazo de amor o de clavel).
- Tijera.
- Palita de jardinería.



PROCEDIMIENTO

EXPERIENCIA A

PASO 1. Coloquen los gajos en un recipiente con agua hasta que observen la aparición de las primeras raíces.

PASO 2. Planten las nuevas plantitas en macetas con tierra.

PASO 3. Apoyen cada maceta sobre una bandeja y ubíquenlas en un lugar iluminado. Riegue siempre las bandejas con un poco de agua para que la tierra de las macetas se mantenga húmeda.



EXPERIENCIA B

PASO 1. Separen los brotes de la papa y corten cada uno de ellos con un pedacito de papa para evitar que se rompa.

PASO 2. Planten los brotes en una maceta con tierra.

PASO 3. Repitan el paso 3 de la **Experiencia A**.

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

21. Observen los cambios ocurridos en las macetas cada 7 días y registren sus observaciones en una tabla.

22. Las plantas que se obtendrán a partir de los gajos y del tubérculo, ¿se parecerán a la planta original o serán idénticas a ella? ¿Por qué? ¿Qué ocurre en el caso de las plantas desarrolladas a partir de semillas?

23. Investiguen en Internet sobre las principales especies vegetales de interés económico en la Argentina. Averigüen de qué forma se reproducen. Para hacerlo, pueden consultar la sección "Buscar información en Internet" del dossier.

ACTIVIDADES

24 Un centímetro cúbico de leche fresca contiene 9.000 bacterias. Una hora después, estas ya llegan a 30.000. Nueve horas más tarde contiene ya 120.000, y al cabo de un día, cinco millones de bacterias.

- a) ¿Cómo se reproducen las bacterias?
- b) ¿Cómo se explica el aumento tan rápido en su número?
- c) La velocidad de multiplicación de las bacterias disminuye a bajas temperaturas. ¿Qué aplicación tiene este hecho en la conservación de los alimentos?

25 ¿Por qué la partenogénesis es una forma de reproducción asexual? ¿Cuáles son sus ventajas y desventajas?

26 Ordenen, según una secuencia temporal, las siguientes palabras:

Dispersión - fecundación - fruto - germinación - flor - semilla - polinización.

27 ¿Por qué es más eficaz la polinización realizada por animales que la efectuada por el viento?

28 Completen las referencias del esquema utilizando los siguientes términos: cálix, corola, androceo, estambre, filamento, antera, granos de polen, gineceo, estigma, estilo, ovario, óvulos.



29 En el caso de los organismos hermafroditas, los gametos que se unen pueden proceder de un solo organismo que se fecunda a sí mismo (autofecundación). No obstante, siempre que sea posible, los organismos evitan esta situación y tienden a fecundarse dos individuos distintos (fecundación cruzada). Esto ocurre cuando dos individuos hermafroditas, como los caracoles de jardín, se fecundan mutuamente.

- a) ¿Es conveniente para la especie evitar que los individuos se autofecunden? Justifiquen su respuesta.
- b) ¿Puede existir dimorfismo sexual en aquellas especies cuyos organismos son hermafroditas? ¿Por qué?

30 Busquen ejemplos de insectos cuyas larvas tengan alimentación y hábitat diferentes a los del animal adulto.

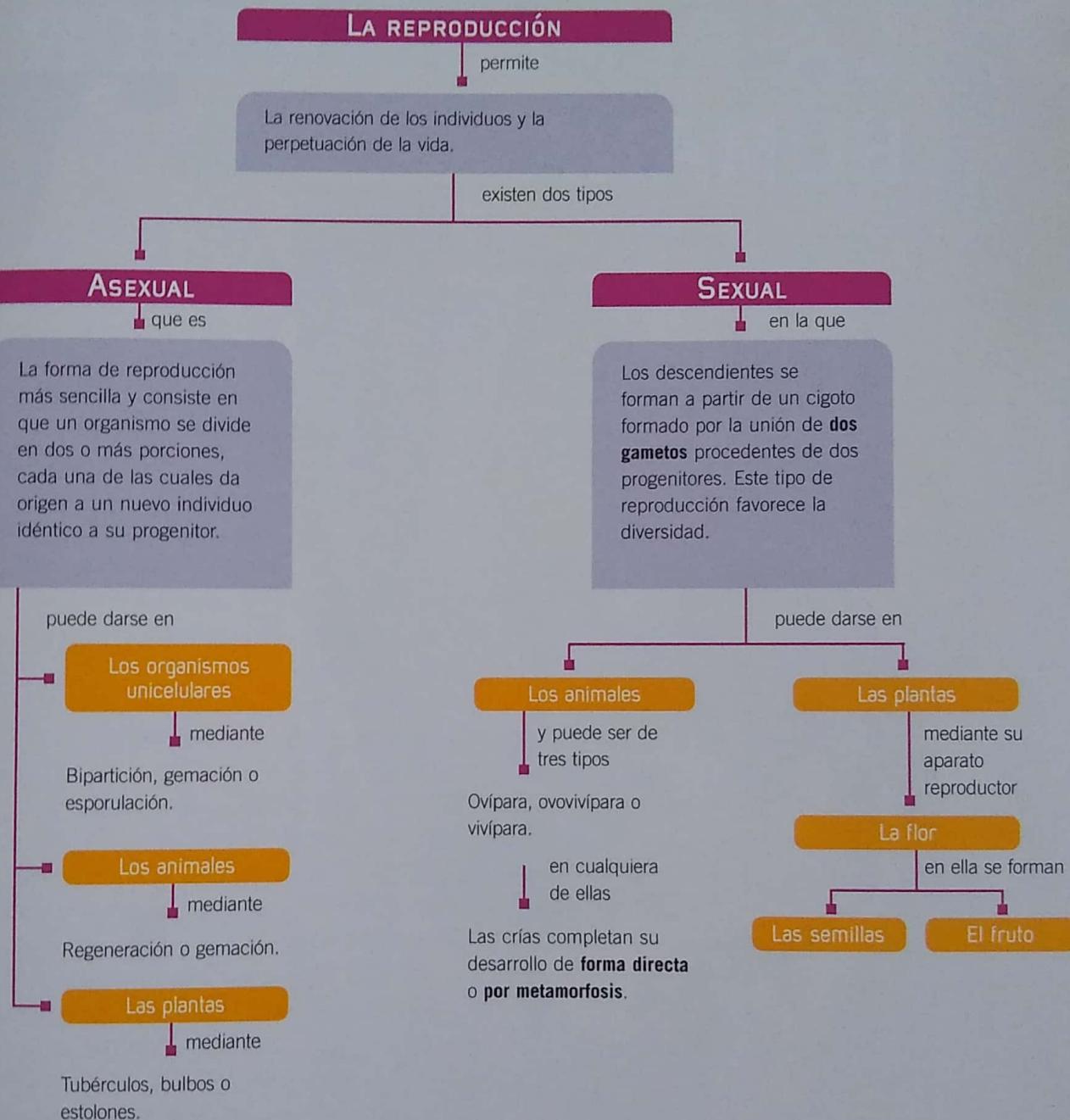
31 Todos los mamíferos tienen fecundación interna, pero no todos presentan el mismo desarrollo embrionario. Armen un mapa conceptual sobre el desarrollo embrionario de los mamíferos, empleando los términos indicados, y den ejemplos para cada grupo. Desarrollo embrionario de los mamíferos: ovíparos, con marsupio, con placenta, vivíparos.

32 Analicen el texto teniendo en cuenta las estrategias reproductivas (estrategias K y r), las tipos de desarrollo y el cuidado de las crías.

Los animales con pocos descendientes pueden invertir más recursos en la nutrición y protección de sus crías, garantizando su supervivencia hasta la edad adulta. Por el contrario, los animales que producen muchos descendientes, prácticamente no se ocupan de ellos, por lo que una gran parte de las crías no alcanza la edad adulta.

- Indiquen a qué tipo de estrategia reproductiva corresponde cada caso y las características del ambiente que favorece cada selección.
- Busquen ejemplos de cada grupo e indiquen todas las características relacionadas con la fecundación y el desarrollo.

EN RESUMEN



PARA VOLVER A EMPEZAR

Vuelvan a realizar las consignas de la sección "Con lo que sé" de la página 93. ¿Coinciden sus respuestas con las dadas por primera vez? ¿Por qué?

- Caractericen los diferentes estadios observados en el ciclo de vida ilustrado en la apertura de la unidad.
- Relean la sección "Un paseo por los textos" y expliquen cuál es el mecanismo evolutivo propuesto por Darwin para explicar las diferencias morfológicas entre machos y hembras de una misma especie.



6

LA REPRODUCCIÓN HUMANA



La cuna (1872), de Berthe Morisot.

Como los demás seres vivos, los seres humanos tenemos la capacidad de procrear y dejar descendencia. La función de reproducción, a diferencia de las de nutrición o relación, por ejemplo, no es indispensable para el mantenimiento del organismo. Sin embargo, es vital para garantizar la continuidad de la especie.

PARA ENTRAR EN TEMA

CON LO QUE OBSERVO

La noción de crianza de los niños cambia de acuerdo con el momento histórico, particularmente con respecto a la imagen que se tiene de la mujer. Ha tenido una gran transformación durante el último siglo en relación con las nuevas actividades que desarrolla la mujer en la sociedad actual. La imagen de la página anterior es una obra de la pintora impresionista francesa Berthe Morisot (1841-1895). En su época, el trabajo de esa artista fue opacado por el de los pintores masculinos y relegado como de menor categoría, por centrarse en escenas domésticas y de la vida cotidiana.

a. Observen con detenimiento la pintura y describan las características de la escena que expone. ¿En qué se diferencia y en qué se asemeja a la crianza de los niños en la actualidad?



CON LO QUE SÉ

b. Señalen con una x cuáles de las siguientes afirmaciones describen la reproducción en los seres humanos:

- En los seres humanos, los sexos están separados y la fecundación es interna.
- Entre los mamíferos, hay organismos ovíparos.
- La reproducción sexual da origen a descendientes que poseen características de ambos progenitores.
- En la reproducción asexual, se pueden originar descendientes solo con características maternas.

c. La pubertad, un proceso que ocurre aproximadamente entre los 10 y los 14 años, consiste en una serie de cambios profundos que afectan tanto el aspecto físico —con la aparición de los caracteres sexuales propios de la edad adulta— como el psíquico y el emocional.

- ¿Qué diferencias reconocen en los caracteres sexuales de hombres y mujeres? ¿Cuál es su función?
- En los últimos dos o tres años, ¿qué cambios han notado en ustedes mismos en relación con la elección de los amigos, los gustos musicales o la forma de vestir?

CON LO QUE DESCUBRO

d. Daniela les comentó a sus amigos que tuvo su primera menstruación. Agustina, una de sus amigas, le dijo que ahora su cuerpo está preparado para un embarazo. Sin embargo, Martín piensa que eso no es posible hasta, al menos, los 16 años.

- ¿Por qué se produce el fenómeno de la menstruación?
- Teniendo en cuenta las opiniones de Agustina y Martín, ¿quién consideran que tiene razón? ¿Por qué?



I CRECIMIENTO Y DESARROLLO HUMANO

A lo largo de la vida, el organismo humano atraviesa diferentes etapas como resultado de su desarrollo, tanto en lo biológico, como en los aspectos psíquico y social.

INFANCIA

En un comienzo, el bebé depende totalmente de los adultos a cuyo cuidado está (madre, padre, abuelos, entre otros) y empieza a descubrir el mundo mediante interacciones entre los objetos y su propio cuerpo. Cuando aprende a caminar, adquiere un mayor dominio del espacio y se desarrolla en el intercambio social con los adultos y con sus pares. Durante estos primeros años, el papel de los adultos como responsables y guías en la crianza del niño es fundamental.

Ya en la etapa escolar, el niño obtiene mayor grado de independencia, que lo inicia en el camino de la responsabilidad y el autocuidado, y aprende a resguardarse de las amenazas externas. Aun así, la función de los adultos continúa siendo necesaria como sostén para el crecimiento y como garantía de protección.

ADOLESCENCIA

Durante la adolescencia, el individuo adquiere un nivel mayor de conciencia de su cuerpo. En esta etapa, se presentan cambios muy importantes que impactan en las relaciones familiares y en el grupo de pares. La familia deja de ser el único modelo de identificación y se hace presente la influencia de otros grupos sociales, de las amistades y las modas.

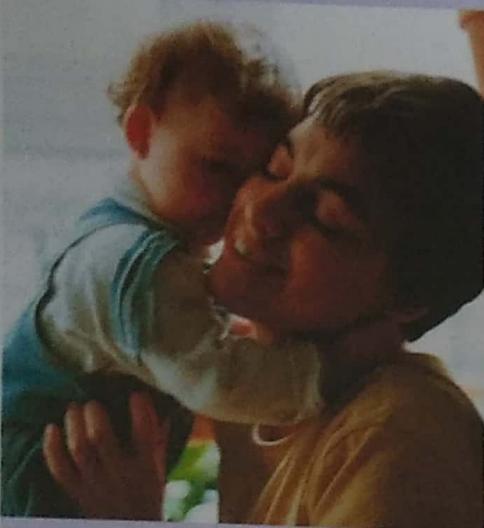
ADULTEZ

La edad adulta es la etapa de la madurez física, cuando el crecimiento cesa o disminuye. El individuo normalmente alcanza la plenitud tanto de su desarrollo biológico como psíquico, y la formación de la familia es una de las decisiones más importantes que suelen tomarse en este momento de la vida.

Si bien en esta etapa aún no se hace evidente el deterioro físico, este lentamente se inicia (pérdida de la agudeza visual, entre otros), y es muy importante tomar decisiones adecuadas respecto del cuidado de la salud, debido a que estas tendrán efecto en los años siguientes. Por ejemplo, presionados por el trabajo, muchos adultos abandonan las actividades físicas apropiadas para el mantenimiento de la salud.

Los adultos mayores o ancianos se encuentran en la última etapa, también conocida como **tercera edad**, que puede ser más o menos prolongada de acuerdo con los cuidados y las decisiones acerca de la salud que cada individuo haya tomado en años anteriores.

La ancianidad se caracteriza por una pérdida de la capacidad de adaptación del organismo a la influencia de los factores externos e internos. Sin embargo, los adelantos tecnológicos, farmacológicos y médicos han prolongado la expectativa de vida desde los 40 años, en el siglo XIX, hasta los 75 años, en la actualidad.



La familia actúa como el principal modelo de identificación en la vida de las personas.

CONOCER MÁS

Tercera edad. Es un término antropológico y sociológico que hace referencia a los individuos de la población humana mayores de 65 años. Actualmente, existe una tendencia al crecimiento de este grupo de edad en la pirámide poblacional de los países desarrollados y las grandes urbes de todo el mundo debido, entre otras causas, a las bajas tasas de natalidad y a la mejora de la calidad y esperanza de vida.



2 UNA ETAPA DE CAMBIOS: LA ADOLESCENCIA

La adolescencia es el período que marca la transición entre la infancia y la edad adulta. En esta etapa se produce un suceso biológico crucial, la **pubertad**, que implica la transformación de los varones y las chicas en hombres y mujeres con la capacidad de reproducirse y perpetuar la especie.

LOS CAMBIOS FÍSICOS

La adolescencia comienza con la pubertad, hacia los 10 u 11 años en las chicas y los 12 o 13 años en los varones, aunque estas edades pueden variar bastante, de acuerdo con las características de cada individuo. En este período, cambia el aspecto general del cuerpo y las diferencias entre los dos sexos se hacen más notorias.

Los órganos del sistema reproductor, que definen los **caracteres sexuales primarios**, se desarrollan y adquieren toda su capacidad de funcionamiento. Como consecuencia, aparece la menstruación en las chicas y las primeras emisiones de esperma o eyaculaciones en los varones.

A la vez, se desarrollan los **caracteres sexuales secundarios**, relacionados con características del cuerpo que diferencian a los hombres y las mujeres, aparte de los órganos sexuales. En las chicas, por ejemplo, se desarrollan los senos, aparece vello en el pubis y las axilas y se ensanchan las caderas. En los chicos, aparece la barba en la cara, además del vello en pubis y axilas, se desarrolla la masa muscular, se ensanchan la espalda y la caja torácica, y la voz se torna más grave.

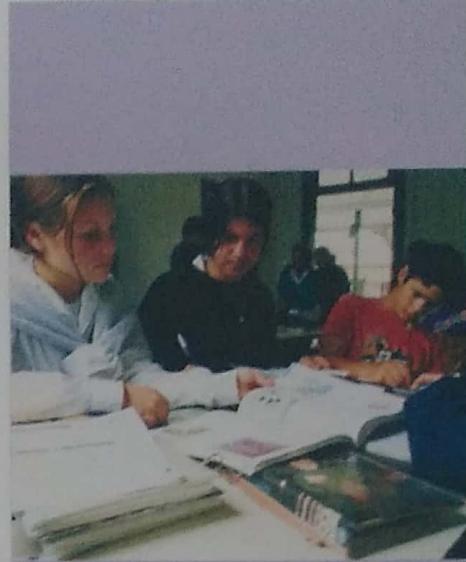
LOS CAMBIOS EN EL COMPORTAMIENTO

Durante la adolescencia la *glándula hipófisis* produce hormonas que antes no estaban presentes en el organismo y que promueven que los órganos sexuales produzcan, a su vez, otras hormonas. Estos cambios hormonales originan transformaciones no solo físicas sino también psíquicas que modifican la personalidad y el comportamiento de los adolescentes. A ello se deben los bruscos cambios de humor, tan característicos de esta etapa.

La adolescencia es la etapa en la que los individuos alcanzan el pensamiento formal, mediante el cual comprenden de manera más completa la realidad que los rodea, y permite que enfrenten por sí solos situaciones complejas y nuevas que suponen el primer paso hacia su inclusión en la sociedad adulta.

La integración en la sociedad requiere que los jóvenes maduren, se relacionen, reafirman su personalidad y alcancen un desarrollo positivo de la **autoestima**, un sentimiento de valoración personal que permite confiar en la propia capacidad para pensar y resolver problemas.

Esta etapa de la vida es sumamente enriquecedora. En ella surgen grandes dudas y se realizan muchos planteamientos; es también una etapa en la que se producen descubrimientos, como la sexualidad.



CONOCER MÁS

La **autoestima** es un sentimiento que involucra:

- conocerse a sí mismo, cuidarse, valorarse y aceptarse, más allá de las limitaciones individuales;
- ser responsable de las propias acciones;
- no esperar reciprocidad cuando se hace algo por los demás;
- respetarse a sí mismo y no consentir conductas humillantes; y
- perdonarse las equivocaciones.

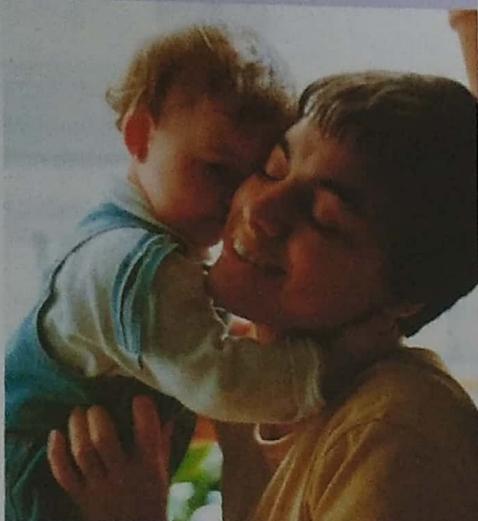
ACTIVIDADES

1. ¿Qué diferencias encuentran entre las distintas etapas de la vida de un ser humano?

2. ¿Cómo se manifiesta el desarrollo de los órganos sexuales en los varones y en las chicas?

3. Mencionen tres caracteres sexuales secundarios que distingan a las chicas de los varones.

1 CRECIMIENTO Y DESARROLLO HUMANO



La familia actúa como el principal modelo de identificación en la vida de las personas.

CONOCER MÁS

Tercera edad. Es un término antropológico y sociológico que hace referencia a los individuos de la población humana mayores de 65 años. Actualmente, existe una tendencia al crecimiento de este grupo de edad en la pirámide poblacional de los países desarrollados y las grandes urbes de todo el mundo debido, entre otras causas, a las bajas tasas de natalidad y a la mejora de la calidad y esperanza de vida.



A lo largo de la vida, el organismo humano atraviesa diferentes etapas como resultado de su desarrollo, tanto en lo biológico, como en los aspectos psíquico y social.

INFANCIA

En un comienzo, el bebé depende totalmente de los adultos a cuyo cuidado está (madre, padre, abuelos, entre otros) y empieza a descubrir el mundo mediante interacciones entre los objetos y su propio cuerpo. Cuando aprende a caminar, adquiere un mayor dominio del espacio y se desarrolla en el intercambio social con los adultos y con sus pares. Durante estos primeros años, el papel de los adultos como responsables y guías en la crianza del niño es fundamental.

Ya en la etapa escolar, el niño obtiene mayor grado de independencia, que lo inicia en el camino de la responsabilidad y el autocuidado, y aprende a resguardarse de las amenazas externas. Aun así, la función de los adultos continúa siendo necesaria como sostén para el crecimiento y como garantía de protección.

ADOLESCENCIA

Durante la adolescencia, el individuo adquiere un nivel mayor de conciencia de su cuerpo. En esta etapa, se presentan cambios muy importantes que impactan en las relaciones familiares y en el grupo de pares. La familia deja de ser el único modelo de identificación y se hace presente la influencia de otros grupos sociales, de las amistades y las modas.

ADULTEZ

La edad adulta es la etapa de la madurez física, cuando el crecimiento cesa o disminuye. El individuo normalmente alcanza la plenitud tanto de su desarrollo biológico como psíquico, y la formación de la familia es una de las decisiones más importantes que suelen tomarse en este momento de la vida.

Si bien en esta etapa aún no se hace evidente el deterioro físico, éste lentamente se inicia (pérdida de la agudeza visual, entre otros), y es muy importante tomar decisiones adecuadas respecto del cuidado de la salud, debido a que estas tendrán efecto en los años siguientes. Por ejemplo, presionados por el trabajo, muchos adultos abandonan las actividades físicas apropiadas para el mantenimiento de la salud.

Los adultos mayores o ancianos se encuentran en la última etapa, también conocida como **tercera edad**, que puede ser más o menos prolongada de acuerdo con los cuidados y las decisiones acerca de la salud que cada individuo haya tomado en años anteriores.

La ancianidad se caracteriza por una pérdida de la capacidad de adaptación del organismo a la influencia de los factores externos e internos. Sin embargo, los adelantos tecnológicos, farmacológicos y médicos han prolongado la expectativa de vida desde los 40 años, en el siglo XIX, hasta los 75 años, en la actualidad.

2 UNA ETAPA DE CAMBIOS: LA ADOLESCENCIA

La adolescencia es el periodo que marca la transición entre la infancia y la edad adulta. En esta etapa se produce un suceso biológico crucial, la **pubertad**, que implica la transformación de los varones y las chicas en hombres y mujeres con la capacidad de reproducirse y perpetuar la especie.

Los CAMBIOS FÍSICOS

La adolescencia comienza con la pubertad, hacia los 10 u 11 años en las chicas y los 12 o 13 años en los varones, aunque estas edades pueden variar bastante, de acuerdo con las características de cada individuo. En este período, cambia el aspecto general del cuerpo y las diferencias entre los dos sexos se hacen más notorias.

Los órganos del sistema reproductor, que definen los **caracteres sexuales primarios**, se desarrollan y adquieren toda su capacidad de funcionamiento. Como consecuencia, aparece la menstruación en las chicas y las primeras emisiones de esperma o eyaculaciones en los varones.

A la vez, se desarrollan los **caracteres sexuales secundarios**, relacionados con características del cuerpo que diferencian a los hombres y las mujeres, aparte de los órganos sexuales. En las chicas, por ejemplo, se desarrollan los senos, aparece vello en el pubis y las axilas y se ensanchan las caderas. En los chicos, aparece la barba en la cara, además del vello en pubis y axilas, se desarrolla la masa muscular, se ensanchan la espalda y la caja torácica, y la voz se torna más grave.

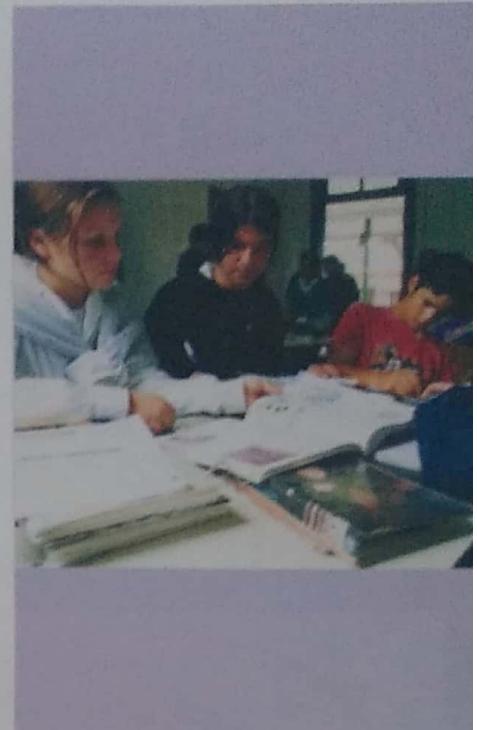
Los CAMBIOS EN EL COMPORTAMIENTO

Durante la adolescencia la *glándula hipófisis* produce hormonas que antes no estaban presentes en el organismo y que promueven que los órganos sexuales produzcan, a su vez, otras hormonas. Estos cambios hormonales originan transformaciones no solo físicas sino también psíquicas que modifican la personalidad y el comportamiento de los adolescentes. A ello se deben los bruscos cambios de humor, tan característicos de esta etapa.

La adolescencia es la etapa en la que los individuos alcanzan el pensamiento formal, mediante el cual comprenden de manera más completa la realidad que los rodea, y permite que enfrenten por sí solos situaciones complejas y nuevas que suponen el primer paso hacia su inclusión en la sociedad adulta.

La integración en la sociedad requiere que los jóvenes maduren, se relacionen, reafirman su personalidad y alcancen un desarrollo positivo de la **autoestima**, un sentimiento de valoración personal que permite confiar en la propia capacidad para pensar y resolver problemas.

Esta etapa de la vida es sumamente enriquecedora. En ella surgen grandes dudas y se realizan muchos planteamientos; es también una etapa en la que se producen descubrimientos, como la sexualidad.



CONOCER MÁS

La **autoestima** es un sentimiento que involucra:

- conocerse a sí mismo, cuidarse, valorarse y aceptarse, más allá de las limitaciones individuales;
- ser responsable de las propias acciones;
- no esperar reciprocidad cuando se hace algo por los demás;
- respetarse a sí mismo y no consentir conductas humillantes; y
- perdonarse las equivocaciones.

ACTIVIDADES

1. ¿Qué diferencias encuentran entre las distintas etapas de la vida de un ser humano?

2. ¿Cómo se manifiesta el desarrollo de los órganos sexuales en los varones y en las chicas?

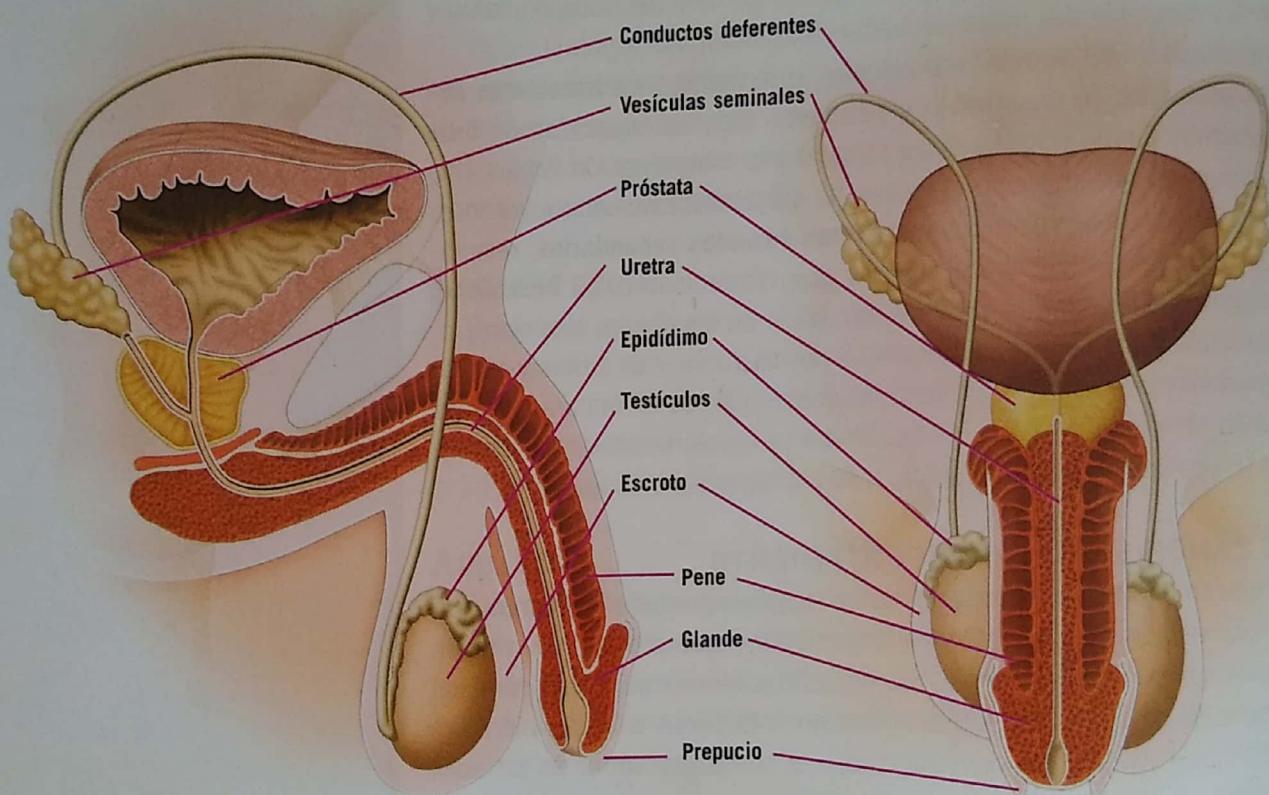
3. Mencionen tres caracteres sexuales secundarios que distingan a las chicas de los varones.

3 EL SISTEMA REPRODUCTOR

Los sistemas reproductores o genitales masculino y femenino producen los gametos y posibilitan su unión. Estos sistemas maduran al llegar la pubertad, cuando en los varones comienza la producción de semen y en las chicas se produce la primera menstruación.

EL SISTEMA REPRODUCTOR MASCULINO

El sistema reproductor masculino está formado por los **testículos**, el **pene**, los **conductos genitales** y las **glándulas anexas**. La mayor parte de estas estructuras se encuentran fuera de la cavidad abdominal.



Vesículas seminales y próstata. Glándulas que producen sustancias nutritivas y protectoras para los espermatozoides, que son liberadas en los canales deferentes. Estas secreciones, junto con los espermatozoides, constituyen el **semen**.

Conductos genitales

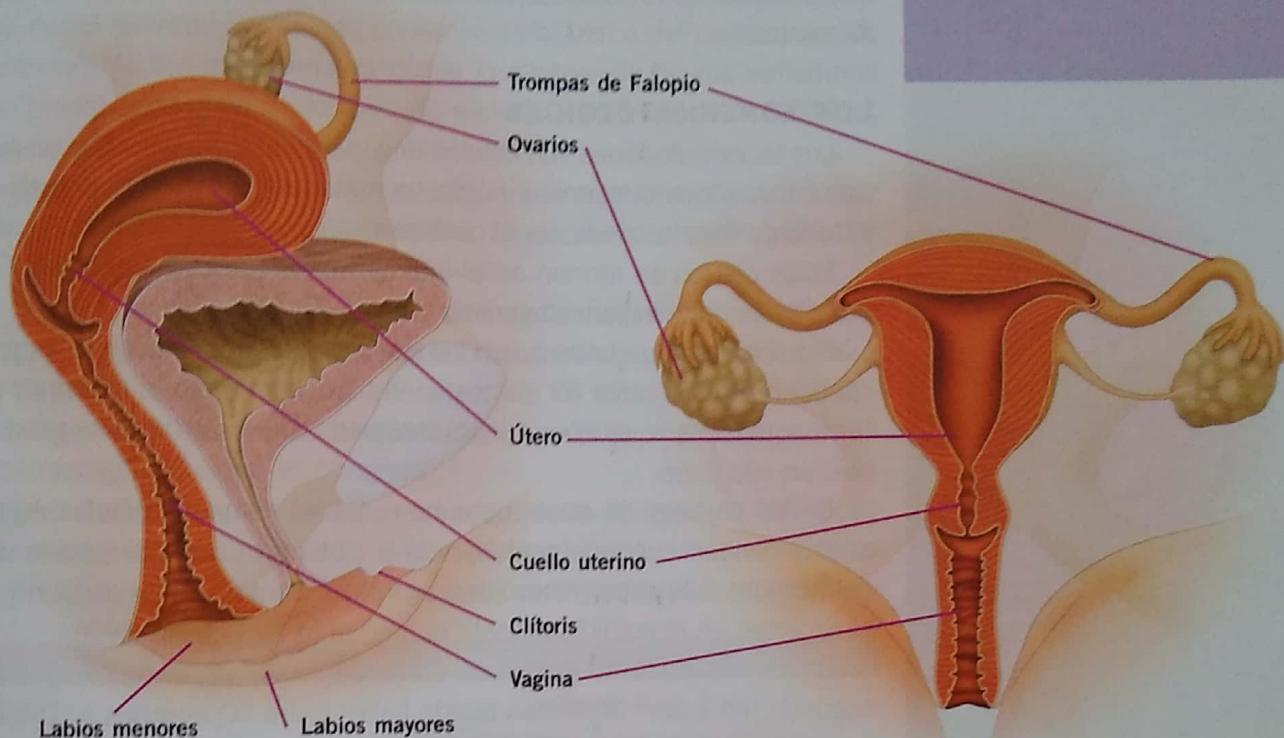
- **Epidídimo.** Tubo largo y plegado, ubicado sobre cada testículo.
- **Conductos deferentes.** Tubos delgados que conectan el epidídimo con la uretra.
- **Uretra.** Conducto de evacuación de la vejiga donde también desembocan los canales deferentes.

Pene. Órgano eréctil que permite depositar los espermatozoides en el interior de los órganos genitales femeninos. En su extremo se localiza una zona muy sensible, el **glande**, recubierta por un pliegue de la piel, el **prepucio**.

Testículos. Son dos órganos situados en una bolsa, llamada **escroto**, que producen los **espermatozoides** o gametos masculinos. Se hallan fuera de la cavidad abdominal porque la maduración de los espermatozoides requiere una temperatura inferior a la del interior del abdomen. También son glándulas endocrinas: producen la **testosterona**, hormona que regula la aparición y el desarrollo de los caracteres sexuales secundarios.

EL SISTEMA REPRODUCTOR FEMENINO

El sistema reproductor femenino está formado por los **ovarios**, las **vías genitales** y la **vulva**. A excepción de esta última, situada en la parte inferior del pubis, los órganos se encuentran en el interior de la cavidad abdominal.



Ovarios. Son dos órganos que producen los **óvulos** o gametos femeninos, y se sitúan dentro de la cavidad abdominal, a diferencia de los testículos. También producen las hormonas femeninas, **estrógenos** y **progesterona**, que regulan el desarrollo de los caracteres sexuales secundarios.

Conductos genitales

- **Trompas de Falopio.** Conductos con forma de embudo. Su extremo ancho es abierto y rodea al ovario; el otro desemboca en el útero.
- **Útero.** Órgano que alberga y nutre al embrión durante su desarrollo. Sus paredes musculares están tapizadas por una capa epitelial: la mucosa uterina o endometrio. Se comunica con la vagina por un conducto llamado **cuello uterino**.
- **Vagina.** Canal elástico que comunica el útero con la vulva. En ella se depositan los espermatozoides en la unión sexual.

Vulva. Genitales femeninos externos, formados por dos repliegues de la piel llamados **labios menores**, los más internos, y **labios mayores**, los más externos. En el ángulo anterior se halla el **clítoris**. Entre los labios menores se localiza el **orificio de la uretra** y, detrás de este, el **orificio vaginal**.

ACTIVIDADES

4. Los sistemas reproductores constituyen los caracteres sexuales primarios que diferencian al hombre de la mujer. Señalen tres diferencias fundamentales entre ambos.
5. Comparen los órganos de los sistemas reproductores masculino y femenino e indiquen qué órganos desempeñan funciones equivalentes en ambos sistemas y cuáles realizan funciones específicas en cada uno.

4 LAS CÉLULAS REPRODUCTORAS

Los **gametos** son células especializadas cuya función es transportar la información hereditaria de los progenitores para formar la primera célula, llamada huevo o **cigoto**, de un nuevo individuo. Los gametos femeninos se denominan **óvulos** y los masculinos, **espermatozoides**. Si bien ambos cumplen la función de reproducción, sus características son muy diferentes.

LOS ESPERMATOZOIDES

Los espermatozoides son células muy pequeñas. Se distingue en ellos una cabeza, que contiene el núcleo con el material hereditario paterno, y un largo flagelo, mediante el cual se desplazan.

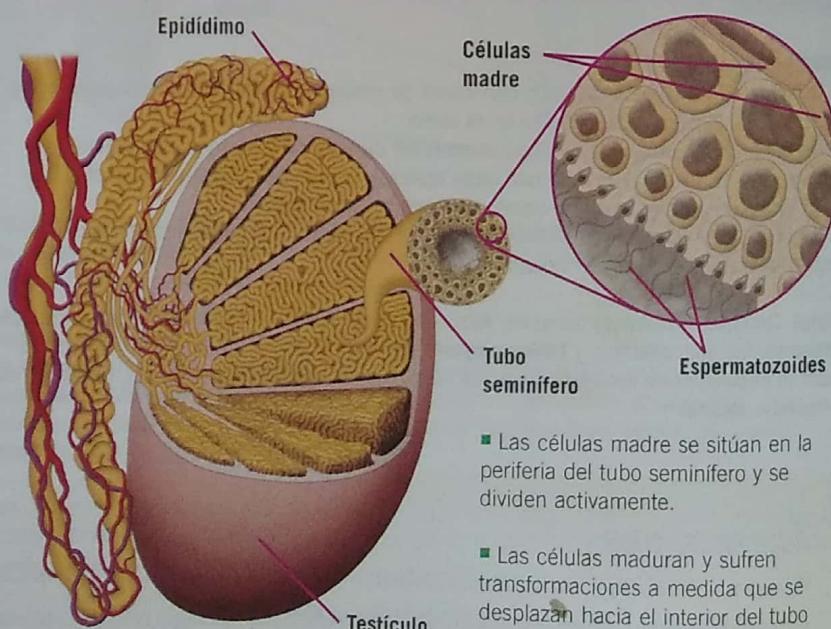
Estas células se forman en el interior de los testículos, mediante un proceso llamado **espermatogénesis**.

Este proceso da comienzo en los **tubos seminíferos**, presentes en gran cantidad en el interior de los testículos. De hecho, se encuentran tan “empaquetados” que si se los desenrollara alcanzarían una longitud de casi un kilómetro.

En las paredes de estos tubos hay células, llamadas **células madre**, que se dividen continuamente desde la pubertad, durante toda la vida del hombre. Los espermatozoides son el producto de esa división y se almacenan en el epidídimo hasta el momento de la eyaculación.

En los testículos se producen cerca de 3.000 espermatozoides por segundo (en 1 cm³ de semen puede haber entre 50 millones y 150 millones de espermatozoides); cada uno de ellos tarda entre 64 y 72 días en formarse.

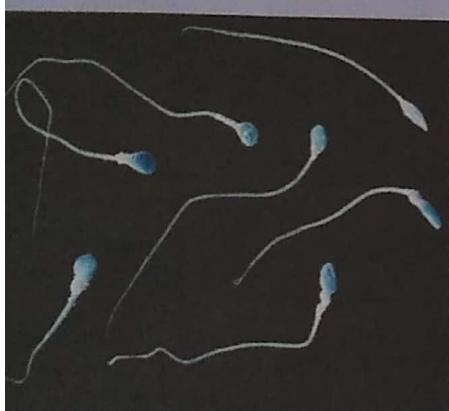
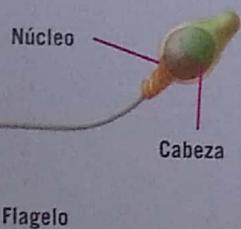
ESPERMATOGÉNESIS



■ Las células madre se sitúan en la periferia del tubo seminífero y se dividen activamente.

■ Las células maduran y sufren transformaciones a medida que se desplazan hacia el interior del tubo seminífero.

■ Los espermatozoides ya formados son liberados en la cavidad del tubo y se almacenan en el epidídimo.



Espermatozoides vistos con un microscopio óptico (x 600).

Los óvulos

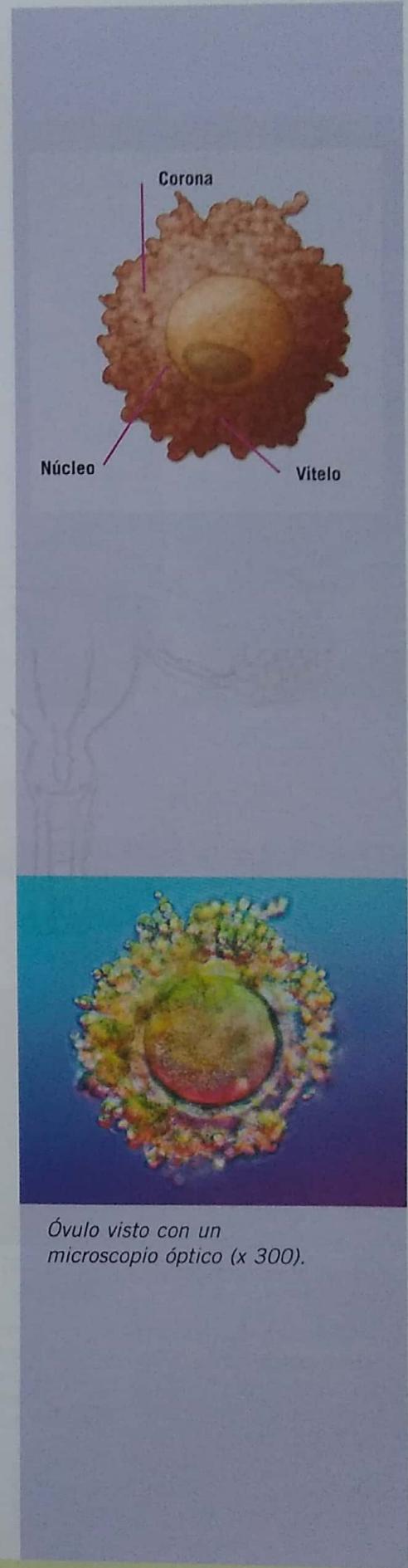
Los óvulos son células de gran tamaño cuyo **núcleo** contiene la información hereditaria materna. En el citoplasma se encuentra el **vitelo**, constituido por sustancias de reserva que nutren al embrión en las primeras fases de su desarrollo. Alrededor del óvulo se sitúa una **corona** de células protectoras.

A diferencia de lo que ocurre con los espermatozoides, los óvulos de una mujer se forman antes de su nacimiento, cerca del cuarto mes de gestación. Al nacer, la nena ya posee la reserva de óvulos inmaduros que tendrá para utilizar a lo largo de su vida: alrededor de 200.000 en cada ovario.

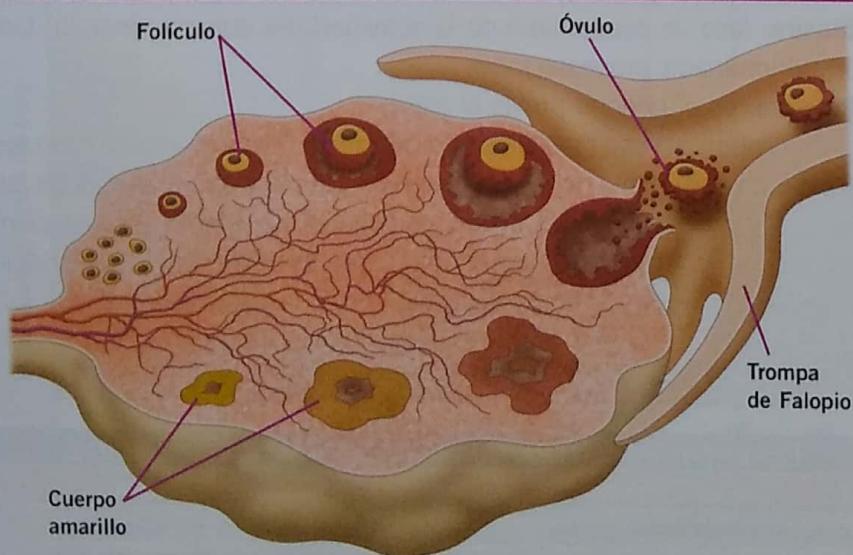
Cada uno de estos óvulos inmaduros se ubica en unas pequeñas cavidades dentro del ovario, los **folículos**, cuyas paredes están cubiertas de células que protegen y nutren al óvulo.

Durante los primeros 10 años de vida, estos folículos no experimentan casi ningún cambio, hasta que en la pubertad comienzan a madurar en forma cíclica, aproximadamente cada 28 días, y ocurren las primeras ovulaciones. Así, la **ovogénesis** es periódica, a diferencia de la espermatogénesis, que es continua.

En el transcurso de su vida, una mujer puede ovular unas 400 veces (generalmente madura un solo óvulo cada vez) hasta que, alrededor de los 50 años, ya no quedan folículos en el ovario y cesan las ovulaciones.



OVOGÉNESIS



- Durante la primera fase del ciclo, uno de los folículos aumenta de tamaño, hasta llegar a los 2 cm de diámetro.
- Hacia el día 14 del ciclo, se produce la ovulación, es decir, la salida del óvulo.
- En el final del ciclo, lo que queda del folículo se transforma en el **cuerpo amarillo**.

ACTIVIDADES

6. ¿Qué diferencias encuentran entre la producción de óvulos y la de espermatozoides?
7. ¿Qué características presentan los gametos femeninos y masculinos? ¿Qué relación tienen con su función?



CONOCER MÁS

Menstruación. La duración promedio de un ciclo menstrual es de 28 días, y coincide con el ritmo de las fases de la luna, que se manifiestan 13 veces al año. En la Antigüedad se consideraba que el ciclo menstrual estaba íntimamente relacionado con el ciclo lunar, y por esta supuesta relación se llamaba *lunas* a las menstruaciones.

5 EL CICLO REPRODUCTIVO FEMENINO

Se llama **ciclo reproductivo** al conjunto de acontecimientos fisiológicos que se producen en el ovario, con intervalos cíclicos de tiempo, como consecuencia de las variaciones en los niveles hormonales.

CICLO ESTRAL Y CICLO MENSTRUAL

En los mamíferos, el **ciclo estral** se define como el tiempo que transcurre desde el inicio del celo o **estro** hasta el inicio del celo siguiente, y tiene una duración variable en las distintas especies.

El **celo** o **estro** constituye el momento del ciclo reproductivo en el cual la hembra se encuentra receptiva a la copulación con el macho. Esta conducta de apareamiento es inducida por la acción de las hormonas, fundamentalmente por los estrógenos. Así, la ciclicidad que se da en el ovario se corresponde con manifestaciones de la conducta.

El **estro** tiene lugar en todos los mamíferos con excepción del ser humano y los otros primates, en los cuales el ciclo ovárico se pone en evidencia mediante la **menstruación**, que implica la pérdida de sangre por la vagina desde el útero y representa el inicio del ciclo sexual femenino. Este ciclo se denomina **menstrual**.

En el ciclo estral se pueden diferenciar distintas fases que tienen una duración variable de acuerdo con la especie.

- **Estro:** fase de receptividad sexual, durante la cual se produce la ovulación.
- **Metaestro:** es el período inicial de formación del cuerpo amarillo o lúteo.
- **Diestro:** fase de predominio de la actividad del cuerpo amarillo, también denominada *progestacional*.
- **Proestro:** es el período previo al estro.

Al proestro y al estro también se les denomina *fase estrogénica* (folicular), por estar bajo el control de los estrógenos producidos por el ovario, en tanto que al metaestro y al diestro se les conoce como *fase progesteracional* (lútea) o de predominio del cuerpo lúteo, que es una estructura glandular que secreta la hormona progesterona u hormona de la gestación.

DIFERENCIAS ENTRE EL CICLO ESTRAL Y EL MENSUAL

CICLO ESTRAL	CICLO MENSTRUAL
Se inicia con la manifestación del celo.	Comienza con el inicio de la menstruación.
La ovulación se produce durante el celo o unas horas después de finalizada su manifestación externa.	La ovulación se produce en la mitad del ciclo.
La receptividad sexual solo se produce durante el celo.	La receptividad sexual se produce en cualquier momento del ciclo.
Durante el período de celo, la hembra libera feromonas de comunicación sexual en la orina y en el moco cérvico-vaginal.	En la mujer, las feromonas se liberan durante casi todo el ciclo desde las axilas.
El celo o período peristral es el momento óptimo para la concepción.	El momento más adecuado para la concepción ocurre cerca de la mitad del ciclo.

EL CICLO MENSTRUAL HUMANO

En la mujer, a partir de la pubertad, se producen regularmente dos ciclos estrechamente vinculados entre sí: el ovárico y el menstrual. Ambos duran 28 días, aproximadamente, y se evidencian por la aparición de ligeras hemorragias que constituyen la menstruación. Se considera al primer día de menstruación como primer día de estos ciclos. Las menstruaciones continúan durante la vida fértil de la mujer, hasta que cesan en la adultez, durante la **menopausia**.

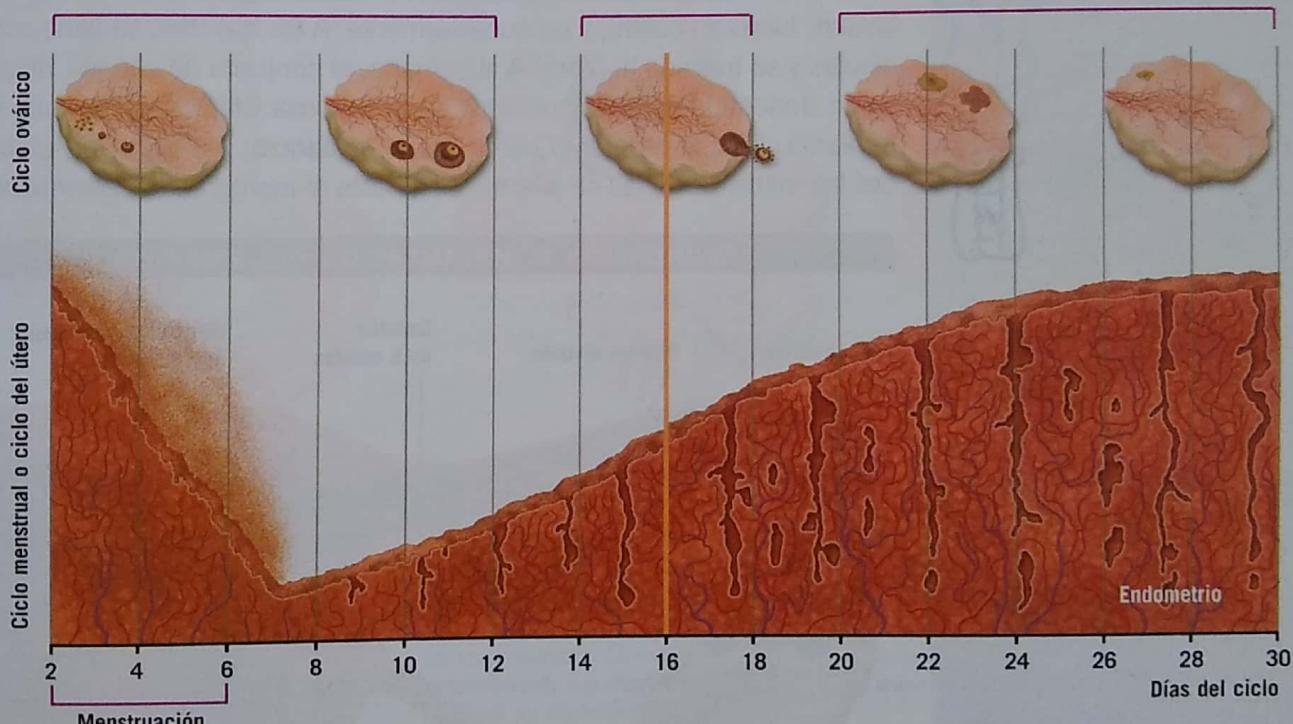
Mientras el ciclo ovárico ocurre en el ovario, el ciclo menstrual se produce en la mucosa del útero o endometrio.

CICLO OVÁRICO Y CICLO MENSTRUAL

Fase folicular. Comienza con el rápido crecimiento y maduración de un folículo.

Fase de ovulación. El folículo maduro se abre y expulsa el óvulo a la cavidad abdominal, donde es captado por la trompa de Falopio e ingresa a su interior. Este proceso es rápido, y dura pocos minutos.

Fase de cuerpo amarillo. Si no se produce la fecundación, el folículo se transforma en el cuerpo amarillo o **lúteo**, que degenera hasta desaparecer.



Menstruación
Al comienzo del ciclo menstrual, la rotura de los capilares sanguíneos provoca la menstruación, que se inicia unos 14 días después de la ovulación y dura de 3 a 6 días aproximadamente.

En el transcurso del ciclo menstrual, la mucosa uterina se hace más gruesa y se prepara para albergar al óvulo en caso de que sea fecundado. Si la fecundación no se produce, la mucosa degenera y se destruye para volver a regenerarse en el siguiente ciclo.

ACTIVIDADES

8. Señalen tres diferencias entre los dos tipos de ciclo reproductivo femenino.
9. ¿En qué fase del ciclo menstrual se produce la maduración del folículo? ¿Y la ovulación?
10. ¿En qué fase del ciclo ovárico tiene lugar la menstruación? ¿En cuál es más gruesa la mucosa?

6 FECUNDACIÓN, EMBARAZO Y PARTO



Solo un espermatozoide logra fecundar el óvulo.

CONOCER MÁS

Embrión. En ocasiones, el cigoto se escinde durante las primeras divisiones y da lugar a dos embriones independientes. Ambos embriones tienen la misma información genética y dan origen a dos personas prácticamente idénticas, los **gemelos**. En otros casos, la mujer produce dos óvulos, y ambos son fecundados, lo que origina dos embriones diferentes, con distintivo material genético. El resultado son los **mellizos**.

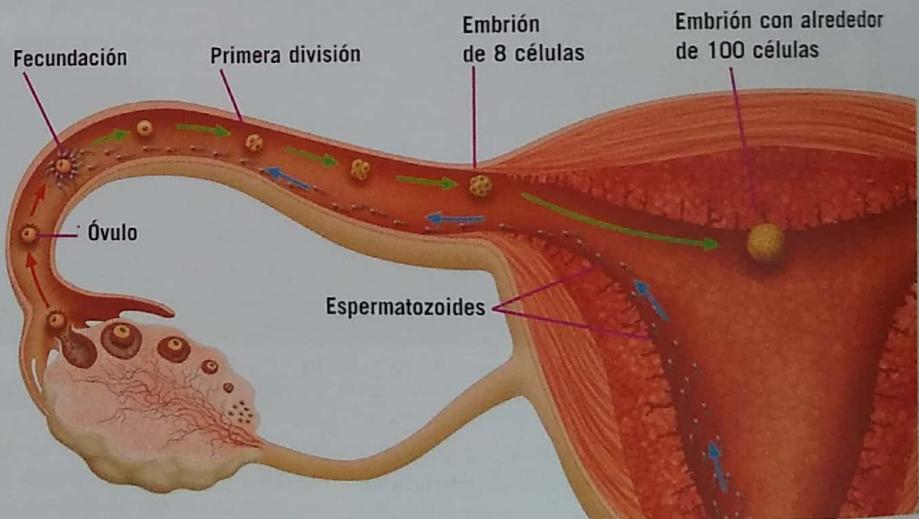
Luego de una relación sexual entre un hombre y una mujer, los espermatozoides ascienden desde el interior de la vagina por las vías genitales femeninas en busca del óvulo. Si este encuentro se produce, existe la posibilidad de que se produzca un embarazo.

LA FECUNDACIÓN

La fecundación consiste en la fusión de los gametos que da lugar a la célula huevo o cigoto, la primera célula de un nuevo ser humano. Tras la unión genital entre el hombre y la mujer, llamada *cópula* o *coito*, los espermatozoides ascienden desde la vagina hasta las trompas de Falopio. Una vez allí, pueden encontrarse con un óvulo maduro proveniente del ovario. Solo uno entre miles de espermatozoides penetra en el óvulo, atravesando su corona y perforando su membrana. Los núcleos de ambas células se fusionan y se produce la fecundación. Una vez fecundado, el propio óvulo impide la entrada de más espermatozoides.

Treinta horas después de la fecundación, el cigoto se divide en dos células, luego en cuatro, y así sucesivamente. A los dos días, ya tiene ocho células y se traslada al útero. A la semana, el conjunto de células, al que ya se denomina **embrión**, penetra en la mucosa uterina, en la cual se implanta. En ese momento comienza el **embarazo**, y a partir de entonces las menstruaciones se interrumpen hasta el momento del nacimiento.

FECUNDACIÓN E IMPLANTACIÓN DEL EMBRIÓN



- El proceso de fecundación dura entre 36 y 60 horas.
- La primera división del cigoto se produce entre el primero y el segundo día después de la fecundación.
- El embrión llega al útero una semana después.
- La implantación puede completarse hasta 14 días después de la ovulación.

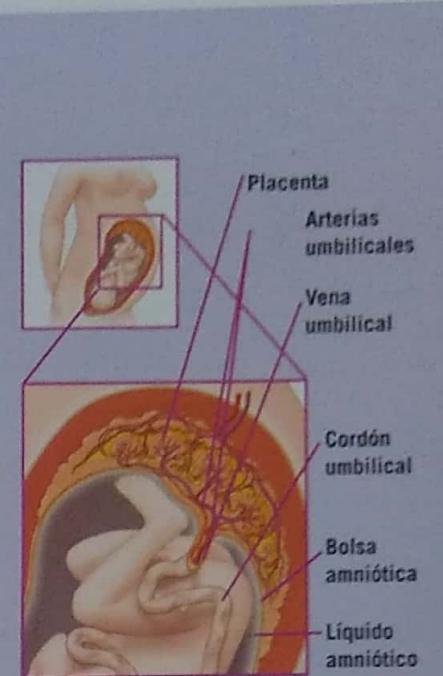
EL EMBARAZO

Durante los primeros días de su desarrollo, el embrión se nutre de las reservas que contenía el óvulo. Sin embargo, esas reservas se agotan pronto, por lo cual en el útero se forma un nuevo órgano: la **placenta**.

A través de las membranas de la placenta, se produce el intercambio de sustancias entre la sangre materna y la del embrión. Este toma oxígeno y nutrientes y elimina dióxido de carbono y sustancias de desecho. La placenta se une al embrión por el **cordón umbilical**.

Simultáneamente con la placenta se forma la **bolsa amniótica**, una membrana que contiene el **líquido amniótico**, que rodea y protege al embrión.

El período entre la fecundación y el nacimiento, que se denomina **gestación**, tiene una duración aproximada de nueve meses. En su transcurso se produce la formación de todos los órganos de un nuevo ser humano.



Estructura de la placenta.

PRIMER TRIMESTRE DE EMBARAZO



Durante los primeros tres meses de gestación, se forman el corazón, el hígado, el sistema nervioso central, los órganos reproductores y los ojos. El corazón empieza a latir y comienza el desarrollo de las extremidades. Al final del primer trimestre, ya están constituidos los principales sistemas de órganos, el feto alcanza los 6 cm de largo y realiza movimientos.

SEGUNDO TRIMESTRE DE EMBARAZO



Comienzan a funcionar algunos órganos, el feto abre y cierra los ojos y se chupa el dedo. El esqueleto empieza a osificarse y se desarrollan los músculos. Un vello suave o lanugo cubre su cuerpo y una sustancia oleosa lo protege de los roces constantes. Se perciben externamente sus movimientos. Si se produce un nacimiento prematuro, la supervivencia será difícil, aunque puede lograrse con cuidados especiales.

TERCER TRIMESTRE DE EMBARAZO



Ya desde los siete meses el feto tiene muchas posibilidades de sobrevivir fuera del útero materno, en una incubadora. En el último mes adquiere los anticuerpos maternos que lo protegerán durante los primeros meses de vida. Se invierte su posición y la cabeza se ubica sobre el cuello uterino.

ACTIVIDADES

11. ¿Qué proceso fundamental tiene lugar durante la fecundación? ¿Por qué el nuevo individuo presenta características de ambos progenitores?
12. ¿En qué momento se produce el embarazo?
13. ¿Sería posible la supervivencia de un recién nacido en el comienzo del segundo trimestre? ¿Por qué?

EL PARTO

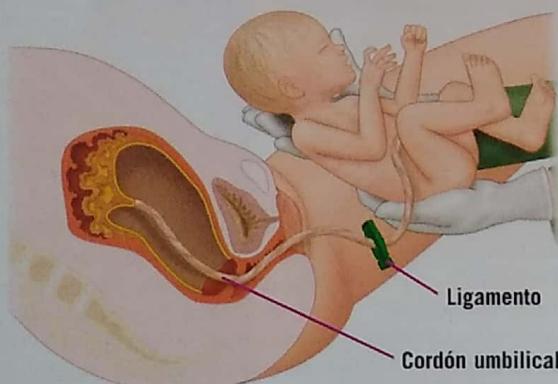
A los nueve meses de embarazo, la gestación ha concluido. El útero comienza a contraerse y dilatarse rítmicamente. Esto provoca el **parto**, o salida del feto, y la posterior expulsión de la placenta. El parto puede durar de 6 a 12 horas y en él pueden distinguirse distintas etapas.



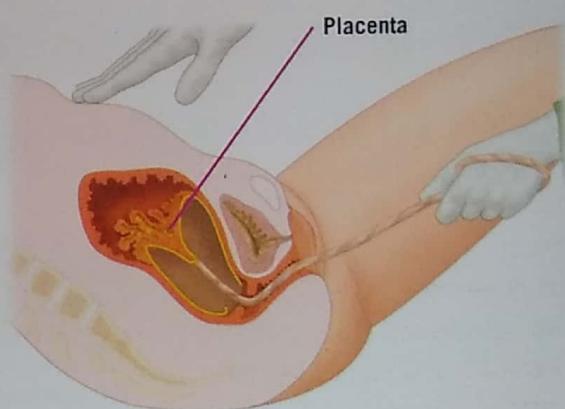
■ **Fase de dilatación.** Es la de mayor duración. Las paredes del útero se contraen espontáneamente, y la madre experimenta dolores en la región abdominal cada 15 o 30 minutos, que van aumentando en frecuencia e intensidad. Estas contracciones empujan al feto hacia la salida del útero, lo que provoca la dilatación del cuello uterino. La presión ejercida causa la ruptura de la bolsa amniótica y la salida del líquido que contiene. Es lo que se conoce familiarmente como "romper bolsa".



■ **Fase de expulsión.** Dura unos treinta minutos. Las contracciones son cada vez más prolongadas e intensas, y empujan al feto hacia el exterior. La madre puede favorecer la salida del feto contrayendo voluntariamente los músculos del abdomen.



■ **Corte del cordón.** Una vez expulsado el feto, se corta el cordón umbilical que lo unía a la placenta. El bebé comienza a respirar por sus propios medios e inicia una vida independiente.



■ **Fase de alumbramiento.** Unos 15 minutos después del nacimiento, se reanudan las contracciones. Estas provocan que la placenta se desprenda de la mucosa uterina y se expulse. La rotura de los vasos sanguíneos produce una hemorragia que cesa cuando el útero se retrae.

El bebé recién nacido respira por sí mismo y comenzará a alimentarse por vía oral. El cordón, al caer, deja una cicatriz: el ombligo.

A veces surgen dificultades en los partos; por ejemplo, cuando el feto no está colocado con la cabeza hacia abajo y lo primero que sale son los pies o las nalgas. Se recurre entonces a una cesárea, que consiste en la extracción quirúrgica del feto mediante la sección de la pared abdominal y del útero, con su posterior reconstrucción.

SALUD REPRODUCTIVA

Tener un hijo es una de las decisiones más importantes que toman las personas en su vida. Exige madurez y responsabilidad de los adultos que la toman, a fin de que los hijos puedan crecer y desarrollarse en un ambiente favorable a sus necesidades.

La **planificación familiar** comprende los procedimientos que emplean las parejas para proyectar el momento del embarazo y controlar el número de hijos.

El desarrollo de los **métodos anticonceptivos**, que tienen como finalidad impedir la unión del óvulo con el espermatozoide, ha favorecido que las personas puedan decidir cuántos hijos planean tener.

Existen distintos tipos de métodos anticonceptivos:

■ **Métodos naturales.** Entre ellos se encuentra el **método del calendario**, que consiste en la abstinencia de relaciones sexuales en los días fértiles del ciclo ovulatorio; es muy inseguro para evitar el embarazo, dado que no todas las mujeres tienen un ciclo regular.

■ **Métodos hormonales.** Son las **pastillas anticonceptivas**, que contienen hormonas (estrógeno o progesterona) e impiden la ovulación. Son muy seguras, siempre que no se produzcan olvidos en su ingesta, requieren control médico y provocan efectos secundarios. No protegen contra las *enfermedades de transmisión sexual* (ETS).

■ **Métodos de barrera.** Impiden el paso de los espermatozoides hacia las trompas de Falopio. El **diafragma** es un dispositivo de látex que se utiliza asociado a una crema espermicida y se coloca en el interior de la vagina para impedir el paso de los espermatozoides al útero; debe quitarse no antes de ocho horas después de la relación sexual, y no protege frente a las ETS. El **preservativo** es una funda de látex que puede colocarse dentro del canal vaginal (preservativo femenino) o cubriendo el pene (preservativo masculino); es el único método anticonceptivo efectivo en la protección frente a las ETS, debido a que impide el paso de los espermatozoides y también de hongos, bacterias y virus. El **dispositivo intrauterino** (DIU) se coloca dentro del útero, únicamente por un ginecólogo, y se recomienda su uso en mujeres que ya han tenido embarazos; poseen un tiempo de vida útil de varios años y son bastante seguros frente al embarazo, aunque no protegen de las ETS.

■ **Métodos irreversibles.** Consisten en una operación quirúrgica por medio de la cual se seccionan y se atan los conductos de salida de los gametos. Estos métodos son muy eficaces, pero también definitivos.



Diafragma.



Preservativo masculino.

CONOCER MÁS

Métodos anticonceptivos. Si bien la mayoría de estos métodos están diseñados para que los utilice la mujer, la responsabilidad de su uso debe ser compartida. Es muy importante estar bien informado, dado que el no emplear métodos anticonceptivos puede llevar a embarazos no deseados.

ACTIVIDADES

14. Los ginecólogos calculan la fecha probable de parto contando 40 semanas a partir de la última menstruación. Si la gestación dura 36 semanas (9 meses), ¿por qué realizan este cálculo? Calculen la fecha de parto de una embarazada que tuvo su última menstruación el 15 de agosto?
15. ¿En qué casos se recurre a una cesárea?
16. ¿Cómo actúan los métodos que inhiben la ovulación?

7 ENFERMEDADES DE TRANSMISIÓN SEXUAL

Las enfermedades de transmisión sexual son un conjunto variado de enfermedades infecciosas, provocadas en el contacto sexual por diferentes agentes, como **bacterias** (sífilis, gonorrea), **hongos** (candidiasis) y **virus** (síndrome de inmunodeficiencia adquirida o sida, herpes genital). Muchas de ellas también se transmiten por vía sanguínea, o de la madre al feto durante el embarazo. En este grupo se encuentran enfermedades como la sífilis, la blenorragia, el herpes, la hepatitis B y el sida.

Algunas de estas enfermedades se curan con antibióticos, como la sífilis; otras no se curan, pero se las controla con tratamientos, como el herpes. Otras no tienen todavía un tratamiento que sea totalmente eficaz, como es el caso del sida, aunque los que se aplican hoy día ayudan a mejorar la calidad de vida de las personas infectadas.

Actualmente, no existen vacunas eficaces contra las enfermedades de transmisión sexual, salvo en el caso de la hepatitis B. Por ello, el mejor modo de combatirlas es evitar su transmisión previniendo el contagio.

Para evitar el contagio por sangre es necesario recurrir al uso de jeringas descartables y controlar que la sangre no esté infectada en el caso de realizar transfusiones. Además, no hay que compartir objetos punzantes ni elementos de higiene personal como cepillos de dientes o las afeitadoras. Para evitar el contagio por vía sexual, la única forma que se conoce hasta el momento es el uso de preservativos.

En todos los casos, también son excelentes medidas preventivas estar bien informados y contar con asistencia médica adecuada.

EL SIDA

El sida es producido por el virus de la inmunodeficiencia humana (**VIH**), que ingresa en el cuerpo a través de la sangre, el semen y las secreciones vaginales. También se transmite de madre a hijo durante el embarazo (a través de la placenta), el parto o la lactancia.

Este virus posee dos características peculiares:

- Puede permanecer latente por tiempo indefinido en las células que infecta, sin ser identificado ni destruido por nuestras defensas. La persona infectada no tiene síntomas, es un **portador asintomático** o **seropositivo**, pero puede contagiar a otras personas.
- Entre las células que destruye están los linfocitos, encargados precisamente de la defensa inmunitaria. Por ello produce la inmunodeficiencia, dejando a los pacientes indefensos ante infecciones que no afectarían a una persona en la que sus defensas funcionasen normalmente.

ACTIVIDADES

17. ¿Cómo se pueden prevenir las enfermedades de transmisión sexual?
18. ¿Qué características peculiares presenta el sida? ¿Qué mitos existen en la sociedad respecto de esta enfermedad? ¿Qué estrategias serían las más eficaces para desterrarlos?

CIENCIA, TECNOLOGÍA Y SOCIEDAD

FERTILIZACIÓN ASISTIDA

En ciertos casos, cuando una pareja encuentra serias dificultades para concebir, se utilizan técnicas de **reproducción asistida**. Se emplean fundamentalmente dos:

■ **Inseminación artificial.** Consiste en la introducción artificial de semen, previamente obtenido del padre, en el interior de las vías genitales femeninas. Se utiliza en casos de esterilidad, por ejemplo, cuando el semen presenta escasa movilidad de los espermatozoides o una disminución en su número.

■ **Fecundación *in vitro* y transferencia de embriones (FIVTE).** Implica la fecundación del óvulo fuera de las vías genitales de la madre y la posterior transferencia del embrión al útero materno. Se utiliza en casos de esterilidad por obstrucción de las vías genitales femeninas o por la incapacidad para producir óvulos, o cuando se aconseja la selección de embriones para prevenir anomalías genéticas en los hijos.

EL DEBATE EN LA SOCIEDAD

Las técnicas de fertilización asistida permiten la reproducción de personas que de otro modo no podrían tener hijos biológicos. Sin embargo, técnicas como la de transferencia de embrones plantean problemas éticos y sociales debido a que requieren la manipulación de embrones humanos.

Una de los mayores debates que existe actualmente respecto de esta cuestión se centra en el destino de los embrones sobrantes que se producen como resultado del empleo de estas técnicas. ¿Qué hacer con ellos? ¿Se implantan todos en la madre, aunque eso pueda impedir el desarrollo adecuado del embarazo? ¿Se donan para la investigación? ¿Se dan en adopción? ¿Se destruyen?

Estos interrogantes han generado una gran controversia en distintos ámbitos. Mientras que algunas posturas consideran que los embrones deben ser protegidos como personas desde el momento mismo de la fecundación, otras postulan que hay distintas etapas en el desarrollo del embrión hasta su constitución como persona y proponen una protección diferencial de acuerdo con el nivel de desarrollo.

Algunos países tienen leyes que regulan las prácticas de fertilización asistida. En la Argentina, hasta el momento, no existen leyes que la regulen. Sin embargo, existe un código de normas éticas que respetan los profesionales y los centros de medicina reproductiva.

En nuestro país no existe en la actualidad cobertura estatal para el uso de esta costosa tecnología y en su gran mayoría estas prácticas se llevan a cabo en el ámbito privado.



Técnica de la FIVTE.

PARA PENSAR Y CONVERSAR

19. La FIVTE se recomienda en aquellos casos en que los progenitores pueden heredar a sus hijos enfermedades graves. Pero también puede ser empleada, en los países cuya legislación lo permite, para elegir el sexo del futuro hijo. ¿Consideran que es necesario poner límites al empleo de esta tecnología? ¿Por qué?

20. En cuanto al destino de los embrones que no son implantados en la madre, ¿qué opinan respecto de reconocer al embrión como persona a partir de un momento determinado de su desarrollo? ¿Cuál debería ser ese momento?

21. ¿Debería el Estado proporcionar cobertura en las prácticas de fertilización asistida y afrontar el gasto que implican estas costosas técnicas? ¿Por qué?

UN PASEO POR LOS TEXTOS

MIENTRAS TANTO

1748

Italia. Comienzan las excavaciones en la ciudad de Pompeya, sepultada por las cenizas de una erupción volcánica 1.500 años antes.

1768

Italia. Lazzaro Spallanzani realiza los experimentos que refutan la teoría de la generación espontánea.

1789

Francia. El pueblo francés toma la fortaleza de la Bastilla, acontecimiento que dará comienzo a la Revolución Francesa.

1810

Argentina. Se crea la Biblioteca Pública de Buenos Aires, actual Biblioteca Nacional.

1858

Gran Bretaña. Darwin da a conocer su teoría de la evolución a través de la selección natural.

El preformacionismo

El preformacionismo, o preformismo, es una antigua teoría que postulaba que el desarrollo de un embrión consistía en el crecimiento en tamaño de un organismo que estaba ya preformado, y tuvo un importante auge desde mediados del siglo XVII hasta fines del siglo XVIII.

Los partidarios del preformacionismo se dividían en dos grandes grupos: aquellos que sosténian que el animal preformado se encontraba en el esperma (animalculismo o espermismo), entre ellos Anton van Leeuwenhoek; y aquellos que lo situaban en el óvulo sin fecundar (ovismo), como Lazzaro Spallanzani.

Animalculistas

[...] ahora que he descubierto que los animálculos también se encuentran en las simientes masculinas de cuadrúpedos, aves y peces, e incluso en parásitos, asumo con mayor certeza que antes que un ser humano no se origina de un huevo [óvulo], sino de un animálculo que se encuentra en el esperma masculino; más aún desde que recuerdo haber visto antes que en el esperma de hombres y perros existen dos tipos de animálculos. Viendo esto imagino que los de un tipo son machos y los de otro son hembras.

Anton van Leeuwenhoek, 1680.

Ovista

[...] Los naturalistas que creen en la preexistencia de los fetos están divididos; unos pretenden que existan en la madre, los otros, en el padre. Los últimos en-

cuentran los fetos en los pequeños gusanos del líquido seminal que pasan a la hembra a favor de la cópula. Pero ¡qué falsa es esta opinión! He afirmado que en la rana verde acuática, cuando los corpúsculos oviformes o fetos en madurez han descendido al útero, quedan aún en los ovarios otros más pequeños y que estos servían para la propagación de la especie al año siguiente. [...] He observado aun esto en otros anfibios. De manera que al menos se puede decir, con seguridad, que los fetos están en los ovarios de las hembras por lo menos un año antes de servir a la generación. Es, por tanto, poco creíble que estos fetos hayan pasado durante la cópula del macho a la hembra.

Fragmto del volumen II de *Disertazioni di fisica animale e vegetabile*, escrito por Lazzaro Spallanzani en 1780.

ACTIVIDADES

22. Leer y comprender. Lean los textos y analicen sus características. ¿Son narraciones, descripciones, explicaciones, o más de una cosa a la vez? Justifiquen sus respuestas.

23. De acuerdo con lo visto en el capítulo ¿pudo van Leeuwenhoek haber visto dos tipos de "animálculos" efectivamente? ¿Por qué?

24. Identifiquen y comparan los conocimientos del siglo XVIII con los actuales sobre los gametos, el semen y la fecundación. Luego, reescriban la siguiente oración: *Los últimos [los naturalistas] encuentran los fetos en los pequeños gusanos del líquido seminal que pasan a la hembra a favor de la cópula.*

EN EL LABORATORIO

ENCUESTA SOBRE VIH Y SIDA

Según datos del Ministerio de Salud de la Nación, se estima que en la Argentina hay alrededor de 130 mil personas que viven con VIH, pero apenas la mitad lo sabrían; es decir, la otra mitad no estaría recibiendo las terapias médicas necesarias ni sería consciente de que puede transmitir el virus.

A continuación, les proponemos que determinen el grado de información que los estudiantes secundarios tienen respecto de los riesgos de contraer el VIH, cómo prevenir el contagio y su actitud ante las personas afectadas por este síndrome.

PROCEDIMIENTO

PASO 1. Dividan el curso en grupos, de no más de cuatro personas. Cada grupo deberá realizar no menos de 25 encuestas, con las siguientes características:

- Los encuestados deben ser alumnos secundarios que asistan a la misma escuela de los encuestadores.
- La encuesta será anónima.
- Deberá consignarse el sexo del encuestado.

■ Las preguntas serán cerradas y de elección múltiple, es decir, las respuestas posibles figurarán entre las opciones dadas.

PASO 2. Armen la encuesta con las preguntas que consideren más interesantes y adecuadas. Aquí se muestran algunos ejemplos de preguntas:

ENCUESTA SOBRE VIH Y SIDA

Sexo del encuestado:

F

M

PREGUNTA 1. ¿Qué método considera más adecuado para evitar la transmisión del VIH por vía sexual?

- a. Evitar cualquier contacto con personas que viven con VIH.
- b. La abstinencia sexual.
- c. El preservativo.
- d. No conozco los métodos.

a. Solicitaría que lo expulsasen de la escuela.

b. Me cambiaría de escuela.

c. No tendría contacto con este compañero.

d. Hablaría con mi compañero para conocer más sobre el VIH y cómo se vive con ese virus.

a. El sida puede curarse mediante el tratamiento con una combinación de medicamentos.

b. El sida es incurable, pero puede controlarse por tiempo indefinido mediante el tratamiento médico adecuado.

c. El sida es incurable, pero se puede alargar la vida del paciente mediante tratamiento médico.

d. El sida no tiene tratamiento médico.

PREGUNTA 2. ¿Qué actitud tomaría si se enterase de que un compañero vive con VIH?

PREGUNTA 3. ¿Cuál de las siguientes afirmaciones sobre el sida es la más exacta?

PASO 3. Luego de realizar la encuesta, deben procesar los datos obtenidos. Para ello, será necesario que confeccionen dos tablas para volcar los datos, una para los encuestados de sexo masculino y otra para los de sexo femenino.

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

25. Los resultados obtenidos, ¿permiten concluir que los varones y las chicas cuentan con diferente información respecto del VIH y el sida?
26. ¿Qué porcentaje de los alumnos sabe cómo prevenir el contagio? ¿Cuál fue el método más elegido?
27. Analicen los resultados, formulen sus conclusiones y vuélquenlas en un informe.

ACTIVIDADES

28

El óvulo tiene alrededor de 150 micrones (μm) de diámetro, mientras que un espermatozoide mide 60 μm de longitud.

- ¿Cuántos óvulos habría que situar uno tras otro para alcanzar la longitud de un centímetro?
- ¿Cuántos espermatozoides serían necesarios para alcanzar dicha longitud? (1 μm es la millonésima parte de un metro).

29

La salida del semen de las vías genitales masculinas se denomina *eyaculación*. El líquido seminal contiene 100 millones de espermatozoides por mililitro (ml).

- ¿Dónde se forman los espermatozoides?
- ¿Qué quiere decir que su formación es continua?
- ¿Cuántos se emitirán en una eyaculación más o menos normal, de 3,5 ml?

30

Enumeren las estructuras por las que transita un espermatozoide desde los tubos seminíferos hasta que son depositados en la vagina de una mujer.

31

¿Dónde se forman los óvulos? ¿Qué quiere decir que su producción es cíclica?

32

¿Qué ocurre con el cuerpo amarillo luego de la ovulación? Expliquen cuál es el papel que desempeña esta estructura en un ciclo menstrual en el que no ocurre fecundación y durante las primeras etapas del embarazo.

33

Respondan a las siguientes preguntas:

- ¿Dónde se produce la fecundación en el ser humano?
- ¿Qué etapas del desarrollo ocurren antes de que el cigoto se implante en el útero?

34

Enumeren los procesos que tienen lugar desde que los espermatozoides son depositados en la vagina de una mujer hasta que se produce el parto.

35

Indiquen en qué trimestre del desarrollo embrionario tienen lugar los siguientes acontecimientos:

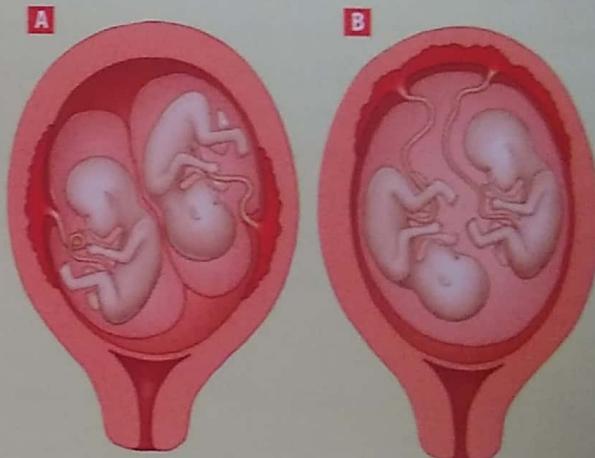
- El embrión ya es considerado feto.
- Se produce la osificación del esqueleto.
- Se desarrollan los genitales externos.
- Se forma la bolsa amniótica.

- El feto ya puede sobrevivir fuera del útero materno.

36

Los siguientes esquemas representan un caso de gemelos y otro de mellizos.

- ¿Qué caso se representa en A? ¿Cuál en B?
- ¿Por qué razón los gemelos son idénticos, mientras que los mellizos no lo son?
- Comparen los esquemas y expliquen las diferencias que observen entre la gestación de los gemelos y la de los mellizos.

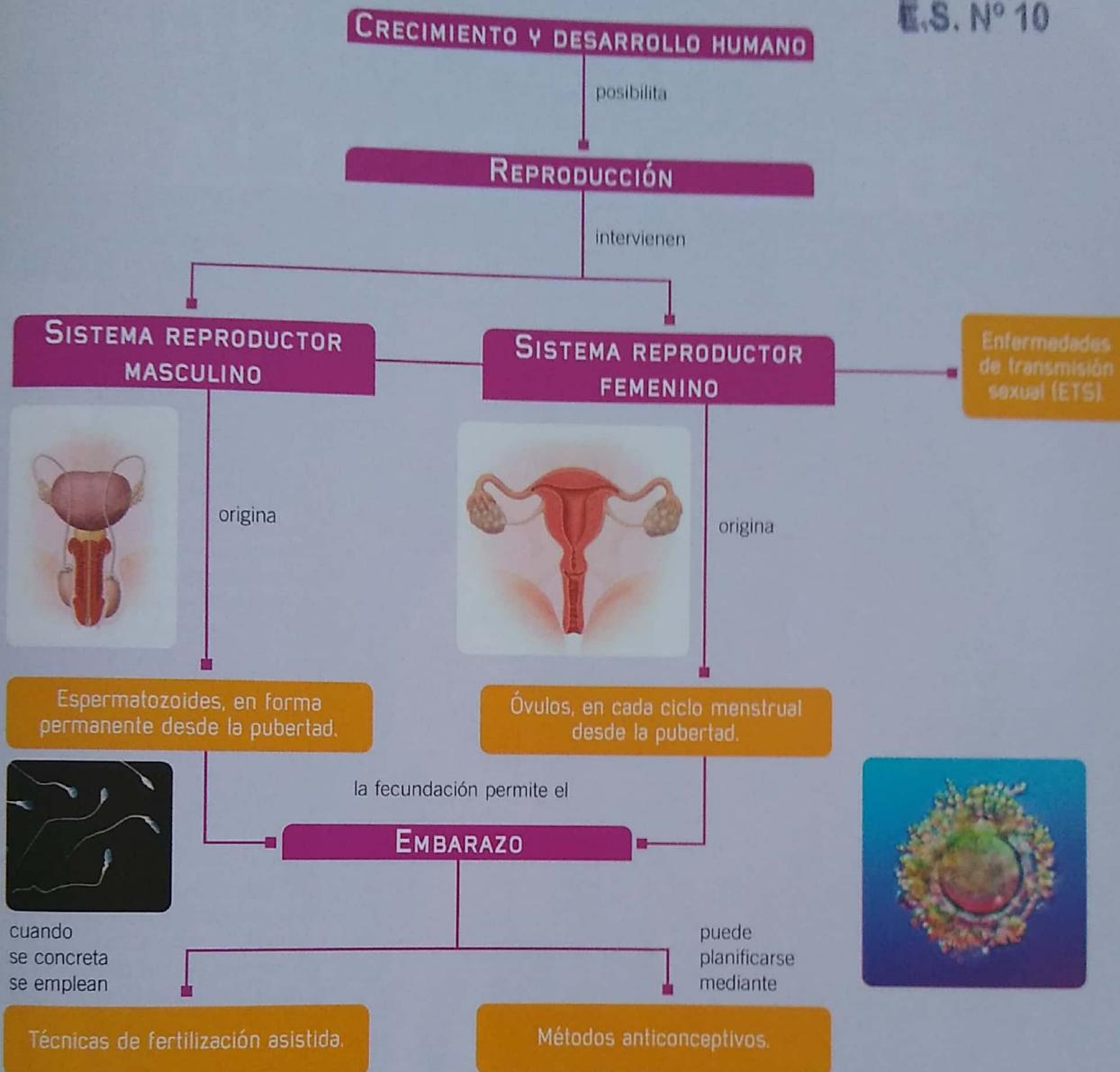


37

Los médicos obstetras aconsejan a las mujeres embarazadas no fumar, no beber alcohol y no tomar medicamentos sin prescripción médica durante la gestación. Expliquen las causas de estas indicaciones.

38

Para la implementación de muchas técnicas de fertilización asistida es necesario que la mujer tome fármacos especiales que favorecen la fertilidad. El uso de estas sustancias suele elevar la ocurrencia de partos múltiples (es decir, de más de un feto) y cuando más de dos embriones comparten el útero, hay una alta probabilidad de que se produzcan partos prematuros y problemas en el desarrollo. Los médicos están al tanto de esta consecuencia del empleo de fármacos para la fertilidad y pueden eliminar algunos de los embriones durante las primeras etapas del desarrollo, acción que ofrece un mejor entorno gestacional a un menor número de embriones. Escriban un breve texto en el que comenten su postura acerca de las cuestiones éticas relacionadas con el empleo de estos fármacos y la remoción selectiva de embriones.



PARA VOLVER A EMPEZAR

- En la Argentina, existen distintos planes de salud relacionados con la maternidad, la procreación responsable y la prevención de ETS. Visiten el sitio del Ministerio de Salud de la Nación y busquen información sobre los diferentes programas relacionados con la salud reproductiva que actualmente se desarrollan.

<http://www.msal.gov.ar/htm/Site/default.asp>

- ¿Qué tipo de programas lleva adelante el Ministerio?
- ¿Qué alcance tienen? ¿Cubren todas las regiones del país?
- ¿Qué acciones se llevan a cabo?



LOS MECANISMOS DE LA HERENCIA



La reina Victoria de Inglaterra (1837-1901) y sus hijos con herencia para la hemofilia.

Leopold (1853-1884), hemofílico, murió a los 31 años a causa de una hemorragia ocasionada por una caída.

Alice (1843-1878), portadora del gen de la hemofilia (lo transmitió a su descendencia, pero no padeció la enfermedad).

Beatrice (1857-1944), portadora del gen de la hemofilia.

Los seres vivos se reproducen generando copias más o menos idénticas a sí mismos. La mayoría de las plantas y los animales se reproduce en forma sexual; en los progenitores se producen gametos que se unen para formar el cigoto, la primera célula del nuevo individuo, que contiene la información necesaria para el desarrollo del nuevo ser.

PARA ENTRAR EN TEMA

CON LO QUE OBSERVO

La hemofilia es una enfermedad que consiste en una deficiencia en una de las proteínas necesarias para la coagulación de la sangre; en las personas que padecen esa dolencia no puede coagularse tan rápidamente como la de una persona sana, y un simple corte puede ocasionar una hemorragia mortal. A fines del siglo XIX esta enfermedad se conocía como "la enfermedad real", pues afectó a familias de las dinastías reinantes de Inglaterra, Prusia, España y Rusia, debido a la costumbre de contraer matrimonios consanguíneos, es decir, entre familias emparentadas. La descendencia de la reina Victoria de Inglaterra comenzó a manifestar este padecimiento y, debido a la falta de antecedentes familiares de esta enfermedad, se supone que surgió como una mutación en Victoria o en alguno de sus padres, o a causa de una infidelidad marital (dato que se desconoce).

a. Según la información sobre estos personajes históricos que se brinda en la página anterior, ¿qué características puede tener la herencia de esta enfermedad?



La reina Victoria, el príncipe Alberto y la familia real. Ilustración de M.W. Ridley, publicada en Frank Leslie's illustrated newspaper, Vol. 44, Nº 1137, 14 de julio de 1877.

CON LO QUE SÉ

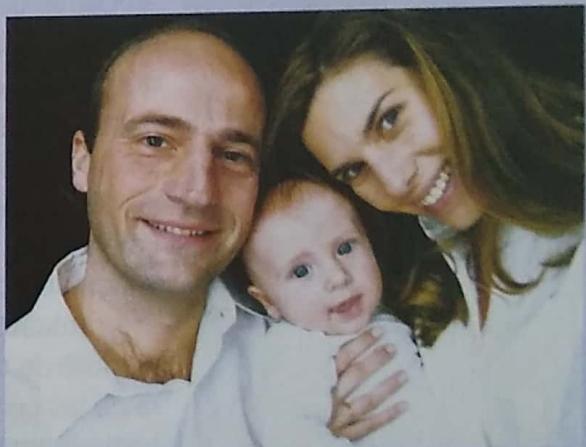
b. Como ya vimos en capítulos anteriores, los organismos con reproducción sexual forman sus gametos mediante el proceso de meiosis.

- Ese mecanismo es necesario para mantener constante el número de cromosomas de la especie; ahora bien: ¿qué otro proceso importante ocurre durante esa división? ¿En qué consiste?
- ¿De qué manera se relaciona con la herencia y la variabilidad genética?

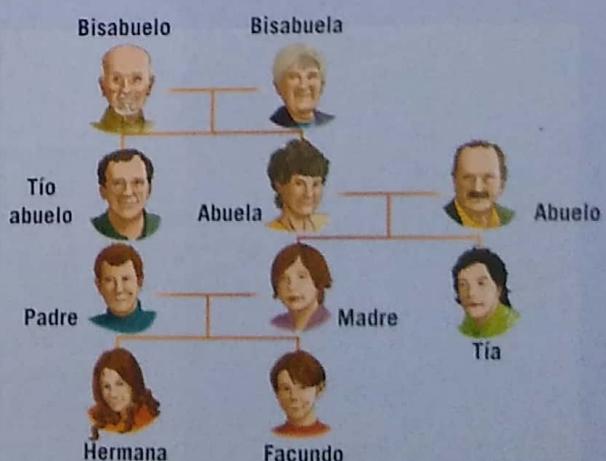
CON LO QUE DESCUBRO

c. Facundo tiene ojos verdes, igual que su mamá. Un día, decidió investigar y comenzó a preguntar a sus parientes si esta característica era común en su familia, y descubrió que un bisabuelo, a quien no había conocido, también tenía los ojos de dicho color.

- ¿De qué pariente parece heredar Facundo los ojos verdes?
- ¿Por qué será que la hermana de Facundo tiene ojos marrones?
- ¿Qué se querrá expresar al decir que una característica hereditaria "salta" una generación?



El color de los ojos o el tipo de cabello (lacio o rizado) son caracteres hereditarios.



1 DIVERSIDAD EN LOS SERES HUMANOS

Todos los seres humanos pertenecen a la misma especie y tienen **características específicas** que los diferencian de otras especies. Sin embargo, una mirada sobre las personas nos permite comprobar la diversidad que presentan estas características.

Algunos individuos se parecen más entre sí y muestran más características comunes que otros. Es decir, no son idénticos: no existen dos personas exactamente iguales. Esto se debe a las **variaciones individuales** que hacen de cada persona un ser único, diferente a los demás. Las variaciones que nos permiten distinguir a un individuo de otro reciben el nombre de **caracteres**.

Los seres humanos pertenecemos a la misma especie, pero las variaciones individuales hacen que todos sean diferentes entre sí.

CARACTERÍSTICAS ESPECÍFICAS	VARIACIONES INDIVIDUALES
Ojos	Color: marrones, azules, verdes, etcétera.
Pelo	Color: rubio, castaño, pelirrojo, etcétera. Tipo: liso, rizado, etcétera.
Orejas	Tamaño: grandes, pequeñas, etcétera. Tipo de lóbulo: pegado o libre.

TIPOS DE VARIACIONES

Las variaciones que presentan los individuos dentro de una especie pueden ser de dos tipos:

■ **Variación discontinua.** El carácter puede emplearse para dividir a los miembros de una especie en dos o más grupos diferentes. Por ejemplo, las personas se pueden clasificar en dos grupos, de acuerdo con el tipo de lóbulos de sus orejas o en cuatro, según su tipo de huella digital. Este tipo de caracteres se denominan **cuantitativos**.

■ **Variación continua.** Las diferencias que existen entre los individuos para un carácter son pequeñas y graduales. Estos caracteres reciben el nombre de **cualitativos**. Ejemplo de este tipo de caracteres es la estatura de las personas; es un rasgo que varía de forma continua, desde muy baja a muy alta.

VARIACIÓN DISCONTINUA DEL CARÁCTER HUELLA DIGITAL



CONOCER MÁS

Los **caracteres** pueden ser de distinto tipo: morfológicos, anatómicos, fisiológicos, conductuales, bioquímicos, genéticos.

Los biólogos que trabajan en la sistemática de organismos denominan carácter a cada uno de los rasgos que se emplean para la descripción de los seres vivos.

2 CARACTERES HEREDITARIOS Y ADQUIRIDOS

Las características que nos diferencian como especie (por ejemplo, tener cinco dedos en las manos y los pies, o los ojos al frente de nuestra cabeza) y una gran parte de las variaciones individuales se transmiten de padres a hijos. Sin embargo, algunos caracteres de los padres no se transmiten. De acuerdo con esto, se puede dividir a los caracteres en dos grupos:

■ **Caracteres hereditarios.** Son aquellos que se transmiten de generación en generación, aunque no necesariamente aparecen en todas las generaciones. Algunos ejemplos de caracteres hereditarios son el color de la piel, del pelo y de los ojos, la forma de la cara o la estatura.

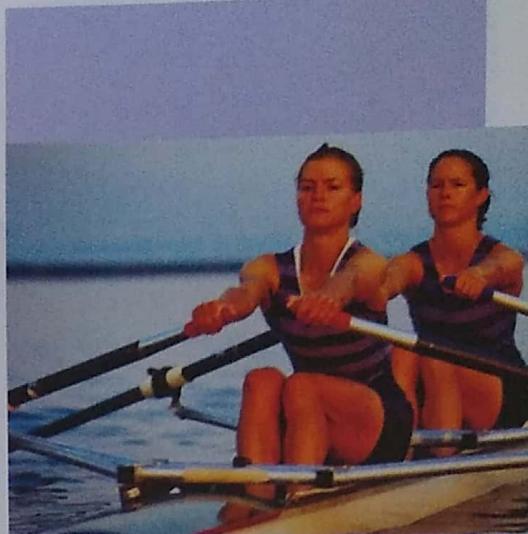
■ **Caracteres adquiridos.** Son aquellos que no se transmiten a la descendencia. Aparecen durante la vida de un individuo como consecuencia de la influencia del ambiente, una enfermedad, un accidente, la actividad física, entre otras causas. Por ejemplo, una persona con un entrenamiento deportivo intenso desarrollará una gran masa muscular, o tendrá la piel más oscura, acostumbra permanecer mucho tiempo al sol o desarrolla una gran variedad de actividades al aire libre.

LA HERENCIA

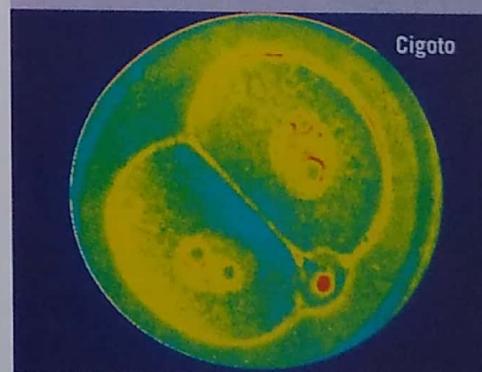
La especie humana, al igual que muchas otras, se reproduce en forma sexual. En este tipo de reproducción, como ya vimos en capítulos anteriores, los individuos de ambos sexos producen células reproductivas especiales, los gametos. De la fusión del gameto paterno, el espermatozoide, con el gameto materno, el óvulo, se produce la fecundación y se genera una única célula, el cigoto, a partir de la cual se desarrolla el nuevo individuo.

Algo que es importante recordar es que en la célula huevo no se hallan los caracteres hereditarios, sino la información necesaria para que estos aparezcan en el nuevo individuo. Esta es la información a la que se denomina **hereditaria** o **genética**.

Los descendientes poseen, entonces, características genéticas similares a las de ambos progenitores, pero no idénticas: en la reproducción sexual se combina la información proveniente de ambos progenitores.



El desarrollo muscular que se produce como resultado del entrenamiento deportivo no se transmite a la descendencia.



En la fecundación, un óvulo y un espermatozoide se unen (A) y originan un cigoto (B).

ACTIVIDADES

1. Busquen otros ejemplos de caracteres humanos con variación continua y discontinua.
2. Expliquen cuáles son las diferencias entre un carácter hereditario y uno adquirido y mencionen un ejemplo de cada uno que no aparezca en el texto.
3. Durante varios siglos, los científicos afirmaron que en el cigoto existía un individuo en miniatura que se desarrollaba durante el embarazo. Hoy se sabe que esto no es así. Describan qué es lo que se encuentra en realidad en el cigoto.

3 LOS GENES Y LA HERENCIA



La diferencia entre dos proteínas reside en la diferente secuencia de aminoácidos que las componen.

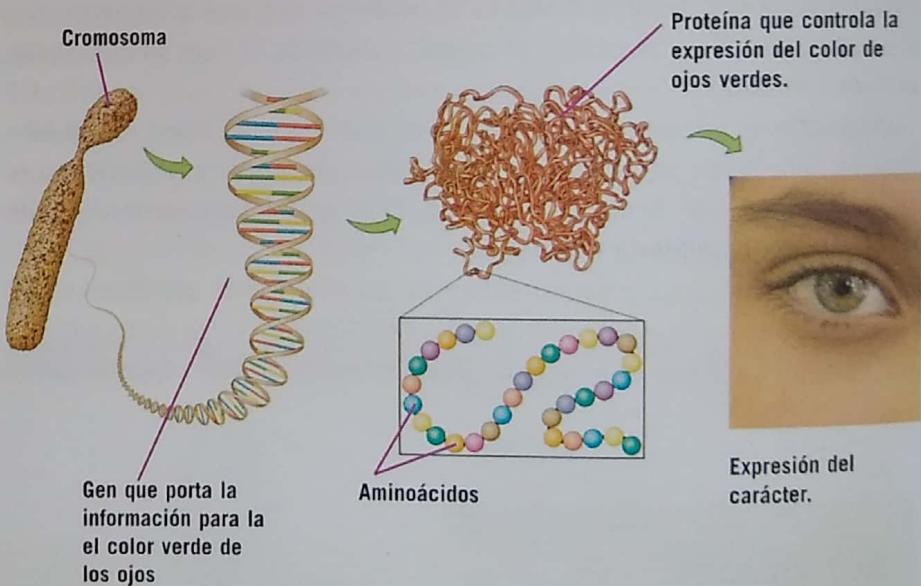
En el capítulo 4, hemos visto que el **ADN** (ácido desoxirribonucleico) que forma los cromosomas es una molécula constituida por dos cadenas dispuestas en espiral, a la que se denomina *doble hélice*. Cada cadena está integrada por una sucesión de **nucleótidos**. A lo largo de la doble hélice hay una determinada secuencia de componentes acoplados, como si fuesen los travesaños de una escalera.

Un **gen** es un sector determinado de un cromosoma que posee una secuencia de bases específica, es decir, un fragmento de ADN que contiene la información para sintetizar una proteína, la cual es responsable de la manifestación de un carácter.

Cada gen regula, dentro de la célula, las funciones celulares que influyen sobre el desarrollo y el funcionamiento

de todos los sistemas del organismo. Hay genes que actúan en la síntesis de enzimas digestivas o de hormonas que intervienen en el control de funciones del organismo. Otros genes contienen la información necesaria para que se manifiesten algunas características del organismo, como el color del cabello o de los ojos, o la predisposición a padecer algunas enfermedades.

EXPRESIÓN DE UN CARÁCTER



Un gen es un segmento de ADN que contiene la información para construir una determinada proteína que, a su vez, controla la aparición de un determinado carácter, por ejemplo, el color de los ojos.

LAS MUTACIONES

La aparición súbita y al azar de un cambio en la información genética contenida en el ADN es lo que se denomina *mutación*. Como veremos a continuación, este nombre se emplea tanto para el proceso de cambio como para el resultado de este proceso.

Las mutaciones se producen en forma espontánea, pero pueden ser estimuladas por agentes, a los que se denomina **mutagénicos**, como las radiaciones (rayos X, rayos ultravioleta, radiación atómica) o diversas sustancias químicas.

Las mutaciones pueden ocurrir en cualquier célula de un organismo.

- Si se produce en una **célula no reproductora**, la mutación desaparecerá con la muerte de la célula o del organismo. Sin embargo, estas mutaciones pueden producir tumores cancerosos. Las células de este tipo de tumores provienen de una célula que ha sufrido una o varias mutaciones.
- Si se produce en una **célula reproductora**, la mutación se transmitirá de generación en generación mediante la reproducción. El cigoto que se forme con un gameto portador de esa mutación la transmitirá a todas las células del nuevo organismo y este, a su vez, podrá transmitirla a su descendencia.

Cuando las mutaciones no son letales y se transmiten a la descendencia, se originan los *alelos*, es decir, las distintas formas de un gen determinado que son las que otorgan la variabilidad a los individuos; por ejemplo, el color de ojos verde, marrón o azul.

Al comparar las secuencias de nucleótidos de dos genes alelos, es frecuente encontrar que las diferencias se reducen a uno o unos pocos nucleótidos: una o varias mutaciones son la causa de estas diferencias.

Podemos decir, entonces, que la existencia de dos o más alelos para un mismo gen es la base de la diversidad genética y se origina por mutación.

COMPARACIÓN DE LA SECUENCIA DE LOS GENES A Y B DEL GRUPO SANGUÍNEO ABO

	Nº DE NUCLEÓTIDOS	POSICIÓN 523	POSICIÓN 700	POSICIÓN 793	POSICIÓN 800
Alelo A	1.062	C	G	C	G
Alelo B	1.062	G	A	A	C



Los rayos ultravioleta del Sol son agentes mutagénicos que pueden originar mutaciones en las células de la piel.



La anemia falciforme es una enfermedad causada por una mutación que causa que la hemoglobina varíe y se originen glóbulos rojos con forma de hoz en lugar de los glóbulos rojos normales.

ACTIVIDADES

4. ¿En qué se diferencian dos genes?
5. Expliquen cómo la información contenida en un gen, por ejemplo, para el color de pelo negro, se manifiesta en un determinado carácter.
6. Si como consecuencia de la exposición excesiva a los rayos ultravioleta del Sol se producen mutaciones en las células de la piel que originan un cáncer, ¿heredarán el cáncer los descendientes de esa persona? ¿Por qué?

4 GENÉTICA Y TEORÍA CROMOSÓMICA DE LA HERENCIA

La **genética** es la disciplina científica que estudia la herencia de los caracteres de los organismos.

Esta ciencia nació con los trabajos pioneros de Gregor Mendel, quien realizó cruzamientos controlados de diferentes variedades de arvejas (*Pisum sativum*): plantas altas y bajas, con semillas amarillas o verdes, lisas o rugosas, con flores blancas o violáceas, y luego estudió con qué patrón aparecían estos caracteres en los descendientes.

En el siglo XX, las investigaciones de Mendel fueron reinterpretadas según la **teoría cromosómica** de la herencia. Según esta, los genes contienen la información necesaria para la expresión de los caracteres y se distribuyen linealmente en los cromosomas, de modo similar a las perlas de un collar. En los pares de cromosomas homólogos, los genes responsables de un carácter siempre se ubican en la misma posición.

GENES ALELOS

Sabemos que cada gen presenta diferentes versiones o alternativas para un mismo carácter, los **alelos**. Por ejemplo, el gen responsable del carácter “color de semillas” de las arvejas tiene dos alelos, que determinan que sean amarillas o verdes. Los alelos siempre se sitúan en el mismo lugar del cromosoma. Como en cada individuo hay dos juegos de cromosomas, provenientes de cada progenitor, siempre hay una pareja de alelos.

Los alelos de un par pueden ser iguales o diferentes, de allí que los individuos pueden ser:

■ **Homocigotos.** Los dos alelos del mismo carácter son iguales; a estos individuos a menudo se los llama *puros*.

■ **Heterocigotos.** Los dos alelos son diferentes; a estos individuos usualmente se los denomina *híbridos*.

Existen dos tipos de alelos:

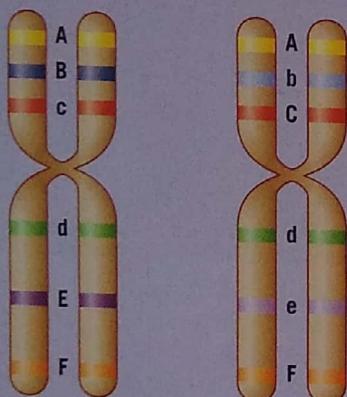
■ **Dominante.** Es aquel cuyo carácter se manifiesta siempre que esté presente. El alelo para “semillas amarillas” es dominante y se representa con una letra mayúscula, por ejemplo, **A**.

■ **Recesivo.** Es aquel cuyo carácter se manifiesta solo cuando su homólogo es igual, es decir, cuando el individuo es homocigoto. Es el caso del alelo para “semillas verdes” y se lo representa con una letra minúscula: **a**.

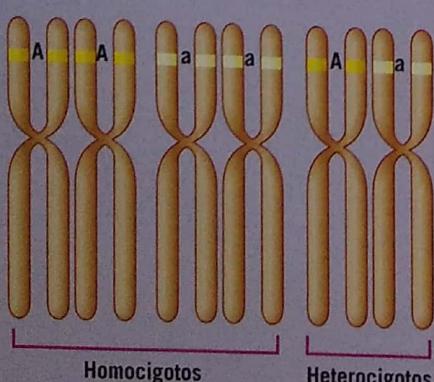
Los individuos homocigotos pueden ser: **AA**, los de semillas amarillas, y **aa**, los de semillas verdes. Los heterocigotos, **Aa**, tienen semillas amarillas, porque **A** es el alelo dominante.

Gregor Mendel (1822-1884).

PAR DE CROMOSOMAS HOMÓLOGOS Y PARES DE ALELOS



COMBINACIONES POSIBLES DE LOS DOS ALELOS DE UN GEN



GENOTIPO Y FENOTIPO

El conjunto de genes del organismo que contienen la información necesaria para que los caracteres se expresen se llama **genotipo**. Los individuos de una misma especie tienen genotipos similares pero no idénticos, ya que siempre presentan variaciones, que en su conjunto constituyen la variabilidad genética.

El conjunto de caracteres que un organismo manifiesta en un ambiente determinado se denomina **fenotipo**. Las variaciones del fenotipo pueden deberse a cambios adquiridos o a alteraciones que ocurren en los genes, las mutaciones.

LA INFLUENCIA DEL AMBIENTE

Las variaciones fenotípicas que presentan los individuos guardan una estrecha relación con el ambiente. Existen muchos factores ambientales que pueden intervenir en la manifestación de estas variaciones, como la alimentación, la temperatura, la luz, la humedad o las radiaciones. Las variaciones fenotípicas pueden estar representadas por rasgos físicos, bioquímicos, fisiológicos o conductuales.

Los efectos ambientales sobre el fenotipo pueden ser observados en todo tipo de organismos. La interacción del genotipo con el ambiente dará origen a la manifestación de diferentes fenotipos, a lo que se denomina **amplitud de reacciones del genotipo**. Sin embargo, hay que tener en cuenta que esta amplitud a veces es difícil de reconocer, ya que existen muchos caracteres cuya manifestación no depende de un gen, sino de un conjunto de genes, como ocurre con el color de la piel de los seres humanos. Este tipo de herencia en la que interactúan dos o más genes se denomina **poligénica**. Algunas variaciones fenotípicas son fáciles de observar a simple vista, mientras que otras requieren estudios bioquímicos o fisiológicos para poder confirmarlas, ya que su manifestación no tiene relación con el aspecto externo del organismo.

Un interesantísimo ejemplo de la influencia del ambiente en la variación del fenotipo se da en los conejos del Himalaya por efecto de la temperatura. Estos conejos son blancos, menos la punta de sus extremidades, su hocico, su cola y sus orejas, que son de color negro. Este conejo tiene el genotipo para el pelaje negro en todo el cuerpo, pero la enzima que produce ese pigmento se vuelve inactiva por encima de los 34 °C. A la temperatura ambiente ordinaria en la que vive este conejo, las extremidades, el hocico y las orejas están más frías que el resto del cuerpo, lo que permite que en esas zonas se produzca pigmento negro. El resto del cuerpo, que se encuentra a una temperatura mayor de 34 °C, presenta pelo blanco.

ACTIVIDADES

7. ¿Qué ocurrirá con la variabilidad genética en la reproducción asexual?
8. ¿Cómo se manifiesta un carácter en un individuo heterocigoto?
9. Expliquen la influencia del ambiente en la manifestación de un carácter.



Los gemelos idénticos comparten el mismo genotipo, pero pueden manifestar distintos fenotipos por influencia de la interacción con el ambiente.



Conejo del Himalaya.

5 LAS INVESTIGACIONES DE MENDEL

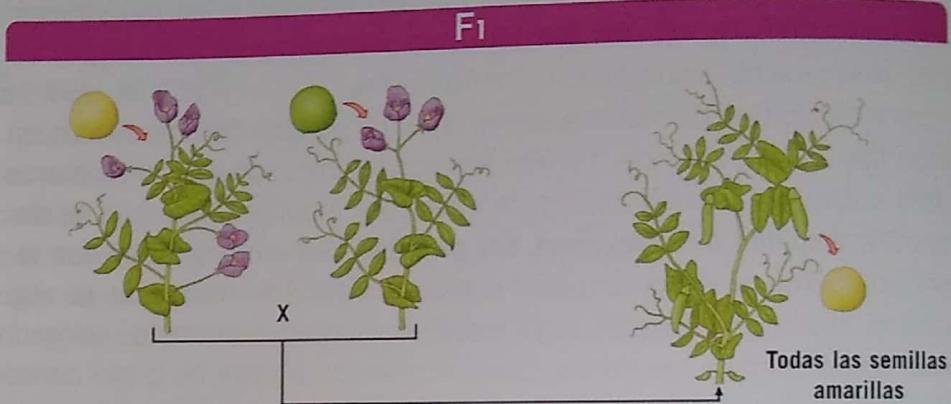


Planta de arveja (*Pisum sativum*).

Al comenzar sus investigaciones, Mendel buscó, en primer término, una especie con la cual experimentar. Su elección recayó en una planta de fácil cultivo que presentaba características bien diferenciadas: la arveja.

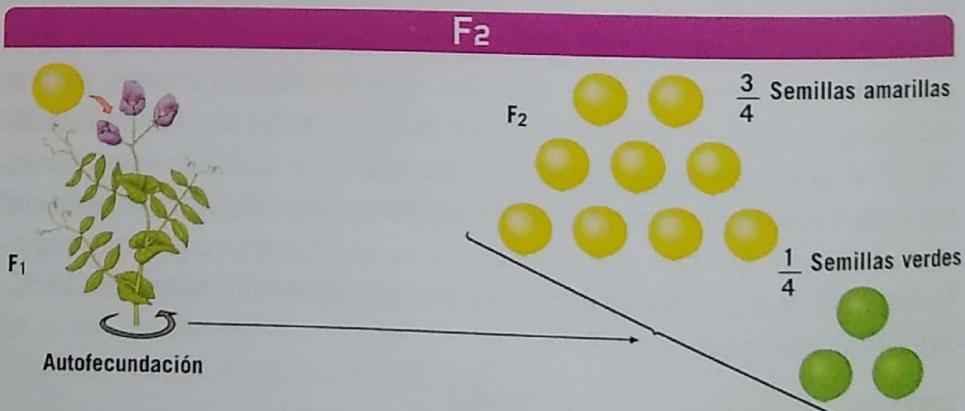
Luego, estableció un método para sus experimentos, que consistía en:

- Obtener individuos de **razas puras** que se diferenciaron entre sí en uno o en varios caracteres, como color o aspecto de la semilla, color de la flor o longitud del tallo.
- Cruzar dos razas puras que presentaran uno o varios caracteres diferentes y estudiar su presencia en los descendientes. Los progenitores puros serían la **generación parental o P**, y los descendientes híbridos, la **primera generación filial o F₁**.
- Cruzar entre sí los híbridos de la F₁ para estudiar los caracteres en la descendencia de estos: la **segunda generación filial o F₂**.



Mendel inició sus ensayos cruzando variedades de plantas que se diferenciaban en un solo carácter, como el color de las flores o el de las semillas. En el caso de la cruce de plantas con semillas amarillas y plantas con semillas verdes, todos los descendientes presentaron semillas amarillas.

Repitió estas cruzas con razas puras que diferían en otros caracteres y obtuvo los mismos resultados: la descendencia era uniforme para un carácter, correspondiente a uno de los progenitores. Al carácter que se manifestaba en los híbridos lo llamó **dominante**, y al que no aparecía, **recesivo**.



A continuación, permitió que los híbridos de la F₁ se autofecundaran. Al estudiar la descendencia obtenida, la F₂, observó que ya no era uniforme. De cada cuatro semillas, tres manifestaban el carácter dominante (por ejemplo, color amarillo de la semilla) y una el carácter recesivo (color verde). Nuevamente, repitió el experimento con los otros caracteres, obteniendo siempre los mismos resultados. Para explicarlos, Mendel propuso la existencia de factores internos responsables de los caracteres expresados por la planta. El factor dominante coincidía en los híbridos con el recesivo, por eso este último permanecía oculto.

Material de distribución gratuita.

PRIMERA Y SEGUNDA LEYES DE MENDEL

Las experiencias de Mendel, revisadas con los conocimientos actuales, permiten enunciar las leyes que rigen la herencia de los caracteres.

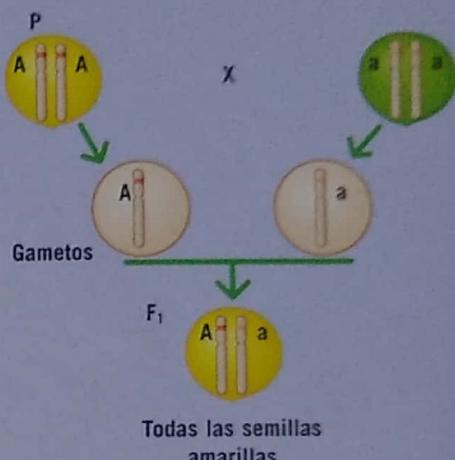
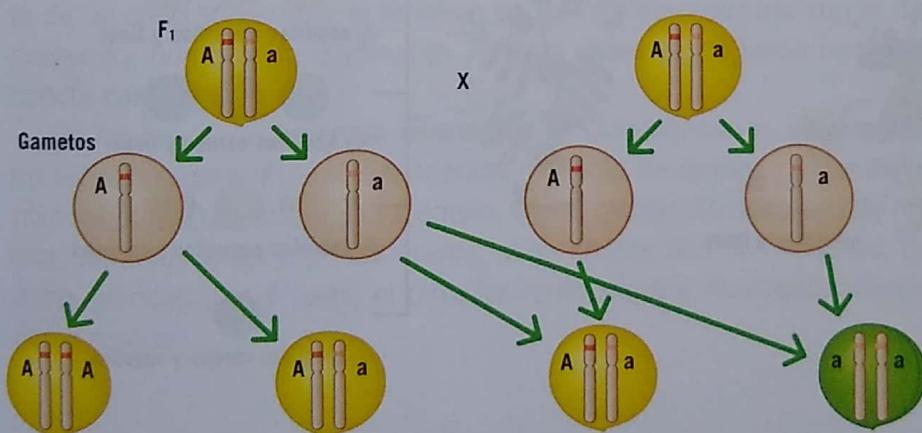
Mendel cruzó individuos de genotipo homocigota para el carácter color de semillas: plantas **AA**, para el carácter fenotípico semillas amarillas y **aa**, para semillas verdes.

Los progenitores **AA** producen solo gametos con el alelo **A**, y los **aa** producen solo gametos con el alelo **a**. Todos los individuos de la **F₁** son híbridos con genotipo heterocigota **Aa**. Su fenotipo es igual al del progenitor homocigota con alelos dominantes (semillas amarillas).

Según la **primera ley**, cuando se cruzan progenitores homocigotos que difieren en un carácter, la descendencia es uniforme.

Los híbridos de la **F₁** de la experiencia anterior, con genotipo **Aa** para el carácter color de semillas, producen dos tipos de gametos, ya que los alelos se separan: una tiene el alelo **A**, y la otra el alelo **a**. La unión de los distintos tipos de gametos da origen a una segunda generación filial **F₂**, cuyos individuos tienen tres genotipos posibles: **AA**, **Aa** y **aa**. Como los gametos se combinan al azar, se pueden calcular las proporciones que aparecerán de cada genotipo y fenotipo en la **F₂**. Para los genotipos, la proporción es 1:2:1. Para los fenotipos es 3:1, ya que el 75% de los individuos presenta el fenotipo dominante y el 25%, el recesivo.

Según la **segunda ley**, los diferentes alelos de la **F₁** se reparten en los gametos y se transmiten por separado. Los caracteres recesivos, que no se manifiestan en la **F₁**, reaparecen en la **F₂**, en proporción de 1 cada 3 dominantes.



ACTIVIDADES

10. ¿A qué se denomina "híbrido para un carácter"?
11. Expliquen por qué la primera ley de Mendel también se llama "de la uniformidad", y la segunda, "de la segregación".
12. Si las plantas de arvejas obtenidas en la **F₂** hubiesen sido 160, ¿cuántas, aproximadamente, serían homocigotas? ¿Cuántas, heterocigotas?
13. ¿De qué color serán las semillas que resulten de cruzar una planta de semillas amarillas de la **F₁** con otra de semillas verdes?

LA HERENCIA SIMULTÁNEA DE DOS O MÁS CARACTERES

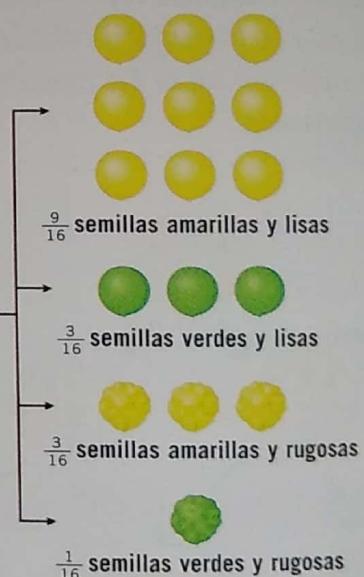
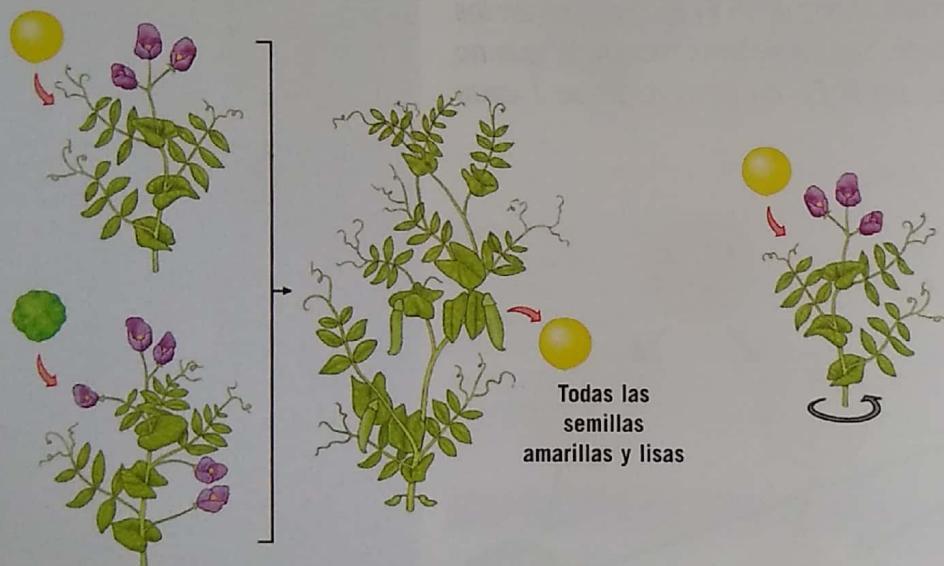
Tras completar sus experimentos con plantas que se diferenciaban en un solo carácter, Mendel se propuso investigar si los mismos principios podían aplicarse a la herencia de dos o más caracteres diferentes.

Empleó el mismo método de trabajo que en las experiencias anteriores:

- Cruzó dos razas puras para dos caracteres, centrando su atención en ambos caracteres, por ejemplo, el color de la semilla (amarillo verde) y el aspecto de la semilla (liso o rugoso). Así, cruzó plantas de semillas amarillas y aspecto liso con plantas con semillas de color verde y aspecto rugoso. El resultado fue una **F₁** formada por plantas que producían exclusivamente semillas amarillas y lisas; es decir, todas eran iguales y presentaban la forma dominante para ambos caracteres. Comprobó que también en este caso se cumplía la ley de uniformidad de la **F₁**.
- Permitió que los híbridos para los dos caracteres, o **dihíbridos**, de la **F₁** se autofecundaran. Obtuvo una descendencia formada por plantas que producían semillas de todos los tipos posibles: amarillas y lisas, amarillas y rugosas, verdes y lisas, y verdes y rugosas. Al contar el número de semillas de cada tipo en la **F₂**, observó que aparecían en la proporción 9:3:3:1.

CRUCE DE RAZAS PURAS PARA DOS CARACTERTES

AUTOFECUNDACIÓN EN DIHÍBRIDOS



Al repetir las mismas cruzas con plantas que se diferenciaban en otros pares de caracteres, Mendel pudo comprobar que **los caracteres se transmiten independientemente unos de otros**, de modo que pueden originar combinaciones nuevas que no existían en la generación parental **P**, como las semillas amarillas y rugosas o verdes y lisas.

LA TERCERA LEY DE MENDEL

Mendel eligió como generación parental P dos variedades de planta de arveja homocigóticas para dos caracteres: semillas amarillas lisas AALL y verdes rugosas aall.

En la formación de los gametos, los individuos con genotipo AALL para ambos caracteres producirán gametos con los alelos AL, y los que tienen genotipo aall originarán gametos con los alelos al. La unión de estos gametos produce individuos de la F₁ heterocigotos para ambos caracteres: AaLI. Respecto del fenotipo, toda la F₁ incluye individuos con los caracteres fenotípicos "semillas amarillas y lisas".

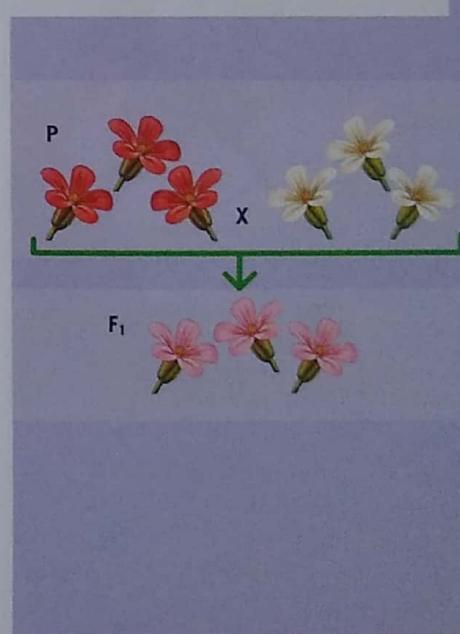
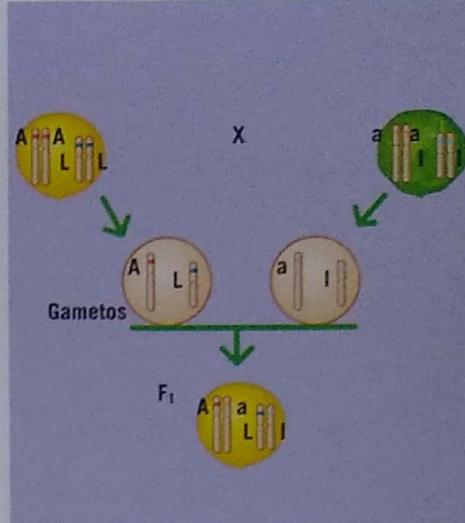
Los híbridos de esta F₁, con genotipo AaLI, producen cuatro tipos de gametos posibles: AL, AI, aL y al. Estos gametos se fusionan al azar, de modo que la F₂ da como resultado 16 combinaciones de genotipos. Con respecto a los fenotipos, se obtiene la proporción 9:3:3:1, que representa las siguientes semillas: 9 amarillas lisas, 3 amarillas rugosas, 3 verdes lisas y 1 verde rugosa.

Según la **tercera ley**, en los individuos heterocigotos para dos o más caracteres, cada carácter se transmite a la siguiente generación filial con independencia de cualquier otro. Los caracteres son independientes entre sí, y los genes responsables de ellos se transmiten sin subordinarse unos a otros, combinándose libremente.

LA HERENCIA INTERMEDIA

En los caracteres estudiados por Mendel existe dominancia absoluta de un alelo sobre otro: el fenotipo de los híbridos coincide con el del progenitor homocigota dominante. A estos casos se los llama de **dominancia completa**.

En los casos de **herencia intermedia**, la dominancia es **incompleta**: los fenotipos de la F₁ son intermedios respecto de ambos progenitores homocigotos. Esto ocurre, por ejemplo, en las plantas de dondiego de noche (*Mirabilis jalapa*), en las cuales, si se cruzan dos homocigotos, de flores blancas uno y rojas, el otro, los heterocigotos resultantes tienen flores rosadas.



ACTIVIDADES

14. Si en una F₂ se han contado 180 semillas amarillas y lisas, ¿cuántas amarillas y rugosas se espera obtener?
¿Cuántas, verdes y rugosas?
15. ¿Qué tipos de semillas se habrían obtenido en la F₂ si, a diferencia de lo que Mendel afirmaba, los caracteres se transmitieran juntos?
16. ¿Cuántos tipos de gametos puede formar un organismo heterocigoto para tres caracteres: AaBbCc?

6 LA HERENCIA EN LA ESPECIE HUMANA

CONOCER MÁS

Albinismo. Esta característica también aparece en otras especies animales y vegetales.

En los vegetales, se asocia con una falta de pigmentos denominados carotenos.

Los animales albinos, debido a la ausencia o disminución de pigmento, son muy vulnerables, los depredadores los localizan más fácilmente, y no suelen sobrevivir mucho tiempo, haciéndose difícil que lleguen a la edad reproductiva. Por esta razón, es raro encontrarlos en la naturaleza.

Sin embargo, existe una excepción a la regla. Las ardillas albinas son capaces de sobrevivir sin problemas en su ambiente natural y, al parecer, no presentan anomalías en su sistema visual, como ocurre, fundamentalmente, en los mamíferos primates (incluido el hombre).



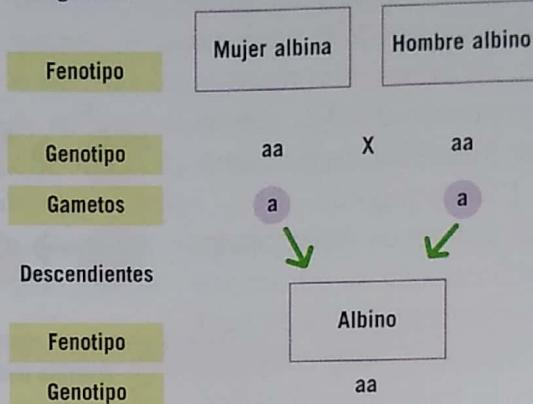
Ardilla albina.

La herencia de los caracteres en la especie humana sigue las mismas leyes que rigen para el resto de los seres vivos.

Por ejemplo, el **albinismo** es un ejemplo de herencia de un carácter que depende de un alelo recesivo *a* frente a un alelo normal dominante *A*. Las personas albinas no pueden elaborar el pigmento melanina, y tienen la piel muy clara y el pelo blanco.

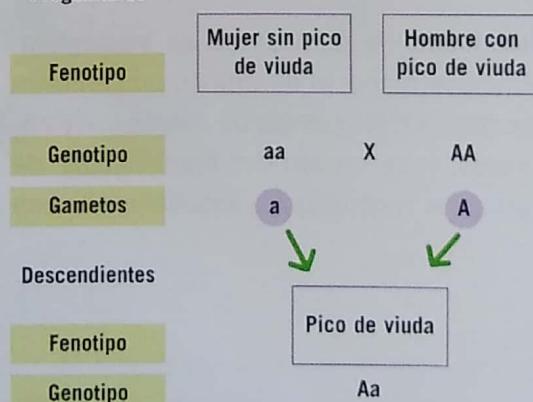
Todos los albinos tienen genotipo *aa*, por eso los descendientes de una pareja albina son siempre albinos.

Progenitores



En algunas personas el nacimiento del pelo forma un pico, el llamado "pico de viuda", que se introduce en la frente. El pico de viuda es un ejemplo de herencia de un carácter que depende de un alelo dominante *A* frente a un alelo normal recesivo *a*. Si la persona que presenta este carácter es homocigótica, todos sus descendientes lo presentarán.

Progenitores



ALGUNAS ENFERMEDADES HEREDITARIAS HUMANAS

ENFERMEDAD	CARACTERÍSTICAS	TIPO DE CARÁCTER
Anemia falciforme	Glóbulos rojos en forma de hoz	Recesivo
Diabetes	Presencia de glucosa en la sangre	Dominante
Polidactilia	Más de cinco dedos	Dominante
Acondroplasia	Enanismo	Dominante
Sordera	Sordera total	Recesivo

LOS GRUPOS SANGUÍNEOS

El grupo sanguíneo es un carácter hereditario. En este caso, el gen responsable del carácter tiene varios alelos, es decir, varias alternativas posibles de información. Existen 4 grupos sanguíneos, **A**, **B**, **AB** y **O**, y cada persona manifiesta uno de ellos.

El hecho de que se pertenezca a uno u otro grupo está determinado por la presencia de moléculas conocidas como antígenos en la membrana de los glóbulos rojos. Existen dos tipos de estas moléculas: el **antígeno A** y el **antígeno B**. Cada persona presenta una de estas moléculas en sus glóbulos rojos, las dos o ninguna. A la vez, en el plasma sanguíneo, existen anticuerpos contra estos antígenos; así, cada persona lleva el anticuerpo anti-A, el anti-B, los dos o ninguno.

Cuando se ponen en contacto glóbulos rojos que presentan un determinado antígeno, por ejemplo el A, con plasma que presenta el anticuerpo anti-A, la sangre se coagula. Por esta razón, en la sangre de una persona nunca puede coincidir un antígeno con su anticuerpo. Antes del descubrimiento de esta característica de la sangre (en el año 1900), muchas personas morían al recibir una transfusión de sangre inadecuada.

GRUPO SANGUÍNEO	ANTÍGENOS PRESENTES EN LOS GLÓBULOS ROJOS	ANTICUERPO EN EL PLASMA SANGUÍNEO
A	Antígeno A	Anti-B
B	Antígeno B	Anti-A
AB	Antígeno A y B	Sin anticuerpos
O	Sin antígenos	Anti-A y Anti-B

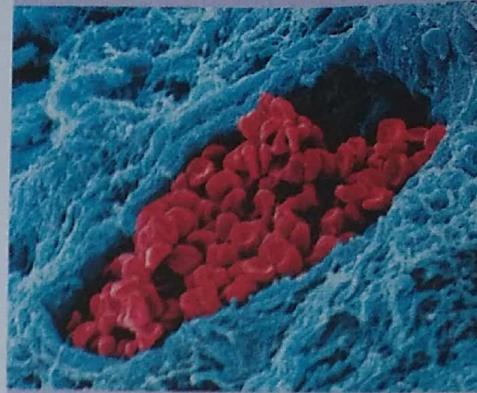
Como ya planteamos, este carácter está regulado por un gen con tres alelos diferentes: el **alelo A**, responsable del antígeno A; el **alelo B**, responsable del antígeno B, y el **alelo O**, que no lleva información para ningún antígeno.

Los alelos A y B son dominantes con respecto al O, que es recesivo. A su vez, los alelos A y B son **codominantes**; es decir, pueden expresarse con igual intensidad. Cuando una persona presenta los alelos A y B, en sus glóbulos rojos encontramos los dos tipos de antígenos.

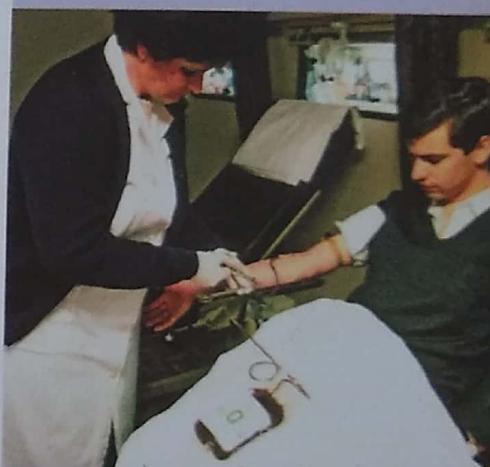
GENOTIPO	FENOTIPO
AA	A
AO	A
BB	B
BO	B
AB	AB
OO	O

ACTIVIDADES

17. Busquen en el diccionario los significados de "antígeno" y de "anticuerpo".
18. Indiquen qué tipo de antígeno se encontrará en los glóbulos rojos de una persona que presente anticuerpos anti-A y anti-B en su plasma. ¿Y si solo presenta el anti-A?
19. Expliquen qué diferencia existe entre dos alelos codominantes y dos alelos que manifiestan herencia intermedia.

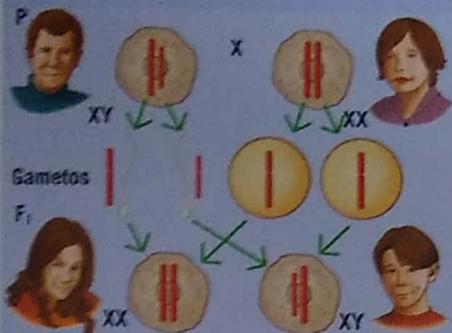


La existencia de antígenos A y B en la membrana de los glóbulos rojos determina el tipo de grupo sanguíneo de cada persona.



Antes de realizar una transfusión de sangre, es preciso conocer el grupo sanguíneo de la persona.

HERENCIA LIGADA AL SEXO



HERENCIA LIGADA AL SEXO

Los cromosomas sexuales también portan otros genes que no tienen relación con el sexo de la persona.

- El cromosoma Y es pequeño y tiene pocos genes. Cualquier carácter situado en este cromosoma será heredado por todos los hijos varones.
- El cromosoma X es grande y tiene muchos genes que no se encuentran en el cromosoma Y. Los rasgos regulados por estos genes se denominan **caracteres ligados al sexo** o ligados al cromosoma X.

Los caracteres ligados al cromosoma X son mucho más frecuentes entre los hombres, debido a que pueden manifestarlos en su fenotipo con solo recibir el gen responsable con el cromosoma X de su madre.

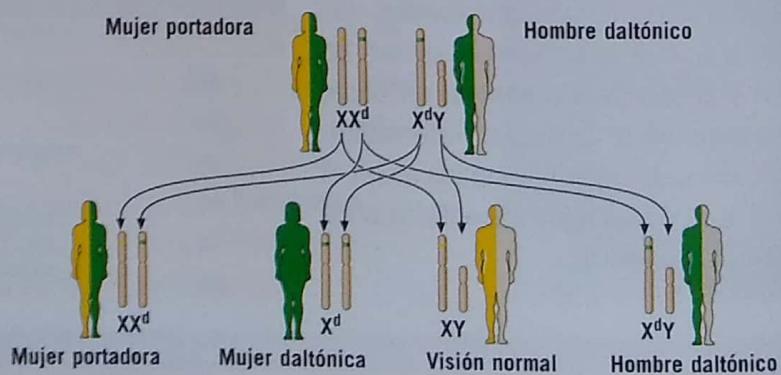
La herencia de los caracteres cuyos genes se encuentran en el cromosoma X presenta particularidades.

- En los hombres estos caracteres están controlados por un solo alelo, situado en el cromosoma X. Como no son homocigóticos ni heterocigóticos, todos los genes presentes en el único cromosoma X se manifestarán, ya sean dominantes o recesivos.
- Las mujeres, en cambio, presentan los dos alelos para cada gen, uno en cada cromosoma X. Su genotipo, entonces, podrá ser tanto homocigótico como heterocigótico, de acuerdo con la herencia recibida de sus progenitores. Las mujeres heterocigóticas para esos caracteres se denominan **portadoras**, ya que presentan el alelo recesivo en su genotipo, pero no manifiestan el carácter en su fenotipo.

Enfermedades como el **daltonismo** y la **hemofilia** son ejemplos de herencia ligada al sexo. En ambas, la causa es la presencia de un alelo recesivo.

El daltonismo es un defecto de la visión caracterizada por la imposibilidad de distinguir ciertos colores. En casos extremos, no permite distinguir el rojo del verde. Alrededor de un 8% de los hombres son daltónicos, mientras que las mujeres no alcanzan a un 1%.

HERENCIA DEL DALTONISMO



ACTIVIDADES

20. Expliquen por qué un carácter regulado por un gen presente en el cromosoma Y solo será heredado por los hijos varones.

21. ¿Qué condiciones deberán darse para el nacimiento de una niña hemofílica?

La hemofilia, como analizamos en la apertura del capítulo, ocasiona problemas de coagulación en la sangre y un elevado riesgo de sufrir hemorragias graves. La frecuencia del gen de la hemofilia es muy baja. La posibilidad de la aparición de mujeres homocigóticas para el gen que padecen la enfermedad es casi nula, ya que antiguamente los hombres hemofílicos morían antes de llegar a la etapa reproductiva, por lo cual no dejaban descendencia.

EL PROYECTO GENOMA HUMANO

El genoma es el conjunto de genes de un ser vivo, el juego completo de instrucciones hereditarias. Si pensamos en un juego de muñecas rusas, una dentro de la otra, la más grande representa al genoma. En su interior, una más pequeña contiene los cromosomas, y en el interior de ella está la que representa a los genes. Dentro de esta, finalmente, se halla el ADN.

La secuenciación del ADN, es decir, el reconocimiento de la secuencia de nucleótidos en la cadena de ADN, es posible en la actualidad gracias a diversas técnicas aportadas por la ingeniería genética. En las últimas décadas se ha logrado secuenciar genomas de varias especies.

Debido a que secuenciar el ADN del genoma de un organismo es una tarea vastísima se realiza con el trabajo coordinado de muchos laboratorios en un esfuerzo colaborativo al que se denomina *Proyecto Genoma*.

El **Proyecto Genoma Humano** (PHG por sus siglas en inglés) comenzó a funcionar en 1990 bajo la dirección de James Watson, uno de los descubridores de la estructura de doble hélice del ADN. Los objetivos de este proyecto eran:

- Elaborar mapas para identificar cuáles son los genes existentes y determinar en qué cromosoma y en qué ubicación se localizan dentro de cada cromosoma.
- Determinar la secuencia de nucleótidos de cada gen a fin de conocer la proteína que codifica y sus posibles alteraciones.

En abril de 2003 se completó la secuenciación del ADN humano, pero el proyecto continúa funcionando, con el objetivo de analizar e interpretar toda la información obtenida.

Del conocimiento del genoma humano se espera obtener información para aplicar en el campo de la salud humana. Algunas de ellas, como el diagnóstico de enfermedades hereditarias o la fabricación de medicamentos personalizados, pueden ya en la actualidad convertirse en una realidad. También la terapia génica (la posibilidad de sustituir un gen causante de una enfermedad por su alelo normal) son una esperanza concreta para el futuro.

Estas nuevas posibilidades requieren nuevas decisiones, tanto en los aspectos éticos como económicos, de parte de los individuos, los profesionales médicos, las industrias y los gobiernos. En otras palabras, de toda la sociedad.



PARA PENSAR Y CONVERSAR

22. ¿En qué consiste un proyecto genoma?
23. ¿Cómo se identifican los genes específicos para un carácter?
24. Discutan con sus compañeros si se debería permitir a los empleadores o a las compañías aseguradoras el acceso a los resultados de pruebas de detección de defectos genéticos de sus empleados o clientes. Analicen esta cuestión desde el punto de vista del empleador, de la aseguradora, de las personas implicadas y de la sociedad en general.

UN PASEO POR LOS TEXTOS

MIENTRAS TANTO

1853
Argentina. Se sanciona la Constitución Nacional argentina.

1858
Inglaterra. Charles Darwin y Alfred Wallace publican sus investigaciones sobre la selección natural en la Sociedad Linneana.

1859
Inglaterra. Charles Darwin publica *El origen de las especies*.

1866
Austria. Gregor Mendel publica sus descubrimientos sobre la herencia.

1915
Estados Unidos. El genetista Thomas Hunt Morgan establece cómo los genes se transmiten por medio de los cromosomas.

Distintas formas de entender los cambios en los organismos

Jean-Baptiste Lamarck (1744-1829) fue un notable investigador, tanto en el campo de la botánica como en el de la zoología, que propuso la **herencia de los caracteres adquiridos**. Con los conocimientos que poseemos hoy, podemos decir que esta postura plantea que el fenotípico dirigiría un cambio en el genotípico de los progenitores que se transmitiría a su descendencia.

Actualmente, la teoría de la evolución combina las propuestas de Charles Darwin (1809-1882) y Alfred Russel Wallace (1823-1913) con las leyes de Mendel y otros avances genéticos posteriores y se denomina **Síntesis moderna o Teoría sintética**. En esta teoría, la evolución se define como un cambio en la frecuencia de los alelos en una población a lo largo de las generaciones, que puede ser causado, entre otros motivos, por selección natural o por mutación.

[...] Por ejemplo, si algún grano de las hierbas de la pradera en cuestión es transportado a un lugar elevado, sobre un césped seco, árido, pedregoso, muy expuesto a los vientos y puede germinar, que pueda vivir en ese lugar, al encontrarse siempre mal nutrida, así como los individuos que produzca y que continúen existiendo en estas malas circunstancias, iniciará una raza verdaderamente distinta de la que vive en el prado y de la que, sin embargo, será originaria. [...]

Lamarck, Jean-Baptiste.
Fragmento de *Filosofía zoológica*, 1809.

[...] Estas pequeñas diferencias en las proporciones, debidas a las leyes de crecimiento y variación, no tienen

la menor importancia ni utilidad en la mayor parte de las especies. Pero al originarse la jirafa habrá sido esto diferente, teniendo en cuenta sus costumbres probables, pues aquellos individuos que tuviesen alguna parte o varias partes de su cuerpo un poco más alargadas de lo corriente hubieron, en general, de sobrevivir. Estos se habrán unido entre sí y habrán dejado descendencia que habrá heredado, o bien las mismas particularidades corpóreas, o bien la tendencia a variar de nuevo de la misma manera, mientras que los individuos menos favorecidos por los mismos conceptos habrán sido los más propensos a perecer. [...]

Darwin, Charles. Fragmento de *El origen de las especies*, 1859.

ACTIVIDADES

25. Leer comprender. Considerando que en la época en que Lamarck desarrolló su trabajo Mendel aún no había nacido y que, al momento en que Darwin escribió sobre la selección natural desconocía sus trabajos sobre la herencia, indiquen qué diferencia sustancial plantea cada uno de estos autores en relación con el fenómeno de la herencia.

26. ¿A qué se refiere Darwin cuando plantea: "Estos [...] habrán dejado descendencia que habrá heredado, o bien las mismas particularidades corpóreas, o bien la tendencia a variar de nuevo de la misma manera [...]?" Propongan una explicación de acuerdo con su propia interpretación.

EN EL LABORATORIO

ANÁLISIS DE UN CARIOTIPO

El análisis del cariotipo permite detectar anomalías cromosómicas mientras el feto se encuentra en desarrollo, es decir, antes de su nacimiento. Se utiliza para diagnosticar, o con mucha mayor frecuencia, descartar la presencia de trastornos genéticos y de ciertos defectos congénitos (aquejlos que se producen durante el desarrollo del feto). Para extraer las muestras en las que se realizará el análisis se emplea una técnica, llamada *amniocentesis*, mediante la cual se extraen células que se *desprenden del feto y flotan en el líquido amniótico* que lo rodea.

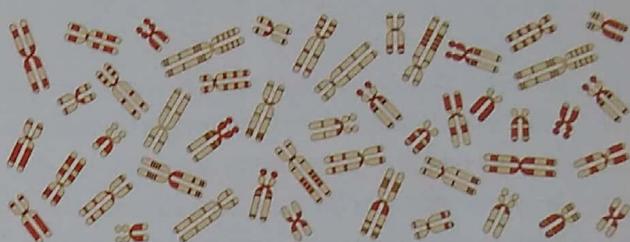
PROCEDIMIENTO

PASO 1. Calquen cuidadosamente los cromosomas que aparecen en la página o escanéenla e imprimanla.

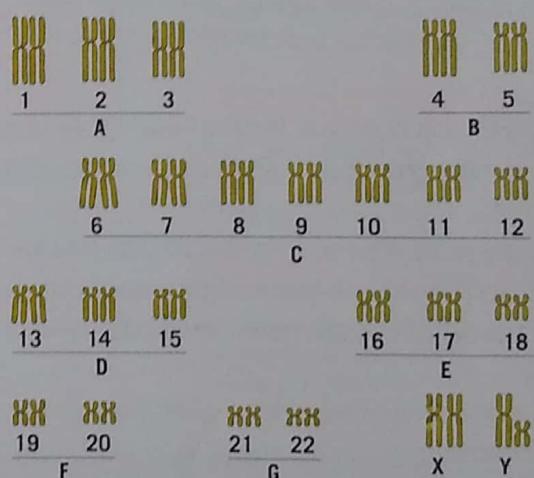
PASO 2. Recorten cada uno de los cromosomas y construyan el cariotipo, teniendo en cuenta los siguientes criterios: los pares de cromosomas homólogos se ordenan de acuerdo con su tamaño y con la posición del centrómero. Así se obtienen 7 grupos, que se nombran usando las letras A a G. Se comienza por los de mayor tamaño cuyo centrómero está en la posición central y se termina con los más pequeños cuyo centrómero se encuentra cerca de un extremo. En forma separada, se coloca el par de cromosomas sexuales.

PASO 3. Comparen el cariotipo del feto en estudio con el modelo de un individuo sin anomalías y utilicen los datos de la tabla que aparece a continuación para descubrir una posible malformación.

Algunas de las anomalías cromosómicas más frecuentes consisten en tener un cromosoma de más: se denominan trisomías. Si hay un cromosoma de menos se llaman monosomías.



Cromosomas de una célula de feto de una mujer embarazada de 38 años de edad.



ANOMALÍA CROMOSÓMICA	NOMBRE	FRECUENCIA PROMEDIO DE APARICIÓN	CARACTERÍSTICAS
Trisomía del par 21	Síndrome de Down	1/700	Coeficiente intelectual menor a la media. Malformaciones en el corazón y el sistema digestivo, entre otros.
Trisomía del par 13	Síndrome de Patau	1/5.000	Malformaciones en los ojos, el cerebro y el sistema nervioso, entre otros. Esperanza de vida: 130 días.
Trisomía del par 18	Síndrome de Edwards	1/3.500	Afecta al conjunto de los órganos. Esperanza de vida: menos de un año.
Monosomía XO	Síndrome de Turner	1/5.000	Mujer estéril y de talla pequeña. Sin caracteres sexuales secundarios.
Trisomía XYY	Síndrome de Klinefelter	1/800	Hombre estéril. Coeficiente intelectual menor a la media.

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

27. ¿Por qué para construir el cariotipo se debe trabajar con células que se encuentren en división?
28. ¿Qué anomalía encontraron? Caracterícenla.
29. ¿Cuál es el sexo del individuo en estudio? Justifiquen su respuesta.

ACTIVIDADES

30 Lean el siguiente párrafo y luego respondan las consignas.

Una especie que se reproduce asexualmente origina poblaciones homogéneas [...] Algo que afecta a un individuo los afecta a todos y algo que beneficia a un individuo los beneficia a todos. En cambio, las especies que se reproducen sexualmente engendran individuos distintos. Unos tendrán más predisposición a sufrir ciertos tipos de cánceres, otros a tener problemas circulatorios, otros tendrán menos resistencia a las enfermedades infecciosas; en fin, lo que afecta a unos, a otros no los afecta. Este es el gran beneficio de las especies que se reproducen sexualmente. La población resiste porque es distinta y lo que a unos los mata, a otros ni siquiera los afecta. La estrategia de las especies asexuales para sobrevivir en el tiempo es la enorme tasa de reproducción: se basan en dar cantidad, pero no calidad.

Tovar Júlvez T., Reproducción sexual, la explosión de la diversidad.

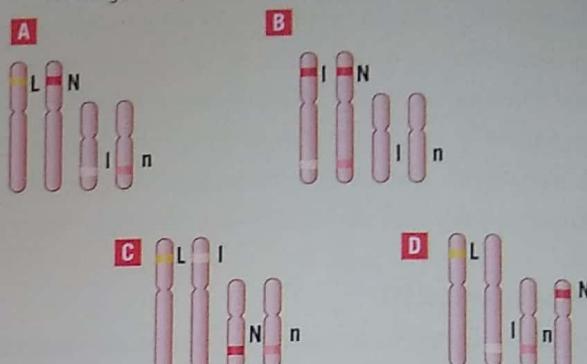
- ¿Qué sentido tiene el término "calidad", aplicado por el autor para calificar la estrategia reproductiva sexual?
- ¿Qué ventajas presenta la diversidad de las especies con reproducción sexual, en comparación con la homogeneidad de las que tienen reproducción asexual?

31 Del cruce de un cobayo negro y uno blanco, todos los descendientes de la generación F_1 resultan negros. La generación F_2 está formada por 3/4 de cobayos negros y 1/4 de cobayos blancos.

- Confeccionen un esquema de los cruzamientos e indiquen los genotipos y los fenotipos.
- Enuncien las leyes de Mendel que explican los cruzamientos del punto a.
- Indiquen a quién se parecerán los descendientes de una cruce de dos cobayos blancos de la generación F_2 .

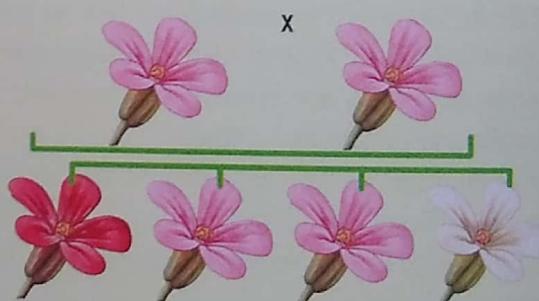
32 En los cobayos, el color del pelo depende de un gen con dos posibilidades: el alelo N lleva información para pelo negro y el n, para pelo blanco. El aspecto del pelo también depende de un gen con dos alelos: L para pelo liso y l para pelo rizado. Ambos están situados en dos pares de cromosomas homólogos diferentes.

a. Observen la figura. En ella se representan 4 posibles localizaciones de estos genes en un cobayo heterocigótico para ambos caracteres.



- Indiquen cuál de las opciones es la correcta.
- Señalen los errores que se cometieron en las otras.

33 Un jardinero que disponía de plantas de dondiego de flores rosadas cruzó dos de sus plantas con la esperanza de obtener plantas con el mismo color de flores. Su sorpresa fue al encontrar que en la descendencia aparecían flores rojas, rosadas y blancas en una proporción 12:1.



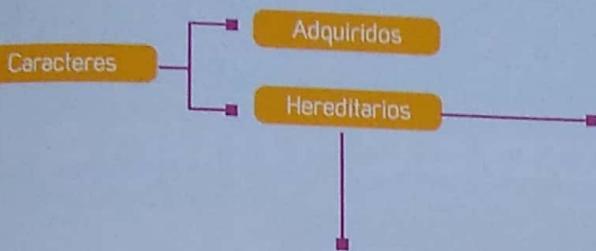
a. ¿En qué se diferencia la herencia del color de estas flores con la herencia del color de las semillas de las arvejas?

b. Indiquen los genotipos para el carácter "color de flor" de las plantas de flores blancas, rosadas y rojas en el cruzamiento descripto.

c. Indiquen el fenotipo de los descendientes que resultarían de los siguientes cruces.

- Dos plantas de flores blancas.
- Dos plantas de flores rojas.
- Una planta de flores blancas con una planta de flores rojas.

EN RESUMEN



HERENCIA EN LA ESPECIE HUMANA

Sigue las mismas leyes que rigen para el resto de los seres vivos



GEN

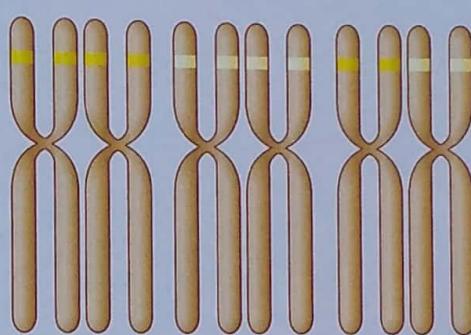
Segmento de ADN que contiene la información para construir una proteína que, a su vez, controla la aparición de un determinado carácter

MUTACIÓN

Aparición súbita y al azar de un cambio en la información genética contenida en el ADN

ALELOS

Distintas formas de un gen determinado que otorgan la variabilidad a los individuos



GENOTIPO

Conjunto de genes del organismo que contienen la información necesaria para que los caracteres se expresen

FENOTIPO

Conjunto de caracteres que un organismo manifiesta en un ambiente determinado

Homocigotos

Alelos iguales en el par de cromosomas homólogos

Heterocigotos

Alelos diferentes en el par de cromosomas homólogos

Dominante

Alelo cuyo carácter se manifiesta siempre que esté presente

Recesivo

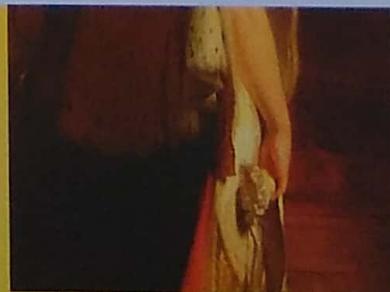
Alelo cuyo carácter se manifiesta solo cuando su homólogo es igual

TEORÍA CROMOSÓMICA DE LA HERENCIA

Plantea que los genes que contienen la información necesaria para que la expresión de los caracteres se distribuya linealmente en los cromosomas. En los pares de cromosomas homólogos, los genes responsables de un carácter siempre se ubican en la misma posición

PARA VOLVER A EMPEZAR

- Con lo que saben ahora, vuelvan a resolver el punto **a** de la sección "Con lo que observo" de la página 133.
- Visiten el sitio de la Fundación de la hemofilia, www.hemofilia.org.ar, y busquen información sobre estos temas:
- ¿Qué características tiene el tratamiento que reciben las personas que padecen esta afección?



8

FUNCIÓN DE RELACIÓN EN LOS SERES VIVOS



Detalle de *Los girasoles* (1888),
de Vincent van Gogh.

Los seres vivos se relacionan. Esta función les permite recibir información del medio y ajustar su funcionamiento para sobrevivir. Los estímulos sonoros, visuales, auditivos, mecánicos, térmicos y químicos desencadenan en los organismos una enorme variedad de respuestas.

PARA ENTRAR EN TEMA

CON LO QUE OBSERVO

Las flores de girasol tienen la capacidad de moverse durante el día orientándose hacia el Sol. Este fenómeno, conocido como "giro al Sol", se mantiene hasta la maduración de los frutos. A partir de ese momento la "cabeza" de los girasoles queda mirando al Sol naciente, hacia el Este.

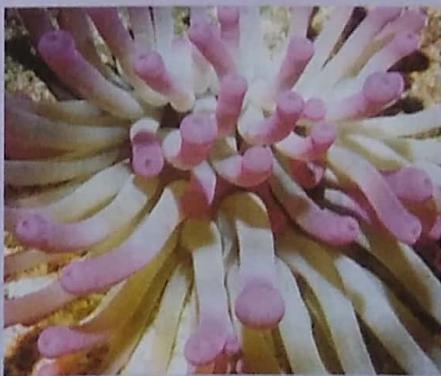
- Conocen otras plantas que, como el girasol, realicen movimientos en respuesta a estímulos externos? Den ejemplos.
- Cómo explicarían estos fenómenos?
- La imagen de apertura es un detalle de la obra *Los girasoles* del pintor holandés Vincent van Gogh. Busquen información en Internet y redacten un informe breve sobre la vida del artista a partir de los datos obtenidos.

CON LO QUE SÉ

- Los animales responden de diversos modos ante los estímulos externos. Indiquen en cada una de las situaciones que se describen a continuación cuál es el estímulo y cuál es la respuesta.



Una lombriz huye de la luz y busca humedad. Si está situada sobre suelo húmedo se entierra.



Las anémonas no resisten la escasez de humedad. Al bajar la marea, pliegan sus tentáculos.



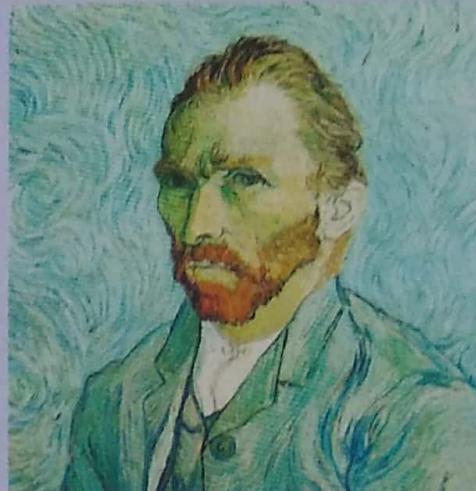
Un herbívoro detecta la presencia de un depredador y responde huyendo.

CON LO QUE DESCUBRO

Las gaviotas reidoras anidan en el suelo. El color y las manchas de sus huevos hacen difícil que los cuervos, sus principales depredadores, los vean desde el aire. Pero, al salir el pichón, la cáscara rota deja ver su interior blanco.

Cada vez que nace un pichón, las gaviotas se apresuran a arrojar los restos de las cáscaras lejos del nido.

- Cuál puede ser la causa de que la gaviota realice esta acción?
- Obtiene la gaviota algún beneficio de su comportamiento? ¿Y sus crías?



Autorretrato (1887) de Vincent van Gogh (1853-1890).



1

LOS SERES VIVOS SE RELACIONAN

El medio no solo proporciona la materia y la energía que los seres necesitan para su nutrición; además, suministra información.

La **función de relación** permite a los seres vivos recibir información del medio. A partir de la información recibida, el organismo elabora la respuesta más adecuada para sobrevivir en ese medio y la ejecuta.

Un **estímulo** es un cambio físico o químico, en el medio interno de un organismo, o externo a él, capaz de provocar una **respuesta**.

ESTÍMULO Y RESPUESTA

Todos los organismos son capaces de recibir estímulos y elaborar las respuestas adecuadas. En unos casos, tanto el estímulo como la respuesta son muy sencillos; en otros, son extraordinariamente complejos.

Las plantas carnívoras del género *Dionaea*, por ejemplo, cierran bruscamente sus hojas cuando un insecto camina sobre ellas. El estímulo –el roce del insecto en los pelos de la hoja–, y la respuesta –el cierre de la hoja– son bastante simples.

Otras situaciones ponen de manifiesto mecanismos más complejos. Durante el período reproductivo, las grullas realizan un cortejo nupcial que involucra una sucesión de saludos, reverencias y exhibiciones, acompañadas de sonoras vocalizaciones. El macho, situado frente a la hembra, imita los movimientos de su pareja como si estuviera mirándose en el espejo. La respuesta en las grullas es tan compleja como la serie de señales que hacen de estímulo.

ESTÍMULOS EXTERNOS E INTERNOS

Los organismos reciben también información del interior de su propio cuerpo. Si hace mucho tiempo que un animal no ha comido ni bebido, siente sed o hambre y responde iniciando la búsqueda de agua o de comida.

La luz, la humedad, la disponibilidad de agua y la disponibilidad de nutrientes son algunos de los factores ambientales que actúan como **estímulos externos**. Otros, como la sensación de hambre, la sed o el sueño –que provienen del interior del organismo– son **estímulos internos**.

Las respuestas frente a estos estímulos pueden ser cambios en la forma y estructura (como el cierre de hojas de las plantas carnívoras), variaciones en el comportamiento (como en las grullas) y alteraciones en el metabolismo (involucrados en ambos casos).

La capacidad de responder a los diferentes estímulos es lo que permite a los organismos crecer, desarrollarse y reproducirse normalmente ante las condiciones cambiantes del medio en el que viven.

Basta que el insecto roce dos de los pelos de las hojas de la *Dionaea*, o que toque dos veces un mismo pelo, para que estos se cierren.



Los organismos unicelulares generan respuestas simples frente a diversos estímulos del medio.



La danza de las grullas suele iniciarse al llegar al lugar de cría, aunque también se ha observado en las áreas de invernada, como estímulo para la emigración.



RECEPTORES, COORDINADORES Y EFECTORES

Cualquier respuesta de los organismos pluricelulares requiere de la intervención de tres factores:

■ Los **receptores** son células u órganos capaces de captar aquellos estímulos frente a los cuales los organismos son **sensibles**. Por ejemplo, mediante la vista muchos animales pueden captar la presencia de alimento, de un enemigo o de una posible pareja. Los ojos, al igual que otros órganos de los sentidos, son **receptores externos**.

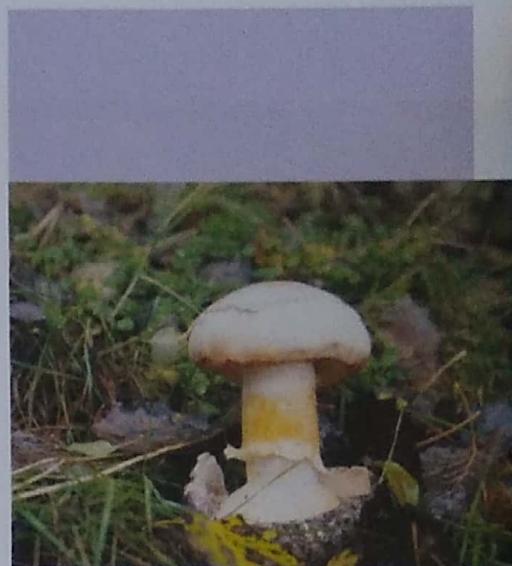
Los **receptores internos** captan información sobre la situación de nuestro organismo. Por ejemplo, cuando nuestro organismo necesita alimento, sentimos la sensación de hambre. Esta sensación es provocada gracias a receptores internos que informan la falta de nutrientes.

■ **Coordinadores o reguladores** que, en función de la información captada, elaboran y envían mensajes a distintas partes del organismo para que se produzca la respuesta adecuada. Hay dos sistemas fundamentales de transmisión:

■ Las **hormonas** son sustancias presentes tanto en los animales como en los vegetales. Cuando un organismo produce una hormona, esta se desplaza en pequeñas cantidades hacia el lugar donde debe actuar. Su presencia provoca que se inicie o se detenga un proceso, según convenga.

■ La **transmisión nerviosa** es un mecanismo específico de los animales, que es posible gracias a unas células llamadas **neuronas**, que forman el **sistema nervioso**. La transmisión nerviosa es mucho más rápida que la hormonal, ya que es de naturaleza eléctrica.

■ **Efectores**, que ejecutan la respuesta. Los efectores pueden incluir diferentes estructuras de los organismos. Desde hojas y raíces en plantas hasta diferentes estructuras de locomoción en animales.



Los hongos producen sus órganos reproductores (esporangios) cuando sus estructuras subterráneas detectan condiciones favorables.



Las grandes orejas de la liebre y su movilidad le permiten captar fácilmente los sonidos.

LA VELOCIDAD DE RESPUESTA

La velocidad de las respuestas varía entre los seres vivos. El circuito del que participan receptores, coordinadores y efectores puede cubrirse en fracciones de segundo o puede llevar días enteros. Consideren el siguiente ejemplo:

Una liebre está comiendo hierba y oye unos ladridos. Inmediatamente deja de comer y corre a esconderse. En este caso, el receptor ha sido su fino oído. Los sonidos captados han llegado hasta el encéfalo del conejo, que actúa como coordinador, interpretando los ladridos como una señal de peligro y activando los efectores, que provocan que la liebre salga corriendo a toda velocidad. Todo esto ocurre en pocos instantes, lo que aumenta las posibilidades de huir del conejo.

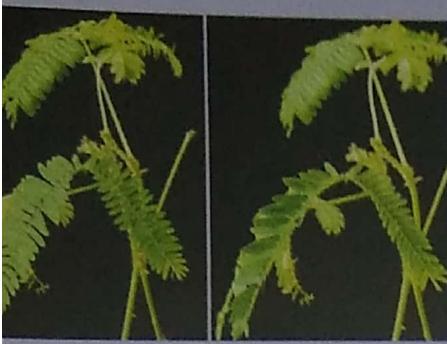
CONOCER MÁS

Sensibilidad. Para poder responder ante los cambios ambientales, los organismos necesitan ser sensibles a diferentes estímulos. Estos pueden ser, básicamente, de cuatro tipos: **términicos, químicos, mecánicos y lumínicos**; según sean sensibles a diferencias de temperatura, sustancias químicas, vibraciones y presión y a los cambios en la intensidad de luz, respectivamente.

ACTIVIDADES

1. Den tres ejemplos de receptores externos de animales.
2. ¿Por qué la respuesta de los vegetales a los cambios suele ser más lenta que la de los animales?
3. ¿Qué diferencia existe entre los coordinadores hormonales y los nerviosos?

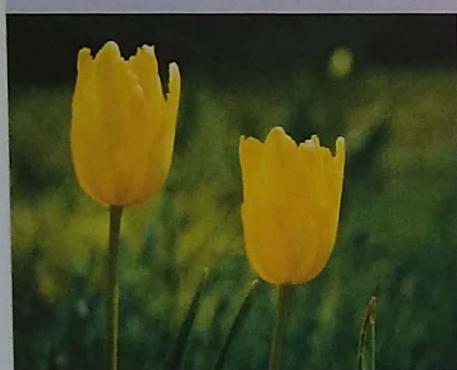
2 LAS PLANTAS Y EL MEDIO EXTERNO



Aspecto de una hoja de *Mimosa pudica* antes y después de ser estimulada con el tacto.



Las plantas del género *Nepenthes* poseen hojas transformadas en forma de "recipientes" para la captura de insectos.



La flor de los tulipanes se cierra por la noche con el descenso de la temperatura.

CONOCER MÁS

Secreción de sustancias. Muchas plantas con flor producen sustancias tóxicas o de mal sabor que actúan como defensas contra los herbívoros. La secreción de estas sustancias se produce en respuesta al daño causado por la masticación de algún insecto o mamífero herbívoro. El mal sabor desalienta a los predadores y protege a la planta de un daño más grave.

Las plantas carecen de órganos de los sentidos. Tampoco pueden desplazarse y escapar del ambiente cuando es hostil. Sin embargo, las plantas pueden detectar cambios en el medio y responder a estos cambios.

La temperatura, la luz solar, la gravedad y el contacto físico con otros objetos, son algunos de los estímulos externos que con mayor frecuencia generan una respuesta. Las respuestas pueden manifestarse en forma de movimientos, **secreción de sustancias** químicas o mediante el crecimiento diferenciado de algunas estructuras.

NASTIAS

Los **movimientos násticos** o **nastias** son respuestas no direccionales de una planta frente a un estímulo externo. En este caso, la dirección de la respuesta es independiente de la dirección de donde proviene el estímulo.

En general, las nastias implican una respuesta pasajera, como el movimiento de diferentes órganos vegetales (como hojas o tallos, por ejemplo). En otros casos, el estímulo desencadena el desarrollo de tejidos.

Las nastias pueden clasificarse según el tipo de estímulo que desencadena la respuesta.

- Las **fotonastias** son los movimientos que se producen en las plantas en respuesta a la luz. Las especies de plantas cuyas flores se cierran por la noche y se vuelven a abrir al amanecer, con el estímulo de la luz solar, realizan fotonastias.
- Las **termonastias** se producen en respuesta a los cambios de temperatura. El cierre de flores en plantas del género *Valeriana*, cuando desciende la temperatura al anochecer, es un ejemplo de termonastia.
- Las **sismonastias** o **tigmonastias** se producen en respuesta a estímulos mecánicos. La *Mimosa pudica*, por ejemplo, pliega sus pequeñas hojas ante el contacto de un estímulo externo.

Algunas plantas especializadas en atrapar insectos también realizan sismonastias frente a ciertos estímulos. Como vimos, las plantas carnívoras *Dionaea* tienen hojas modificadas en forma de cepo, con pelos sensitivos en su interior. Cuando un insecto u otro animal pequeño es atraído por el líquido dulce que libera la planta, se posa en el centro de la hoja y toca los pelos disparadores. Como respuesta, los lóbulos se cierran rápidamente en torno a la presa, y las espinas de los bordes impiden que escape. Una vez digeridos los tejidos blandos por las sustancias digestivas que libera la hoja, esta se abre y tiende de nuevo su trampa.

Las plantas del género *Drosera* presentan una variante de este mecanismo de captura. Poseen hojas que segregan un fluido viscoso, con un aroma similar al de la miel. Cuando un insecto se posa sobre la hoja, queda atrapado en los pelos pegajosos y es digerido por la planta.

TROPISMOS

Se llama **tropismo** al crecimiento originado como respuesta a un estímulo, que se produce en la misma dirección en la que actúa el estímulo que las provoca. A diferencia de los movimientos násticos, los tropismos son respuestas que dependen de la dirección del estímulo. Los tropismos son **positivos** cuando la planta crece en el mismo sentido del estímulo, y **negativos** si crece en sentido contrario.

Tal como las nastias, los tropismos pueden clasificarse según el estímulo que las origina:

■ El **fototropismo** es el crecimiento de una planta en respuesta al estímulo de la luz. Esta respuesta es de gran importancia para el desarrollo de las plantas, pues les permite crecer hacia la luz y realizar fotosíntesis.

Un tipo particular de fototropismo implica un movimiento de las estructuras de ciertas plantas a lo largo del día, orientándose hacia el Sol. Este movimiento, característico de los girasoles, se llama "giro al sol" o **heliotropismo** y es causado por el *pulvínulo*, una estructura hallada en la base de hojas y flores que actúa de modo similar a las articulaciones de los animales. El pulvínulo se orienta hacia la luz solar, moviendo consigo las hojas y las flores.

■ El **geotropismo** es la respuesta que se produce en una planta frente al estímulo de la gravedad. En la germinación de las semillas, el geotropismo determina que el tallo crezca hacia arriba y las raíces hacia abajo, más allá de la forma en la que la semilla ha sido dispuesta en el suelo. El tallo encontrará la luz necesaria para la fotosíntesis, creciendo en sentido contrario al estímulo, y las raíces encontrarán los nutrientes y el agua disponibles en el suelo, desarrollándose en el mismo sentido del estímulo. En este caso, el crecimiento del tallo responde a un geotropismo negativo, y el de la raíz a un geotropismo positivo.

■ El **hidrotropismo** es el movimiento que se produce en una planta en respuesta a la presencia de agua. Las raíces, por ejemplo, suelen orientarse hacia las zonas húmedas del sustrato, donde se encuentra el agua que necesitan. Esta respuesta es fácilmente observable en aquellas plantas de zonas áridas que poseen un gran desarrollo de sus raíces, las cuales crecen profusamente en busca de la humedad de las capas más profundas del suelo.

■ El **tigmotropismo** es una respuesta de crecimiento direccional de una estructura vegetal desencadenada por el contacto físico con un objeto. El desarrollo de *zarcillos*, estructuras de sostén de plantas trepadoras como la vid, responde a este fenómeno. Cuando el extremo de un zarcillo toma contacto con un objeto, sus tejidos crecen rodeándolo.



En respuesta a la gravedad, las raíces crecen en profundidad y el tallo lo hace en sentido contrario.



En respuesta de las plantas a la presencia de agua se llama hidrotropismo.

ACTIVIDADES

4. ¿Qué diferencia existe entre los tropismos y las nastias?
5. ¿Por qué el geotropismo y el fototropismo son tan importantes durante la germinación de las plantas?

3 HORMONAS VEGETALES

Las hormonas (del griego *hormon*, “que impulsa”) son compuestos que se producen en un sitio del cuerpo y luego se transportan a otras partes de este, donde se unen a un receptor específico y desencadenan respuestas en las células y los tejidos efectores.

Las hormonas actúan en cantidades muy pequeñas y se transportan fácilmente a través de los tejidos vegetales. Cada hormona tiene múltiples efectos, dependiendo de su sitio de acción, su concentración y el estado de desarrollo de la planta. Algunas de las más conocidas son:

■ **Auxinas.** El término *auxina* se utiliza para cualquier sustancia química que promueva el alargamiento del **coleóptilo**, vaina que rodea el extremo superior del brote de una planta. La auxina natural es el **ácido indolacético**, o **AIA**, pero muchos otros compuestos, incluso sintéticos, tienen actividad de auxinas. Estas hormonas promueven el crecimiento del tallo y son coordinadores de numerosos tropismos.

Las auxinas también inducen la formación de raíces. Por esta razón, se utilizan en la fabricación de productos de enraizamiento para la reproducción de plantas a partir de gajos.

■ **Citocininas.** Son reguladores de crecimiento, denominadas así porque estimulan la citocinesis o división celular. Las citocininas retrasan el envejecimiento de algunos órganos de las plantas. Si las hojas eliminadas de una planta se sumergen por un instante en una solución de citocininas, permanecen verdes más tiempo. A causa de este efecto antienvejecimiento, los floristas utilizan aerosoles con citocininas para conservar frescas las flores cortadas.

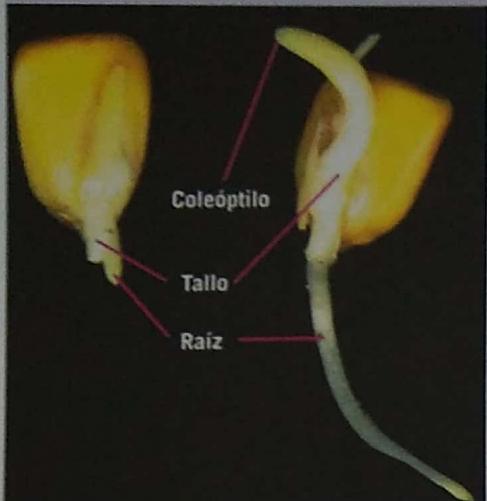
■ **Giberelinas.** Son un grupo de hormonas que presentan variedad de efectos, como el alargamiento del tallo, el crecimiento del fruto y la germinación de la semilla.

En muchas plantas, tanto la auxina como las giberelinas deben estar presentes para la formación del fruto. Estas hormonas se utilizan, por ejemplo, para estimular el crecimiento de frutos como uvas, haciéndolas más atractivas para los consumidores.

■ **Ácido abscísico.** Es una sustancia que retrasa el crecimiento de estructuras vegetales. En condiciones naturales, la presencia de ácido abscísico en los órganos actúa contrarrestando los efectos de las hormonas que estimulan el crecimiento.

En condiciones de sequía, las concentraciones de ácido abscísico en una semilla pueden aumentar considerablemente. Esto produce un retraso en la germinación que impide que la planta se desarrolle en condiciones desfavorables. Cuando una hoja comienza a marchitarse por falta de agua, el ácido abscísico causa el cierre de estomas y evita la pérdida de humedad de la planta.

■ **Etileno.** Es un gas que interviene en el desarrollo del tallo, la pérdida de hojas en ciertas condiciones y la maduración del fruto. En la producción frutícola suele realizarse la cosecha cuando los frutos están inmaduros para realizar su transporte. Más tarde, antes de la comercialización, se rocían con etileno para inducir la maduración.



Las auxinas intervienen en el crecimiento del coleóptilo.



El rociado de flores con citocininas retarda los efectos del envejecimiento.

CONOCER MÁS

Coleóptilo. En 1880, Charles Darwin y su hijo Francis realizaron importantes descubrimientos acerca del crecimiento diferencial del coleóptilo como respuesta direccional frente a la luz (fototropismo). Si el coleóptilo de una planta se deja en oscuridad o es iluminada de manera uniforme, crece hacia arriba, en línea recta. Si el coleóptilo se ilumina de un solo lado, crece hacia la luz. Esta respuesta es el resultado de un crecimiento diferencial entre las células de ambos lados del coleóptilo. Estudios posteriores permitieron concluir que las auxinas eran las responsables de los fenómenos observados por los Darwin.

4 FOTOPERIODICIDAD

La duración de los días varía con las estaciones del año, con períodos de luz más largos en verano y más cortos en invierno. El ciclo de luz-oscuridad es uno de los factores ambientales que más influyen en la vida de las plantas. Se denomina **fotoperíodo** a la duración relativa de los días y noches a lo largo del año.

La percepción de estos cambios permite que las plantas puedan, por ejemplo, estar mejor preparadas para enfrentar la llegada de la primera helada, la temporada de lluvias o largos períodos de sequía. Una respuesta de la planta que se desencadena a partir del cambio del fotoperíodo se denomina **fotoperiodicidad**. La floración de ciertas plantas es un ejemplo de fotoperiodicidad.

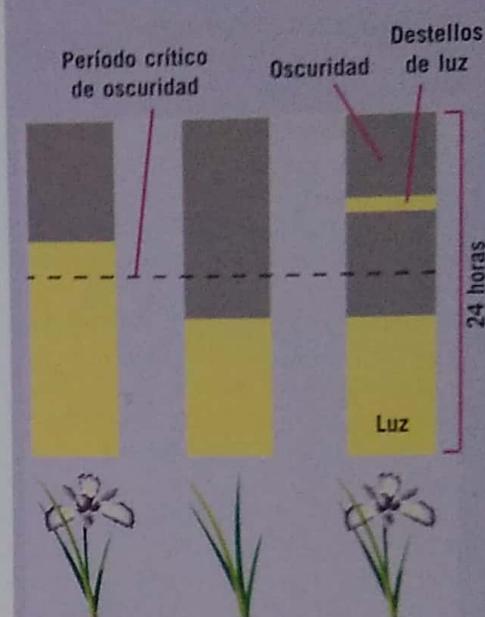
FOTOPERIODICIDAD Y FLORACIÓN

Las plantas responden de diversas maneras frente a los cambios estacionales del fotoperíodo.

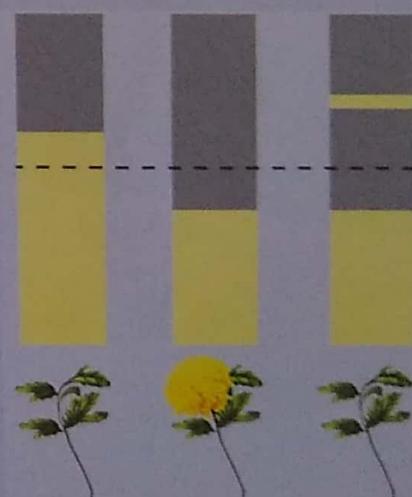
Las denominadas **plantas de día corto** florecen durante la temporada de días con menor cantidad de horas de luz. Los crisantemos, la estrella federal y algunas variedades de soja son plantas de día corto que, por lo general, florecen al finalizar el verano. Otro grupo de plantas florece cuando el período de luz de los días es más largo; son las llamadas **plantas de días largos**, como el rábano, la lechuga, el lirio, la espinaca y muchas variedades de cereales; florecen al finalizar la primavera o al comienzo del verano. Un tercer grupo de plantas no está afectado por la duración del día. Este grupo recibe el nombre de **plantas de día neutro**, y está conformado por el tomate, el arroz y el diente de león, entre otras.

Durante la década de 1940, un grupo de investigadores realizó experimentos para encontrar los mecanismos involucrados en la floración de plantas. Se sometieron diversas plantas a períodos de oscuridad interrumpidos por breves exposiciones de luz, con el fin de estudiar la forma en que las porciones luminosa y oscura de un fotoperíodo afectaban la floración.

Si la porción diurna del fotoperíodo de una planta de día corto se interrumpía por una breve exposición a la oscuridad no se alteraba la floración. Sin embargo, si la parte nocturna del fotoperíodo se interrumpía, aunque fuese por unos pocos minutos, la planta no florecía. Esto indicó que, en realidad, estas plantas no son sensibles a la duración del día, sino que requieren, al menos, un período de 8 horas de oscuridad continua para florecer. Por el contrario, si el período de oscuridad de una planta de día largo se interrumpe, la planta florece aunque la cantidad de horas de luz sea menor que la normal. Las plantas de días cortos se denominan más apropiadamente plantas de "noches largas", y las plantas de días largos son, en realidad, plantas de "noches cortas". Sin embargo, la denominación original de plantas de día largo, corto y neutro está muy difundida y, por lo tanto, es aceptada.



Las plantas de "días largos" florecieron solo si el período de oscuridad continua era más corto que el período crítico de oscuridad para dicha especie.



Las plantas de "días cortos" florecieron solo si el período de oscuridad continua era más largo que un "período crítico" de oscuridad específico de cada planta.

ACTIVIDADES

6. Elaboren un cuadro comparativo con las principales hormonas vegetales, indicando su función y sus usos en la producción agrícola.

CONOCER MÁS

En los **animales**, la manifestación más visible de la función de relación es su **comportamiento**, es decir, la secuencia de acciones, provocada por un estímulo, que da lugar a una respuesta precisa.

La vida de un animal es una sucesión de comportamientos alimentarios, como la captura de presas; reproductivos, como el acercamiento del macho y la hembra en períodos de cría y de defensa, o de alarma, como correr para huir de un depredador o lanzarse sobre una presa.



5 LOS ANIMALES Y EL MEDIO EXTERNO

Los **animales** se relacionan con el ambiente por medio de acciones cotidianas como encontrar alimento, escapar de un predador, cazar una presa o refugiarse del frío. A diferencia de las plantas, poseen la ventaja de poder desplazarse de un ambiente a otro cuando las condiciones ambientales no son favorables.

Los animales pueden percibir estímulos, tanto procedentes del medio externo como del interior de su organismo, a través de diferentes **receptores**.

Los receptores de estímulos externos suelen agruparse en órganos especiales llamados **órganos de los sentidos**, como el ojo o el oído. Pero, a veces, se encuentran dispersos por todo el cuerpo.

Estos receptores están formados por células especializadas en captar diferentes estímulos; luz, temperatura, presión, vibraciones o sustancias químicas. Los receptores se clasifican en función del tipo de estímulo al que son sensibles: estímulos químicos, térmicos, mecánicos o luminosos.

RECEPTORES DE ESTÍMULOS TÉRMICOS

Los **receptores térmicos** detectan variaciones de temperatura en el medio y suelen estar repartidos por todo el cuerpo.

Un caso muy especial de receptor térmico es el **órgano en foseta** que poseen algunas serpientes, como la serpiente de cascabel. Se trata de dos pequeñas cavidades situadas al lado de cada ojo. Estos órganos pueden detectar, aun en la oscuridad, la presencia de mamíferos o aves por las radiaciones infrarrojas (calor) que emiten sus cuerpos.

RECEPTORES DE ESTÍMULOS QUÍMICOS

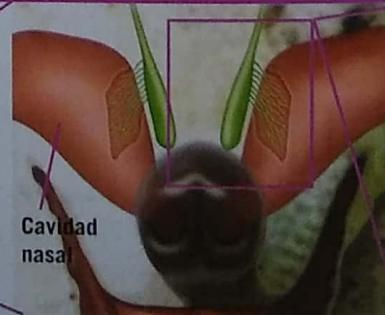
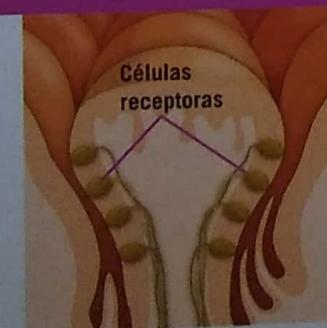
Los **receptores químicos** son sensibles a sustancias químicas y actúan:

- **Por contacto**, si la sustancia química se deposita directamente en contacto con los receptores. Así ocurre en el sentido del gusto.
- **A distancia**, si la sustancia es transportada por el viento hasta los receptores. Así funciona el sentido del olfato.

En los vertebrados, el gusto se localiza especialmente en la lengua, y el olfato, en la cavidad nasal.

En muchos invertebrados los receptores químicos están en la boca, pero también en las antenas, en las patas o repartidos por todo el cuerpo.

RECEPTORES QUÍMICOS



Receptores del gusto.

Receptores del olfato.

Material de distribución gratuita.

RECEPTORES DE ESTÍMULOS MECÁNICOS

Los **receptores mecánicos** son sensibles:

- **Al contacto y la presión.** Es el sentido del **tacto**, cuyos receptores se encuentran distribuidos por la superficie del cuerpo de muchos animales.

- **A las vibraciones transmitidas por el aire o por el agua.** Como:

- El sentido del **oído** de los vertebrados, que detecta las ondas sonoras. También algunos invertebrados, como los grillos, tienen "oídos". Se trata de un par de pequeñas cavidades situadas en las patas anteriores y cerradas por una fina membrana que hace de tímpano.
- La **línea lateral** de los peces, que detecta vibraciones y corrientes de agua. Consiste en unos canales que se ubican por debajo de la piel, a ambos lados del cuerpo, y en cuyo interior se encuentran los receptores.

RECEPTORES DE ESTÍMULOS LUMINOSOS

Los **receptores luminosos** se denominan **fotorreceptores**, ya que son sensibles a la luz. Es el sentido de la **vista**.

Los fotorreceptores más sencillos se encuentran distribuidos por toda la superficie del cuerpo en algunos invertebrados. Así pueden detectar cambios en la intensidad de la luz.

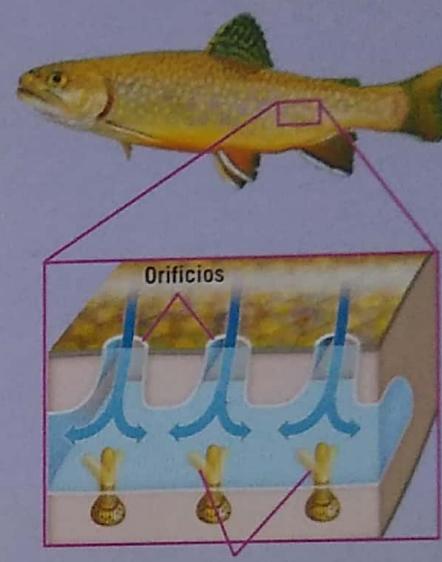
Los fotorreceptores más desarrollados se localizan en órganos denominados **ojos**, que se encuentran en la cabeza y pueden ser de dos tipos:

- **El ojo en cámara** de los vertebrados y de algunos moluscos; semejante a una cámara fotográfica.
- **El ojo compuesto** de los insectos, que está formado por muchas facetas o pequeños "ojos" independientes, cada uno de los cuales solo ve una pequeña zona. La unión de todas las imágenes formadas origina una imagen, como un mosaico, un poco borrosa, pero capaz de detectar hasta el mínimo movimiento a su alrededor.



ACTIVIDADES

7. ¿Una serpiente de cascabel puede detectar la presencia de un reptil con sus órganos en foseta? ¿Por qué?
8. El grillo macho canta frotando sus alas. ¿Cómo lo oye el grillo hembra?
9. ¿Qué utilidad tiene para un pez poseer línea lateral?



CONOCER MÁS

Línea lateral. Algunos peces poseen electrorreceptores en la línea lateral. Gracias a estos, son capaces de percibir tenues estímulos eléctricos –que son generados por todos los animales– y detectar presas o enemigos en aguas turbias donde hay escasa visibilidad.

6 LOS EFECTORES DE LOS ANIMALES

Como vimos, en la función de relación el objetivo es la respuesta y los efectores son los órganos que utiliza un animal para producir una respuesta. Existen dos tipos de respuesta ante un estímulo:

■ **Movimiento.** Es la respuesta más frecuente de los animales. El caracol que se introduce en su caparazón al tocarlo o la lombriz que se entierra en el suelo buscando la humedad, se mueven. Los órganos efectores que producen el movimiento son los **músculos**.

■ **Producción de sustancias.** En algunas respuestas, el movimiento carece de importancia. En este caso, la respuesta es el aumento de la producción de una determinada sustancia. Estas sustancias se llaman **secreciones**, y los órganos en los que se elaboran, las **glándulas**, también son órganos efectores. Los pulgones, por ejemplo, expulsan una gota de líquido azucarado secretada por glándulas especializadas cuando las hormigas los tocan con sus antenas.

Un estímulo puede provocar la respuesta de varios efectores. Cuando dos o más efectores trabajan de forma conjunta se dice que están **integrados**.

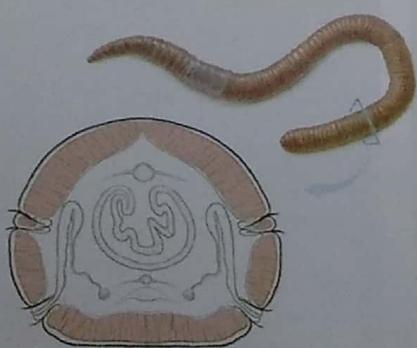
EL SISTEMA LOCOMOTOR

Las respuestas de los animales que implican la realización de movimientos se llevan a cabo gracias al sistema locomotor.

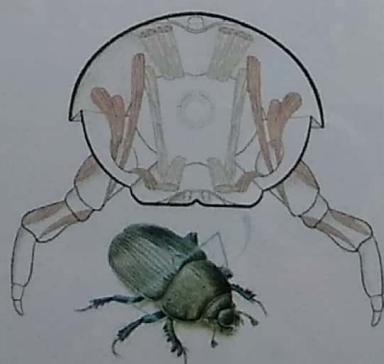
La presencia de un enemigo implica huir o permanecer inmóvil. Un cambio de temperatura motiva la búsqueda de un lugar más confortable.

Los animales con esqueleto pueden elevar su cuerpo del suelo y desplazarse, mediante patas o alas. Esto les permite disminuir la superficie de rozamiento y desplazarse más rápidamente. En cambio, los animales sin esqueleto, como la lombriz o el caracol, tienen que arrastrarse, y por ello su movimiento es más lento.

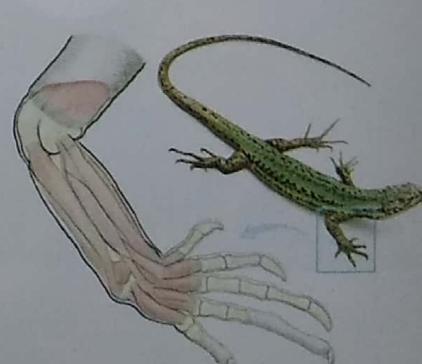
TIPOS DE SISTEMAS LOCOMOTORES



En los animales sin esqueleto, como por ejemplo la lombriz de tierra, para moverse y desplazarse dependen, exclusivamente, de su musculatura.



En el escarabajo, que tiene esqueleto externo, la musculatura en conjunto con las partes duras del esqueleto articulado posibilitan el movimiento.



Los animales con esqueleto interno, como la lagartija, gracias a la acción conjunta de músculos, huesos y articulaciones pueden realizar gran variedad de movimientos.

EFECTORES ESPECIALIZADOS

Los músculos y las glándulas son un fenómeno universal en todos los animales, pero existen otros efectores más especializados que solo comparten algunas especies. La mayoría de estos efectores se utilizan para evitar a los depredadores o para capturar presas. Otros sirven para la comunicación entre individuos de la misma especie.

CAMBIOS DE COLOR

El cambio de color del cuerpo es una respuesta que algunos animales utilizan para camuflarse en el medio donde viven.

El calamar o el lenguado, que pasan largo tiempo en el suelo marino, o los camaleones pueden cambiar de color y adoptar uno similar al medio en el que viven. Poseen en su piel células cargadas de un **pigmento** que puede concentrarse o dispersarse según las necesidades.

DESCARGAS ELÉCTRICAS

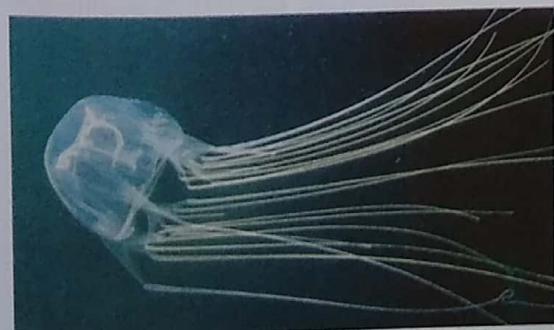
Generar electricidad es una respuesta utilizada por algunos animales para comunicarse con otros individuos de su especie o como mecanismo de ataque o defensa.

Algunos peces, como la anguila eléctrica o el torpedo, pueden producir descargas eléctricas ante la presencia de depredadores o de posibles presas.

GLÁNDULAS VENENOSAS

Producir **sustancias tóxicas** puede ser una respuesta ante el ataque de un depredador o si se detecta la presencia de una posible presa. Algunas serpientes, ranas, salamandras, peces, arañas, moluscos y medusas poseen glándulas venenosas como órganos efectores.

En algunos animales, estos órganos efectores disparan como misiles en miniatura cargados de veneno. Las medusas, por ejemplo, tienen sus tentáculos recubiertos de células que contienen el veneno. Estas células poseen una púa que sobresale. Cuando la presa roza la púa, esta se proyecta hacia el exterior y se clava en la presa, inyectándole el veneno.



La avispa de mar vive en la costa norte australiana. Los sesenta tentáculos que posee inyectan un veneno tan potente que, con solo 1,4 miligramos, puede llegar a matar a un ser humano adulto.

ACTIVIDADES

- Confeccionen un cuadro a partir de los diferentes tipos de receptores y efectores animales presentados. Comparen los tipos de estímulos percibidos, las características de las respuestas efectuadas y den ejemplos para cada caso.



El camaleón cambia de tonalidad o adquiere un moteado que le permite mimetizarse con el medio en el que está descansando y así pasa inadvertido para sus depredadores.



No todas las secreciones defensivas son venenosas. Los zorritos lanzan una sustancia de olor fuerte y desagradable que ahuyenta a sus depredadores.

7 LA COMUNICACIÓN ENTRE EFECTORES Y RECEPTORES

Un perro hambriento que ve o huele la comida acude al instante y, sin pausa, empieza a comer. La rapidez con que el organismo produce respuestas ante la llegada de estímulos indica la eficacia del sistema de comunicación que enlaza receptores y efectores.

Mediante este sistema de recepción e integración de información, los animales pueden comprender el entorno y responder de una manera adecuada a los cambios del ambiente.

RECEPTORES EXTERNOS (SENTIDOS)

envían información

SISTEMA NERVIOSO

elabora y transmite órdenes a los

EFEKTORES

pueden ser

MÚSCULOS

GLÁNDULAS HORMONALES

CENTROS NERVIOSOS DE UN INVERTEBRADO

Cadena de ganglios

Ganglios cerebrales

EL SISTEMA NERVIOSO

La comunicación entre los receptores y los órganos efectores la realiza el **sistema nervioso**, constituido por centros nerviosos y nervios.

■ **Centros nerviosos.** Son órganos que reciben los mensajes de los distintos receptores y elaboran las respuestas que envían a los efectores.

Al elaborar las respuestas los centros nerviosos son capaces de tener en cuenta experiencias anteriores, es decir, poseen **memoria**.

■ En la mayor parte de los invertebrados forman una cadena de **ganglios** en la parte ventral. Solo los ganglios cerebrales, situados en la cabeza, están en posición dorsal.

■ En los vertebrados forman una abultada masa en el interior del cráneo, el **encéfalo**, y un eje dorsal, la **médula espinal**.

■ **Nervios.** Son largos cordones que ponen en comunicación los centros nerviosos con los diferentes órganos. Cada nervio está formado por un haz de fibras que conducen numerosos mensajes. Las fibras pueden ser:

■ **Sensitivas.** Conducen mensajes desde los receptores hasta los centros nerviosos.

■ **Motoras.** Conducen mensajes desde los centros nerviosos a los efectores, músculos o glándulas.

La velocidad a la que circulan los mensajes nerviosos es siempre muy alta y varía desde 1 m/s a 120 m/s.

CENTROS NERVIOSOS DE UN VERTEBRADO

Encéfalo

Nervio

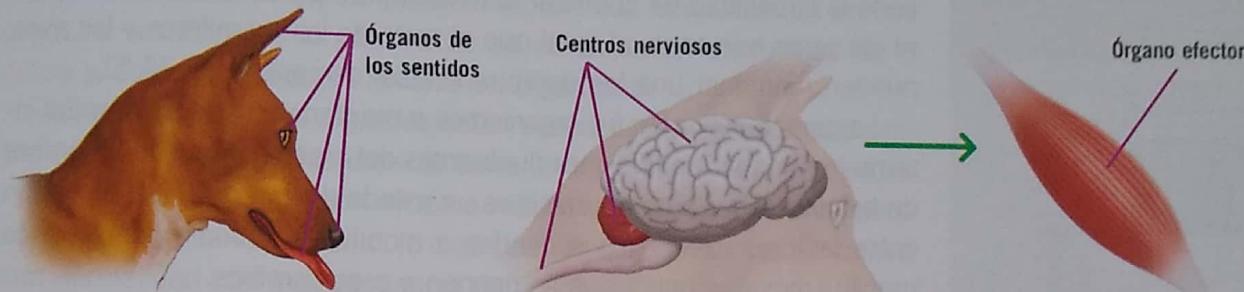
Fibras nerviosas

Médula espinal

FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA NERVIOSO

El sistema nervioso es el encargado de procesar la información percibida a través de los sentidos y elaborar la respuesta adecuada. Cuando un perro huele comida se desplaza hacia ella y empieza a comer. El estímulo es el olor. La respuesta es el movimiento y la secreción de sus glándulas digestivas.

El mecanismo por el cual el sistema nervioso procesa la información recibida y elabora la respuesta es similar en todos los animales.



1. Un órgano de los sentidos detecta el estímulo. Los receptores traducen el estímulo al que son sensibles en mensajes nerviosos.

2. Estos mensajes son conducidos por las fibras sensitivas de un nervio hasta un centro nervioso que elabora la respuesta más adecuada a ese estímulo.

3. La respuesta viaja a través de las fibras motoras de un nervio hasta los órganos efectores, los músculos o las glándulas, que ejecutarán la respuesta.

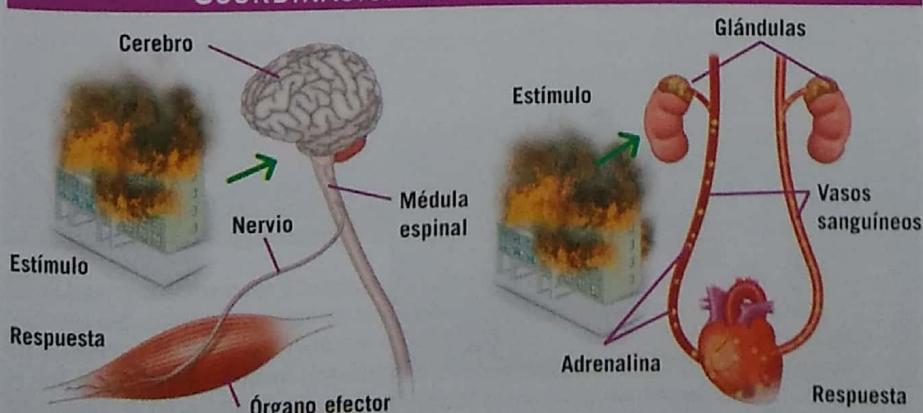
COMUNICACIÓN A TRAVÉS DE HORMONAS

Ante una situación peligrosa, como la presencia de un depredador o un incendio, unas glándulas colocadas sobre los riñones fabrican *adrenalina*. Esta sustancia pasa a la sangre y lleva el mensaje de peligro a algunos órganos para que准备 el cuerpo para una posible huida.

En este caso, la comunicación entre los órganos no se realiza mediante mensajes nerviosos sino mediante hormonas, como por ejemplo la adrenalina. El sistema circulatorio se encarga de transportar las hormonas hasta los órganos que elaboran la respuesta.

Las hormonas se fabrican en glándulas que vierten sus secreciones a la sangre. El conjunto de estas glándulas, repartidas por el organismo, constituye el **sistema hormonal**.

COORDINACIÓN NERVIOSA Y HORMONAL



El sistema nervioso y el sistema hormonal se encargan de que los órganos actúen perfectamente coordinados.

ACTIVIDADES

11. ¿Por qué, si el nervio que llega a un órgano se daña, ese órgano pierde total o parcialmente sus funciones?

12. ¿Cómo llega una hormona desde el lugar en el que se fabrica hasta el órgano sobre el que actúa?

13. Mencionen ejemplos de situaciones en la vida de un animal en los que intervengan las células efectoras, indicando cuál es el estímulo y cuál es la respuesta.

8 REGULACIÓN DEL MEDIO INTERNO

Hace más de un siglo, el fisiólogo francés Claude Bernard (1813-1878) hizo una distinción entre el ambiente externo que rodea a un animal y el ambiente interno en que viven las células de ese animal. Bernard también reconoció que muchos animales tienden a mantener condiciones estables en el medio interno, aun cuando el ambiente externo manifestara cambios. Una medusa que habita en el mar, por ejemplo, no tiene la capacidad de controlar la temperatura de su medio interno, pero los seres humanos, al igual que el resto de los mamíferos y las aves, pueden mantener una temperatura estable cercana a los 37 °C.

La característica de los organismos a mantener estable su medio interno frente a las condiciones fluctuantes del ambiente recibe el nombre de **homeostasis**. La homeostasis es un estado dinámico, una interacción entre factores externos que tienden a modificar el medio interno y los mecanismos de control que se oponen a esos cambios.

Dicho estado se adquiere gracias a numerosos mecanismos de recepción de estímulos y generación de respuestas, en los que intervienen diferentes receptores, controladores y efectores.

REGULACIÓN Y CONFORMISMO

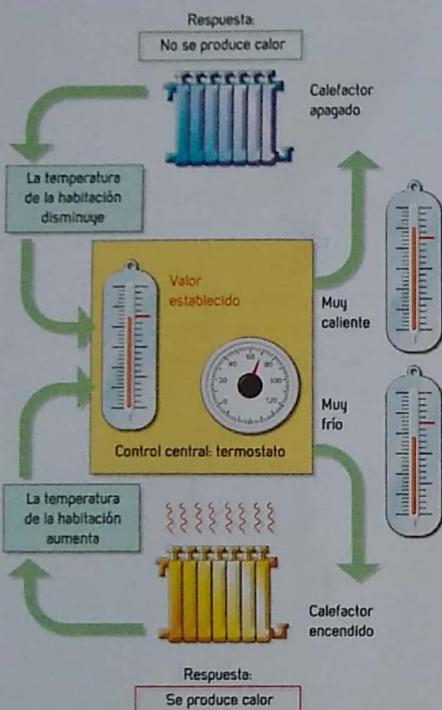
Se dice que un animal es un **regulador** para un ambiente variable; sobre todo, si utiliza mecanismos de control para moderar los cambios internos frente a la fluctuación externa. Por ejemplo, un pez de agua dulce es capaz de mantener estable una concentración interna de minerales y demás sustancias en su sangre, aun cuando esa concentración sea diferente de la del agua donde vive.

Se dice que un animal es **conformista** para un ambiente variable si permite que su condición interna varíe en relación con los cambios externos.

En realidad, no existen animales que sean reguladores o conformistas estrictos. La regulación y el conformismo son los dos extremos de las formas en las que el animal afronta las fluctuaciones ambientales. Además, un animal puede regular algunas condiciones internas mientras permite que otras fluctúen con las variaciones del ambiente. En el ejemplo anterior, un pez de agua dulce controla los niveles internos de solutos y a la vez permite que su temperatura interna se adapte a los cambios en la temperatura externa.



Los mamíferos mantienen su temperatura interna estable en valores próximos a los 37 °C.



Un ejemplo de control del medio interno. La regulación de la temperatura de una habitación depende de un termostato que detecta el cambio de temperatura y activa los mecanismos que lo regulan. De manera análoga, los sistemas de control de los animales responden a los cambios de temperatura, humedad y salinidad del medio externo por medio de diferentes mecanismos reguladores.

LA TERMORREGULACIÓN

La termorregulación es el proceso por el cual los animales mantienen una temperatura interna dentro de un margen tolerable. Esta capacidad es fundamental para sobrevivir, debido a que la mayoría de los procesos metabólicos que ocurren en la célula solo ocurren entre un rango acotado de temperaturas. Por debajo de ciertas temperaturas, los procesos metabólicos no pueden ocurrir, mientras que, a temperaturas excesivamente altas, las enzimas y las proteínas pierden su estructura normal (se desnaturalizan) y no pueden cumplir sus funciones. En ambos casos, el resultado es la pérdida de las condiciones funcionales de la célula y, como resultado, la muerte del organismo.

Aunque las distintas especies están adaptadas a temperaturas ambientales diferentes, cada especie tiene un intervalo óptimo de temperaturas. La termorregulación ayuda a mantener la temperatura corporal dentro de un intervalo óptimo, lo cual permite que las células funcionen con normalidad con independencia de los cambios externos.

ECTOTERMOS Y ENDOTERMOS

Los animales presentan diferentes formas de regular su **temperatura interna**. Los **ectotermos** son animales cuya temperatura interna depende del calor obtenido desde el ambiente, en tanto que los **endotermos** emplean el calor proveniente de los procesos metabólicos de sus células. En lugares fríos, los endotermos mantienen una temperatura estable mayor que la del ambiente circundante.

Muchos ectotermos pueden regular su temperatura por medio de su comportamiento, regulando períodos de exposición al sol o a la sombra.

Los peces, los anfibios, los lagartos, las serpientes, las tortugas y la mayoría de los invertebrados son ectotermos. Los mamíferos, las aves y unos pocos reptiles son endotermos.



- 1 El lagarto absorbe calor a través de la **radiación** del Sol. La radiación es el intercambio de ondas entre cuerpos a diferente temperatura que no se encuentran en contacto.
- 2 El lagarto pierde calor a través de la **evaporación**. La evaporación implica el enfriamiento de una superficie húmeda en respuesta al cambio de estado de agua (líquido a gaseoso).
- 3 Cuando la brisa toca la piel del lagarto, este pierde calor por **convección**. La convección es la transferencia de calor por el movimiento de aire o líquido por una superficie.
- 4 El lagarto gana calor por **conducción** apoyando su vientre sobre las rocas calientes. La conducción es la transferencia directa del calor entre cuerpos que están en contacto directo.

CONOCER MÁS

Temperatura interna. Los animales también pueden clasificarse según la condición de tener temperaturas internas estables o variables. Los **homeotermos** son aquellos animales que mantienen su temperatura interna relativamente estable, mientras que los **poiquilotermos** son aquellos cuya temperatura interna varía ampliamente. Estos términos no son del todo aceptados por muchos científicos, ya que hay mucho peces que fueron clasificados como poiquilotermos que viven en aguas tan estables térmicamente que las temperaturas internas prácticamente no varían. Por el contrario, existen animales clasificados como homeotermos que, en ciertas condiciones, sus temperaturas internas varían. Ejemplo de ellos son los mamíferos que tienen una temperatura alta cuando están activos en el verano, pero que tienen baja temperatura durante la *hibernación*.

ACTIVIDADES

14. Realicen un mapa conceptual a partir de los temas relacionados con el concepto de homeostasis. Para hacerlo, puede consultar la sección "Elaboración y uso de mapas conceptuales" en el dossier.

Obtención de agua por ósmosis a través de branquias y piel

Captación de agua y pocos iones

Captación de iones a través de las branquias

Osmorregulación de un pez de agua dulce.

Excreción de iones a través de las branquias

Pérdida de agua por ósmosis a través de branquias y piel

Eliminación de iones por medio de orina concentrada

Incorporación de iones y agua

Osmorregulación de un pez de agua salada.

BALANCE HÍDRICO

El agua desempeña un papel fundamental en los seres vivos. Es necesaria para transportar alimentos, eliminar desechos, regular la temperatura del cuerpo y disolver sustancias. Pequeñas variaciones en el contenido de agua de un organismo pueden alterar su equilibrio interno. Por dicha razón, los animales y el resto de los seres vivos poseen diferentes formas de mantener estables los niveles de agua internos.

El **balance hídrico** es el equilibrio de la cantidad de agua corporal que los organismos consiguen por medio del control de su ingreso y salida del cuerpo.

EL BALANCE HÍDRICO EN ANIMALES ACUÁTICOS

A través del fenómeno de **ósmosis**, el agua atraviesa las membranas celulares hacia donde se encuentra la mayor concentración de sales y demás sustancias disueltas. Cuando existe una diferencia de concentración muy grande entre el medio interno y externo, los organismos corren peligro de perder su balance hídrico.

Si la concentración de solutos en el medio externo es mayor que la del medio interno, el agua tiende a salir y el organismo se deshidrata; si la situación es inversa, el agua ingresa en exceso y los tejidos se dañan. Mediante los mecanismos de **osmorregulación** los animales mantienen constantes las cantidades de agua y solutos en el medio interno con independencia del medio externo. Según el medio en que viven se reconocen dos tipos de osmorregulación en peces:

■ **Osmorreguladores de agua dulce.** Compensan la entrada de agua eliminando el exceso a través de orina muy diluida. Tienen la piel impermeabilizada por medio de una cubierta de escamas o a través de la secreción de mucosidad.

■ **Osmorreguladores de agua salada.** Consumen agua permanentemente y eliminan el exceso de sales a través de las branquias y mediante una orina muy concentrada.

Una forma alternativa de enfrentar la pérdida de agua por ósmosis es minimizar la diferencia en las concentraciones del medio interno y externo. Estos organismos que equiparan sus condiciones internas a las del ambiente reciben el nombre de **osmoconformadores**. Ciertos peces, esponjas, pólipos, medusas y son osmoconformadores.

EL BALANCE HÍDRICO EN LOS ANIMALES TERRESTRES

Los animales terrestres obtienen agua a través del consumo de líquidos, la ingestión de alimentos y a través de procesos metabólicos dentro de las células. La pérdida de humedad sucede a través de la respiración, la transpiración, la orina y la materia fecal.

Las adaptaciones de los animales a los ambientes áridos reflejan diferentes formas de reducir estas pérdidas.

En ambientes desérticos, los animales desarrollan cubiertas que aislan su cuerpo del medio externo, entre otras adaptaciones que reducen la pérdida de agua por transpiración. Estos animales suelen además, generar una orina muy concentrada, lo que minimiza la pérdida de agua.

CONOCER MÁS

Osmosis. El agua tiende a moverse por ósmosis debido a las diferencias de concentración de sales a ambos lados de una membrana. A través de este fenómeno, el agua tiende a moverse desde un lado con menor concentración de solutos a otro con mayor concentración de solutos. Cuanto mayor es la diferencia de concentración, mayor es la tendencia del agua de moverse equilibrando las concentraciones a ambos lados de la membrana.

TOMATES MODIFICADOS GENÉTICAMENTE

El envejecimiento de las frutas y verduras que tienen que ser comercializadas puede ser un problema. En el tiempo que transcurre desde que estos productos son cosechados hasta que llegan a las casas de los consumidores, puede ocurrir que pierdan sus características originales –color, textura, sabor– y, por lo tanto, sean rechazados por los consumidores, perdiendo valor comercial.

Como vimos, los productores agrícolas han desarrollado técnicas basadas en el empleo de hormonas vegetales para controlar los tiempos de maduración de los frutos. Estos procedimientos han sido utilizados con éxito desde hace más de 60 años. Actualmente, las técnicas de genética proporcionan nuevos recursos para producir cambios en la maduración de los tejidos vegetales y preservarlos por más tiempo.

Tal es el caso del *tomate de maduración lenta*, un ejemplo de los denominados *organismos modificados genéticamente* (OMG). Los OMG son organismos cuyo material hereditario ha sido modificado con el fin de conferirles propiedades de interés productivo tales como la resistencia al ataque de herbívoros, la tolerancia a temporadas de sequías y alteraciones en los tiempos de desarrollo, entre otras.

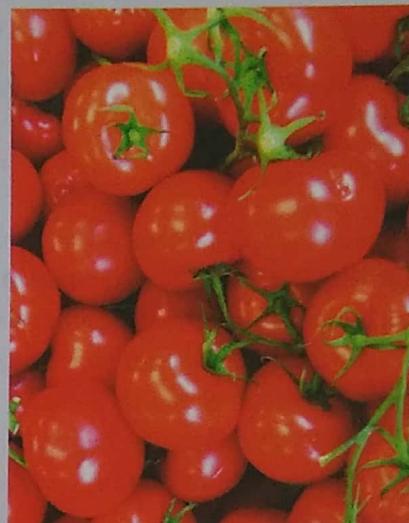
El tomate de maduración lenta es una variedad que tiene la propiedad de madurar en períodos de tiempo más largos que los tomates normales. Durante el proceso de maduración del fruto, además del etileno, interviene una enzima llamada *poligalacturonasa*, que degrada las paredes celulares. La acción de esta enzima produce el ablandamiento del fruto en la etapa posterior a la cosecha, reduciendo el tiempo en el que el tomate permanece firme y fresco y es más atractivo para el consumo.

Mediante el uso de técnicas de manipulación genética se puede lograr que los tomates conserven sus características originales por un período mayor.

La aplicación de esta técnica consiste en manipular algunos de los genes que intervienen en la producción de la poligalacturonasa. Como consecuencia de estas modificaciones, se disminuye la producción de la enzima y se reducen sus efectos en la maduración durante la cosecha y después de esta.

El resultado es un tomate modificado genéticamente con propiedades similares al resto de los tomates, pero que permanece fresco por más tiempo.

Este tipo de tomates es uno de los primeros productos, derivados de un cultivo modificado genéticamente, que han sido autorizados para consumo humano.



El tomate de maduración lenta posee la cualidad de conservar su frescura durante mayor tiempo. Esto lo convierte en un producto más atractivo para los consumidores.

PARA PENSAR Y CONVERSAR

15. Investigan qué otros productos modificados genéticamente existen y qué ventajas tienen respecto de sus antecesores naturales.
16. ¿Cuáles son las ventajas de utilizar estas técnicas? ¿Cuáles las desventajas?
17. Averigüen cuáles pueden ser las razones por las que los alimentos modificados genéticamente son motivo de debate en la sociedad. Investigan los argumentos a favor y en contra del consumo de estos productos.

UN PASEO POR LOS TEXTOS

MIENTRAS TANTO

1859

Inglaterra. Charles Darwin publica su teoría de la evolución en *El origen de las especies*.

1860

Francia. Claude Bernard propone el principio de estabilidad del medio interno.

1861

Argentina. Batalla de Pavón.

1862

Francia. El escritor francés Victor Hugo publica su novela *Los miserables*.

La experimentación según Bernard

La tendencia a la estabilización interna del cuerpo fue reconocida por primera vez por Claude Bernard, fisiólogo francés del siglo XIX, quien, en sus estudios realizados en la sangre y el hígado del cuerpo humano, descubrió las primeras secreciones internas.

A lo largo de toda su carrera científica en la que realizó numerosos estudios y experimentos, fue desarrollando el “principio de estabilidad del medio interno”, por el cual hoy es reconocido.

Además de realizar grandes aportes a la fisiología, Bernard publicó varios libros en los cuales expone sus ideas acerca del rol del investigador científico y el valor de la experimentación y la teoría en la ciencia.

El hombre no puede observar los fenómenos que lo rodean con límites muy estrictos, ya que muchos de dichos fenómenos escapan naturalmente al alcance de sus sentidos, y la simple observación no basta. [...]

La investigación, a veces simple, a veces compleja, tiene por objeto observar y comprender los fenómenos, más o menos ocultos, que nos rodean.

[...] el investigador [científico] debe ser a la vez teórico y práctico. Si bien debe tener capacidad para establecer los hechos de la experiencia, que son objeto de la ciencia, debe también darse cuenta claramente de los principios científicos que rigen nuestro razonamiento en el estudio experimental de diversos fenómenos de la naturaleza. Sería imposible separar estas dos cosas: la ca-

beza y la mano. Una hábil mano sin la cabeza que la dirige es un instrumento ciego, la cabeza sin la mano que lleva a cabo sigue siendo impotente.

Escrito por Claude Bernard en su libro *Introducción al estudio de la medicina experimental*, en 1859.



Claude Bernard (1813-1878)

ACTIVIDADES

18. Leer y comprender. Analicen el texto y reúnanse en grupos para debatir acerca de las ideas del autor. Para hacerlo, pueden consultar la sección las secciones “Interpretar un texto histórico” y “Realizar un debate”

19. Busquen en un diccionario científico la definición de la palabra “fisiología”. ¿Cuál es el objeto de estudio de esta rama de la ciencia?

EN EL LABORATORIO

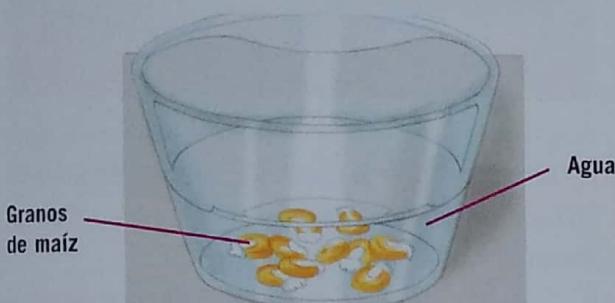
Influencia de las auxinas en el fototropismo

El crecimiento de los vegetales se realiza en dirección vertical al suelo, en sentido ascendente en el tallo y descendente en la raíz. El crecimiento de la raíz en busca de las capas más profundas del suelo es una respuesta de geotropismo.

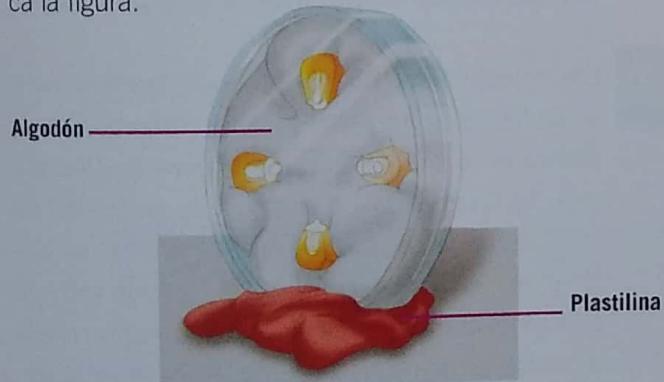
Mediante la siguiente experiencia evaluarán el geotropismo en la germinación de semillas de maíz.

PROCEDIMIENTO

PASO 1. Coloquen las semillas en un recipiente con agua y déjenlas en remojo durante uno o dos días.



PASO 2. Elijan cuatro granos de maíz remojados y colóquenlos en la placa de Petri formando una cruz, con los embriones hacia el centro de la placa, tal como indica la figura.



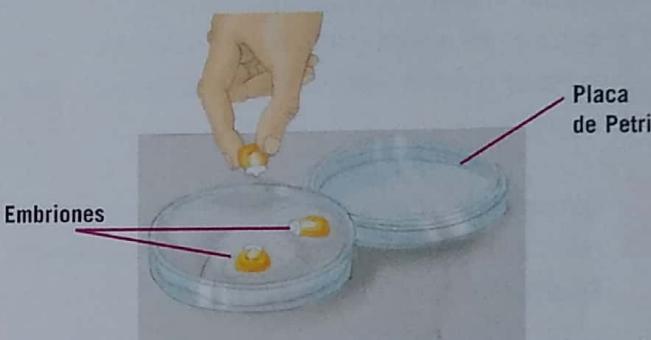
RESULTADOS Y CONCLUSIONES

20. ¿Qué sucedió con el crecimiento de los brotes y las semillas?
21. ¿Por qué creen que se humedecieron inicialmente los granos de maíz?
22. ¿Por qué se han dispuesto así?
23. ¿Cómo explicarían los diferentes recorridos seguidos por los tallos y las raíces?
24. Imaginen que un granjero los consultara para saber cuál es la mejor forma de disponer las semillas en el suelo. A partir de las conclusiones de esta experiencia, ¿qué le recomendarían? ¿Por qué?
25. Suponiendo que la imagen del costado refleja el resultado de la experiencia, deduzcan: ¿Cuál habrá sido el punto de apoyo de la placa? Justifiquen su respuesta.

MATERIALES

- Granos de maíz.
- Placa de Petri.
- Papel secante.
- Algodón.
- Papel celofán

PASO 3. Coloquen un papel de filtro, que ajuste en la caja, encima de las semillas. Rellenen el espacio sobrante con algodón, para evitar que las semillas se muevan cuando cierren la placa. Antes de cerrar, humedezcan el algodón con agua.



PASO 4. Cierren la placa y séllennla con papel celofán. Colóquenla en posición vertical en un lugar reparado y con luz. Pueden hacerlo con un trozo de plastilina. Deben cuidar que las cuatro semillas queden formando una cruz.

PASO 5. Observen el desarrollo durante los siguientes días y dibujen los cambios que vaya experimentando. Cuiden que el algodón no quede seco ni con exceso de agua.



ACTIVIDADES

26 26. Indiquen en los siguientes ejemplos cuál es el estímulo responsable del comportamiento:

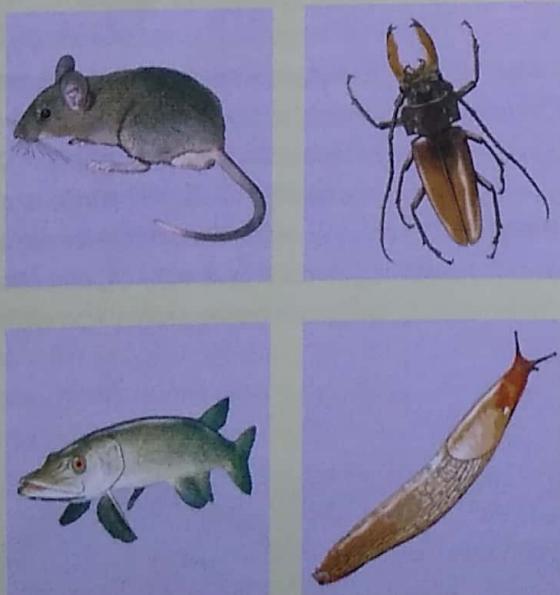
- Los caracoles soportan mal la sequedad del ambiente. Ante la falta de humedad, segregan una mucosidad que tapa la entrada de su caparazón, donde se encierran hasta que el ambiente cambia.
- Las pulgas de agua viven en charcas. Con luz intensa nadan hacia el fondo. Si es más tenue, se acercan a la superficie.

27 En los animales, para coordinar el funcionamiento de sus diferentes órganos, existen dos sistemas: el sistema nervioso y el sistema hormonal.

Construyan una tabla para comparar estos dos sistemas en cuanto a:

- Tipo de mensajes que conducen.
- Lugar por donde circulan esos mensajes.
- Mayor o menor velocidad a la que viajan los mensajes.

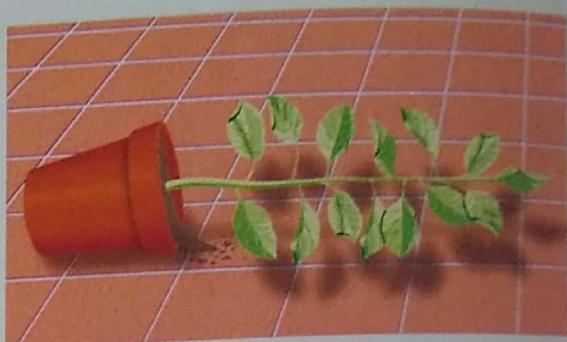
28 Completen la tabla indicando dónde se encuentran en estos animales los receptores capaces de detectar los distintos tipos de estímulos.



TIPO DE ESTÍMULO	RATÓN	ESCARABAJO	BABOSA	PEZ
Mecánico				
Luminoso	Ojos			
Químico				

29 ¿Qué nombre recibe la respuesta de las plantas a la fuerza de la gravedad? ¿Cómo responden las raíces ante este estímulo? ¿Y los tallos? ¿Qué ventajas obtiene la planta de esta respuesta?

30 En la figura aparece una maceta que acaba de volcarse.



a. Dibujen esa misma planta tal como la verían cuando haya duplicado su tamaño si no se la cambia de posición.

b. ¿Cuál ha sido el estímulo al que ha respondido la planta? ¿Qué nombre recibe esta respuesta?

c. ¿Cuál será la respuesta de su raíz a este mismo estímulo?

d. ¿Qué ventajas obtiene la planta de esta respuesta?

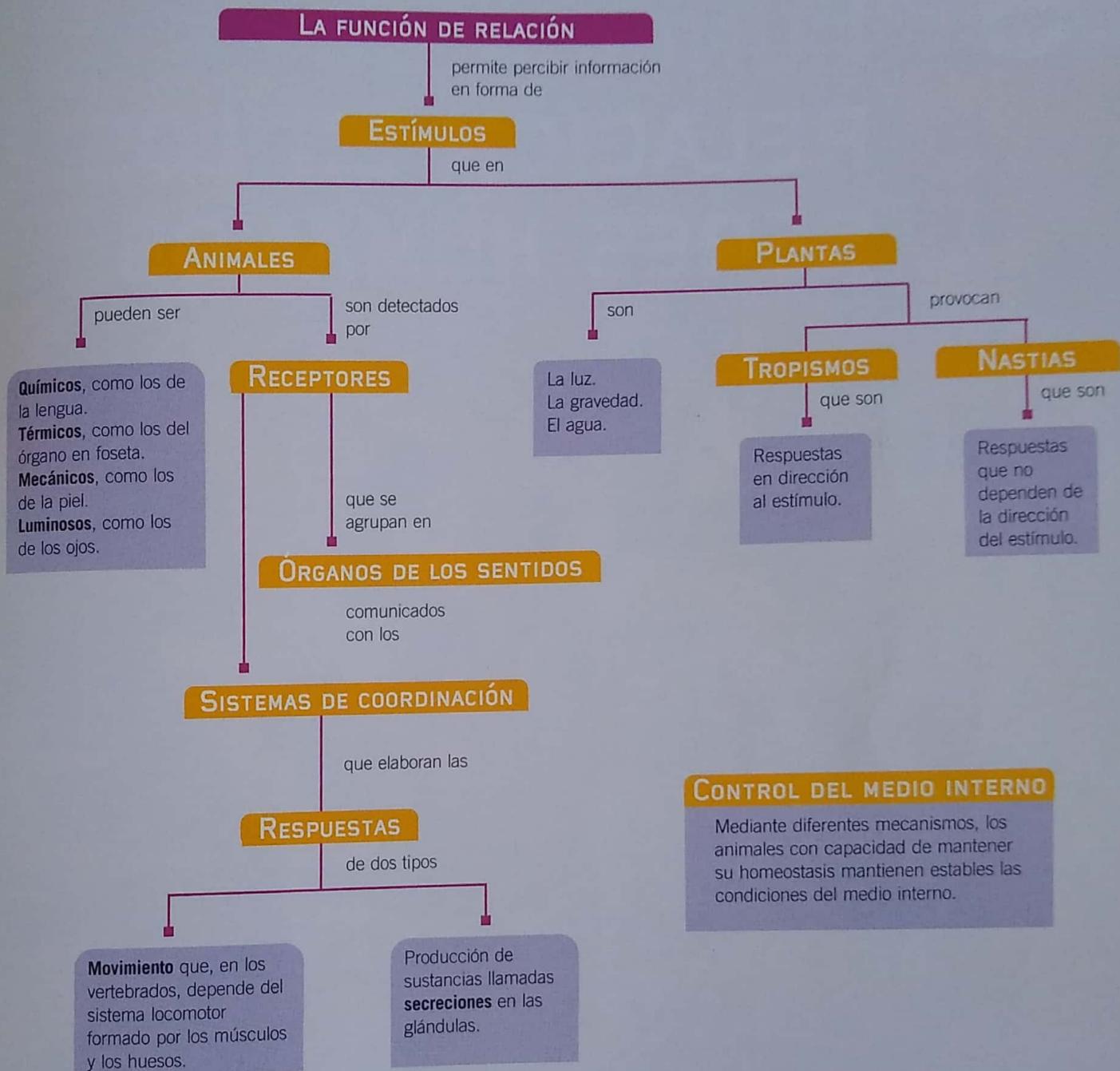
31 Los receptores que la serpiente de cascabel tiene en las fosetas son sensibles a la luz infrarroja. Cuando avanza en busca de su presa, mueve su cabeza a derecha e izquierda. En el momento en que los receptores de las dos fosetas reciben la misma cantidad de calor, la presa se encuentra justo enfrente y la serpiente no tiene más que lanzarse hacia ella.

a. Nombren el estímulo al que es sensible la serpiente. ¿Dónde se encuentra el órgano receptor de ese estímulo?

b. ¿Podemos nosotros recibir ese estímulo? ¿Por qué?

32 La merluza es un pez osmorregulador de agua salada. ¿Qué procesos de regulación del medio interno están involucrados en la vida de este pez? ¿Qué ocurriría si lo colocaran en una pecera con agua dulce?

EN RESUMEN



CONTROL DEL MEDIO INTERNO

Mediante diferentes mecanismos, los animales con capacidad de mantener su homeostasis mantienen estables las condiciones del medio interno.

PARA VOLVER A EMPEZAR

- Vuelvan a realizar las actividades de la apertura a partir de lo visto en la unidad.
- Visiten el sitio de Internet del Museo van Gogh y busquen otras obras del autor que retraten animales o plantas y describan cuáles son las funciones de relación que se dan entre ellos. <http://www.vggallery.com>



9

FUNCIÓN DE RELACIÓN EN LOS SERES HUMANOS

Detalle de *El torero alucinógeno* (1968),
de Salvador Dalí.

Existen varios sistemas en el cuerpo que intervienen en la recepción de los estímulos y el procesamiento de respuestas. Por medio de la función de relación percibimos imágenes visuales, sonidos y olores; realizamos movimientos y nos defendemos de posibles amenazas a la salud.

PARA ENTRAR EN TEMA

CON LO QUE OBSERVO

Observen con atención la imagen de la página anterior y describanla con sus propias palabras. Conversen con sus compañeros sobre los elementos que componen la imagen. ¿Todos perciben lo mismo?

a. La obra se llama *El torero alucinógeno* y pertenece al pintor español Salvador Dalí. Si la miran con atención, comprobarán que las figuras de las esculturas sin brazos forman también el rostro de un torero. Reúnanse en grupos y formulen una explicación lógica al fenómeno generado por la imagen.

b. Leer y comprender. El Diccionario de la Real Academia Española define a la palabra "alucinación" como: *Sensación subjetiva que no va precedida de impresión en los sentidos*. De acuerdo con esta definición, ¿puede afirmarse que la imagen del torero es una alucinación? ¿Por qué?



Salvador Dalí (1904-1989).

CON LO QUE SÉ

c. El funcionamiento de un avión está controlado por el piloto desde la cabina de mando. En esta cabina se recibe la información tanto del exterior como de todas las partes del avión, para que el piloto tome las decisiones oportunas y pueda hacer volar el aparato. Imaginen que están en la cabina de mando de un robot similar a un ser humano:

- ¿Qué funciones dejarían que gobernase de forma automática la computadora de a bordo? ¿Qué funciones manejarían directamente?
- ¿Cuál es la "computadora central" de nuestro organismo? ¿Qué tipo de "cables" utiliza para enviar y recibir información?

CON LO QUE DESCUBRO

d. Observen las imágenes y respondan a las preguntas.



¿Son paralelas las líneas rojas? Si, la alternancia de colores y la posición de los cuadrados resultan engañosas. ¿Cómo lo explicarían?



¿La cara del frente del cubo es celeste o es transparente? Pregúntenle a diez de sus compañeros cuál de las dos opciones elige. ¿Por qué creen que ocurre este fenómeno?

1 FUNCIÓN DE RELACIÓN: EL CUERPO HUMANO

Al igual que los demás organismos vivos, los seres humanos intercambiamos gran cantidad de información con el mundo exterior. Cada vez que el cuerpo incorpora nutrientes, desecha sustancias, intercambia energía o percibe estímulos por medio de los sentidos, está relacionándose con el medio externo.

Como vimos en el capítulo anterior, la **función de relación** es el conjunto de procesos por los cuales un organismo elabora respuestas adecuadas frente a los estímulos del medio.

LOS SISTEMAS DE RELACIÓN

El cuerpo humano es una estructura extremadamente compleja. Todos sus componentes: órganos, aparatos y sistemas actúan de forma sincronizada para cumplir tareas específicas y procesar estímulos de diverso tipo.

Un conjunto de células de características similares conforma **tejidos** que, a su vez, forman parte de **órganos**. Diferentes órganos que, en conjunto, realizan determinado tipo de funciones, componen **sistemas de órganos**. Un **organismo** está conformado por órganos y sistemas de órganos que funcionan de manera coordinada, asegurando el cumplimiento de funciones vitales (nutrición, reproducción y relación).

En el cuerpo humano, la función de relación es llevada a cabo por cuatro sistemas:

- **El sistema osteoartromuscular.** Incluye los huesos, las articulaciones y los músculos. Es el encargado de llevar a cabo las acciones desencadenadas en el sistema nervioso central que implican movimientos.
- **El sistema inmunológico.** Está formado por un conjunto de barreras y mecanismos de respuesta que defienden al cuerpo de los agentes externos que podrían causar enfermedades. El sistema inmunológico cuenta con una alta *especificidad* que le permite diferenciar lo que pertenece al cuerpo de lo que es extraño y perjudicial.
- **El sistema endocrino.** Actúa como una red de comunicación celular que responde a los estímulos liberando *hormonas*, y es el encargado de diversas funciones metabólicas del organismo. Es similar al sistema nervioso, pero su acción es mucho más lenta.
- **El sistema nervioso.** Lo forman el sistema nervioso central y el periférico. Detecta y analiza la información proveniente del medio externo e interno. Esta información es procesada y utilizada para elaborar las órdenes que gobiernan el funcionamiento del cuerpo.



A través de la función de relación, los seres humanos percibimos estímulos internos y externos y elaboramos las respuestas adecuadas.

CONOCER MÁS

Sistemas. La utilización de sistemas como modelos para explicar la complejidad de los fenómenos biológicos es relativamente reciente. La primera aproximación la realizó el biólogo austriaco Karl Ludwig von Bertalanffy, quien a mediados del siglo XX acuñó la denominación de teoría general de los sistemas: proponía formular modelos generales que tuviesen aplicación en diferentes campos científicos. Si bien se utiliza "seres vivos" u "organismos" como una denominación general para referirse a las entidades biológicas, de acuerdo con el enfoque de Bertalanffy, ampliamente aceptado entre los biólogos, resulta preferible hablar de sistemas vivientes.



Ludwig von Bertalanffy (1901-1972).

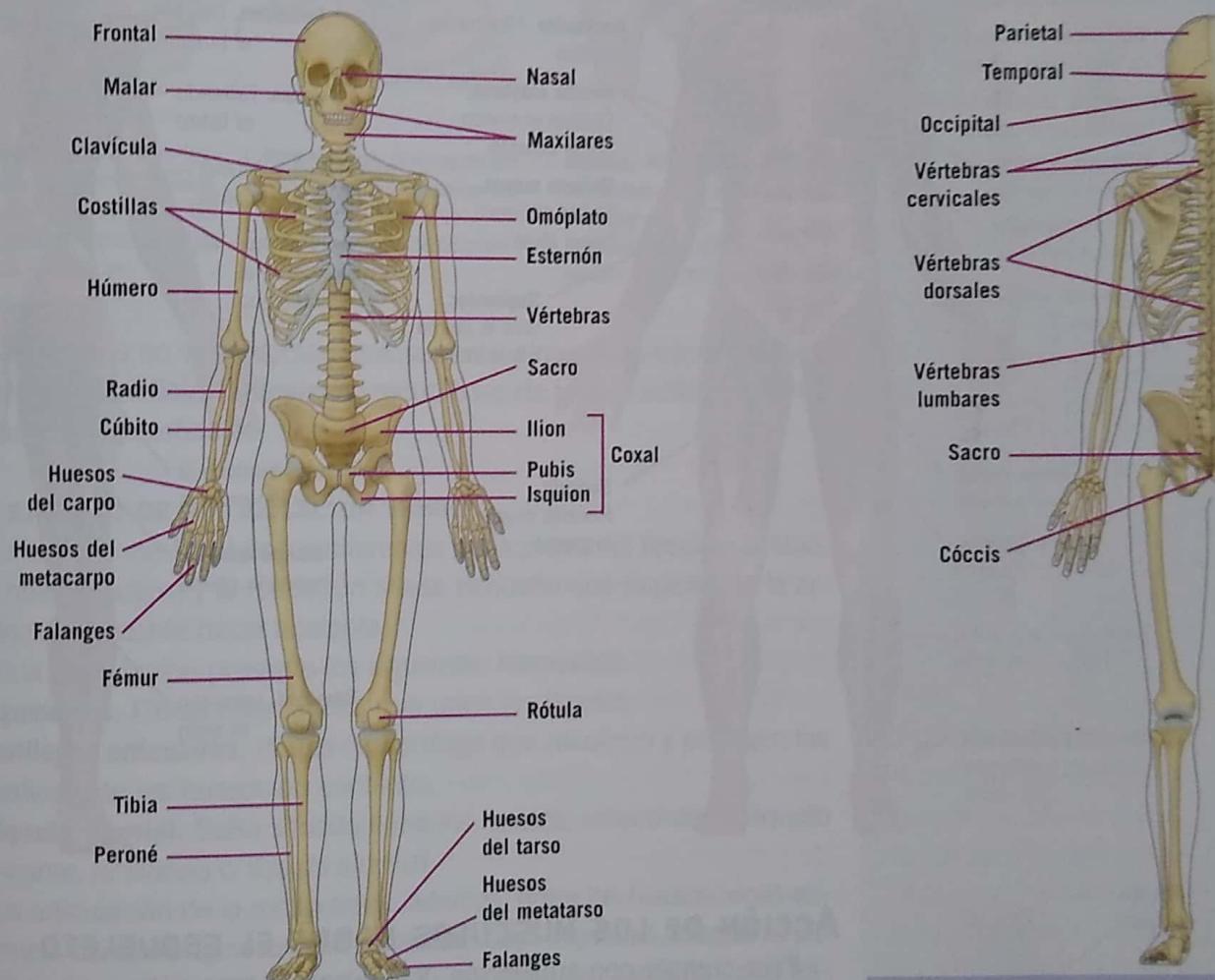
2 EL SISTEMA OSTEOARTROMUSCULAR

El sistema osteoartromuscular está integrado por los huesos y los músculos esqueléticos; es el encargado de ejecutar las respuestas motoras ordenadas por el sistema nervioso. La colaboración entre huesos y músculos nos permite mantener la postura, desplazarnos y realizar movimientos.

EL ESQUELETO

El esqueleto constituye un armazón interno que sostiene nuestro cuerpo, protege las partes más delicadas del organismo y en él se insertan los músculos que permiten el movimiento.

El esqueleto está formado por 208 huesos.



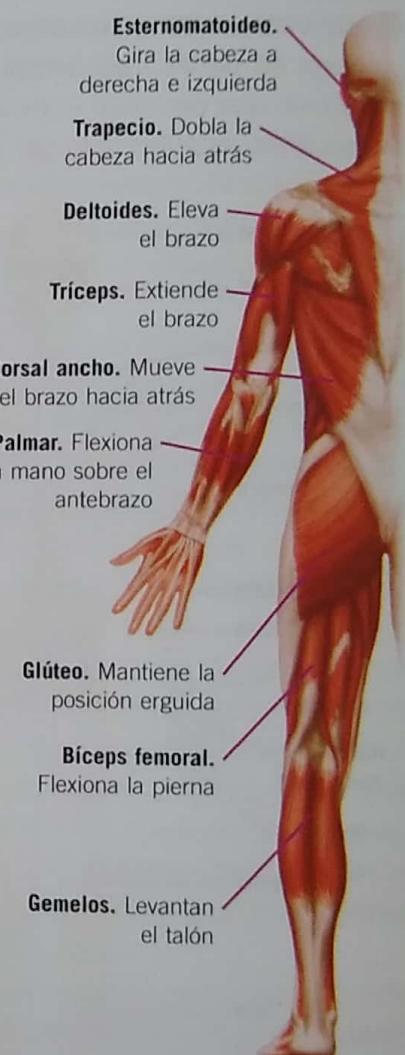
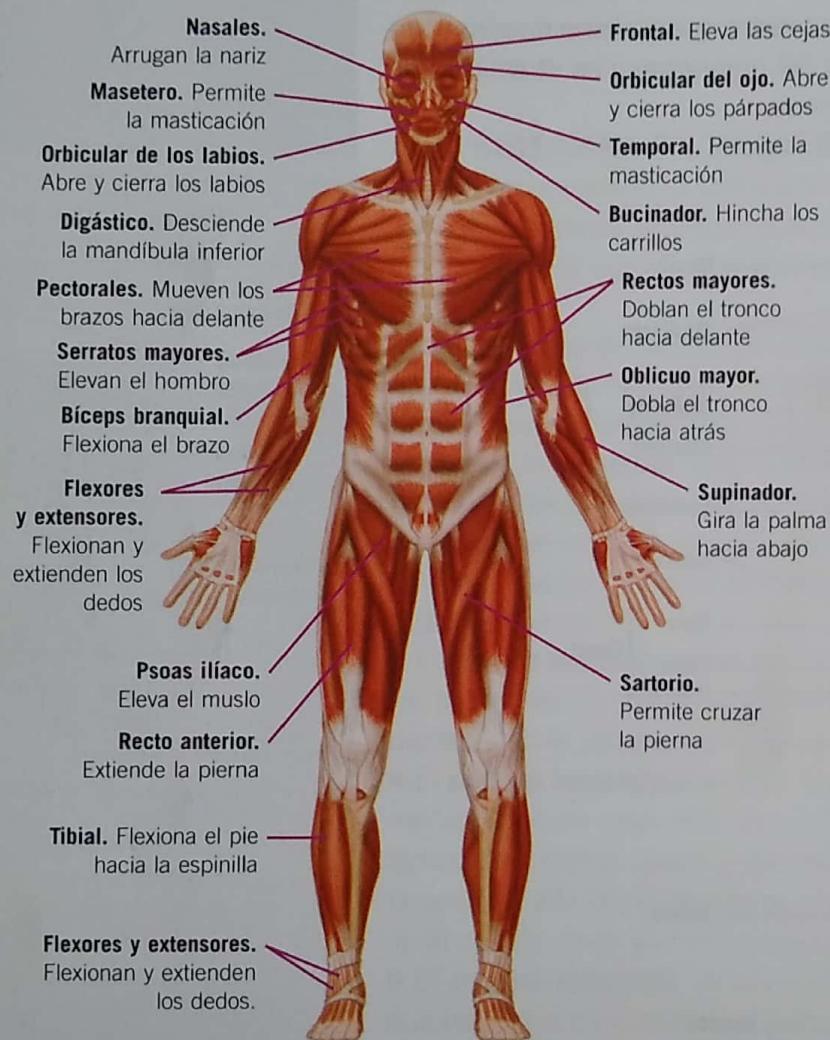
ACTIVIDADES

1. Recuerden lo aprendido en años anteriores y confeccionen un mapa conceptual con los diferentes sistemas de órganos del cuerpo. Para hacerlo, pueden consultar la sección "Elaboración y uso de mapas conceptuales" en el dossier.
2. ¿Cuál es la estructura ósea que sirve de eje al resto del organismo? ¿Qué huesos la constituyen?
3. Citen ejemplos de estructuras óseas que realicen funciones de protección de órganos.

LOS MÚSCULOS ESQUELÉTICOS

Los músculos esqueléticos actúan sobre el esqueleto y ejecutan movimientos voluntarios de respuesta ante estímulos, a diferencia de los músculos lisos y el músculo cardíaco, que realizan movimientos involuntarios. También sirven de protección para distintos órganos.

La musculatura esquelética está integrada por más de 650 músculos que constituyen entre el 35 y el 40% del peso corporal.



ACCIÓN DE LOS MÚSCULOS SOBRE EL ESQUELETO

Para cumplir con su función, los músculos esqueléticos se unen a los huesos y se contraen o relajan, produciendo el movimiento.

Cada músculo se une a dos huesos distintos mediante cordones muy resistentes de tejido, denominados *tendones*.

El músculo se contrae, es decir, se acorta, cuando recibe un impulso nervioso motor. Gracias a las articulaciones, los músculos mueven los huesos, haciendo que se acerquen, se separen, o giren uno respecto del otro.

Para realizar algunos movimientos, los músculos trabajan coordinadamente por parejas que funcionan de manera antagonista o contraria.

LAS ARTICULACIONES

Son estructuras que permiten el movimiento relativo de los huesos contiguos e impiden su separación. Son, a la vez, elementos de fijación y de movimiento.

TIPOS DE ARTICULACIONES SEGÚN SU MOVILIDAD



Inmóviles. No permiten los movimientos de los huesos que unen. Por ejemplo, las articulaciones que unen los huesos del cráneo.

Semimóviles. Solo permiten pequeños desplazamientos entre los huesos. Por ejemplo, las articulaciones de las vértebras.

Móviles. Permiten una gran movilidad entre los huesos. Por ejemplo, las articulaciones del codo, la cadera y la rodilla.

Los huesos no se contactan directamente, sino que lo hacen por medio de las **superficies articulares**, recubiertas de tejido cartilaginoso, llamado **cartílago articular**.

UN EJEMPLO DE ARTICULACIÓN MÓVIL

La rodilla une tres huesos diferentes de la pierna: el fémur y la tibia, dos huesos largos, y la rótula, un hueso pequeño que impide que la articulación se doble hacia adelante.

Esta articulación presenta los siguientes elementos:

- **Ligamentos.** Fibras muy fuertes que unen los huesos.
- **Cartílagos articulares.** Piezas de cartílago que recubren y protegen las superficies de los huesos en contacto.
- **Cápsula sinovial.** Bolsa situada entre los huesos, rellena de un líquido lubricante, la *sinovia* o *líquido sinovial*.

La articulación de la rodilla tiene, además, entre los huesos, unas estructuras fibrocartilaginosas, los **meniscos**, cuyo objeto es adaptar la superficie de contacto para repartir mejor la carga. Sin embargo, con frecuencia esta articulación debe soportar sobrecargas, especialmente en los deportistas, lo que puede causar lesiones que requieran delicadas intervenciones quirúrgicas.



Articulación de la rodilla.

ACTIVIDADES

4. Indiquen qué músculos intervienen y cuál es el papel que desempeña cada uno para levantar una barra de pesas por encima de la cabeza (es decir, levantar el brazo y extenderlo).
5. ¿Qué sucedería si el esqueleto no estuviera articulado?
6. Mencionen un ejemplo de músculos antagonistas en las extremidades inferiores y expliquen su funcionamiento.



Los fagocitos pueden destruir, además de organismos patógenos, células cancerígenas.

3 LAS DEFENSAS DEL ORGANISMO

El organismo presenta un conjunto de mecanismos de defensa que actúa ante la presencia de diferentes *agentes patógenos*. Un **agente patógeno** es toda entidad biológica capaz de producir enfermedad o daño en un individuo. Muchos virus, bacterias, protozoos e invertebrados son ejemplos de organismos patógenos. El conjunto de defensas del cuerpo frente a los agentes patógenos constituye el **sistema inmunológico**.

DEFENSAS INESPECÍFICAS

El sistema inmunológico protege al organismo de infecciones mediante una estrategia constituida por capas o barreras de defensa sucesivas, cada una más específica que la anterior. La piel y las mucosas que recubren las vías internas constituyen la primera barrera frente a la entrada de un gran número de agentes patógenos. También desempeñan la misma función las secreciones, como las lágrimas y los ácidos del estómago. Debido a que actúan indiscriminadamente frente a cualquier patógeno, estas barreras se denominan *defensas inespecíficas*.

Las defensas inespecíficas no resultan infranqueables, ya que, en algunas ocasiones, las bacterias y los virus penetran en el organismo y se multiplican rápidamente en su interior.

Una simple herida en la piel puede ser la puerta de entrada para microorganismos que normalmente viven sobre nosotros.

Si un agente patógeno traspasa estas primeras barreras, el **sistema inmunológico innato** provee una respuesta inmediata, pero no específica. En esta segunda barrera de defensa se encuentran células como los *fagocitos* o *macrófagos* que actúan como "basureras" del cuerpo fagocitando a aquellos patógenos que se encuentran en el camino.

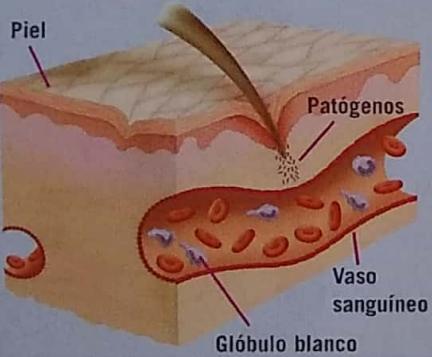
Los **fagocitos** son un tipo de glóbulos blancos, presentes en la sangre y en los tejidos bajo la piel, que engloban y destruyen cualquier tipo de agente patógeno que encuentran en su camino.

En ocasiones, la zona herida se inflama y enrojece y se percibe un aumento de la temperatura en el lugar de la lesión; es la **respuesta inflamatoria**. Esto es debido a que las células de la zona lesionada liberan sustancias que estimulan la actividad de otras células con las siguientes consecuencias:

- se produce la **dilatación de los vasos sanguíneos** locales para aumentar el riego sanguíneo y favorecer el transporte de fagocitos. Este aumento de sangre causa la inflamación y el enrojecimiento de la zona;
- ocurre un **aumento local de la temperatura**, es decir, un calentamiento en la zona herida; esto favorece la movilidad de los fagocitos.

El **pus** que se forma en el lugar de la inflamación está constituido por los restos de glóbulos blancos cargados de gérmenes fagocitados.

LA RESPUESTA INFLAMATORIA



Al producirse una herida, entran agentes patógenos que se encuentran con glóbulos blancos de la sangre.

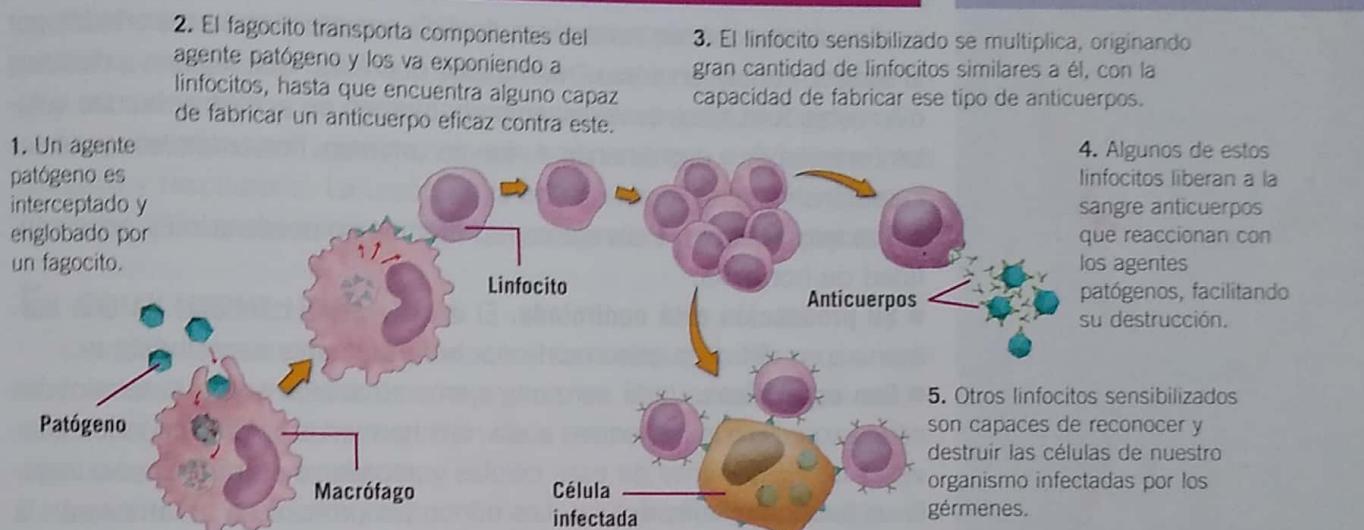


Los glóbulos blancos fagocitan y destruyen los agentes patógenos. La zona aparece inflamada y enrojecida.

LA RESPUESTA ESPECÍFICA

Si los agentes patógenos consiguen evadir la respuesta innata, los seres humanos –y el resto de los vertebrados– poseen una tercera capa de protección, que es el **sistema inmunológico adaptativo**. Aquí el sistema inmunológico adapta su respuesta durante la infección para mejorar el reconocimiento del agente patógeno. Este sistema está formado por los macrófagos, los *linfocitos T* y los *linfocitos B*, que son otro tipo de glóbulos blancos encargados de fabricar **anticuerpos**, proteínas que reconocen específicamente al agente patógeno, marcándolo para su destrucción.

INTERCAMBIOS DE UN ORGANISMO



LA MEMORIA DEL SISTEMA INMUNOLÓGICO

Algunas enfermedades infecciosas, como el sarampión, solo se padecen una vez. Esto es así porque los linfocitos sensibilizados perduran toda la vida y guardan una **memoria inmunológica** del microorganismo o virus agresor. De este modo, ante un nuevo contacto con el mismo agente patógeno, la respuesta defensiva es muy rápida y la enfermedad no llega a manifestarse. Esta memoria proporciona a nuestro organismo una *inmunidad natural*.

Desgraciadamente, en otras muchas enfermedades, el microbio o el virus causante de la enfermedad puede cambiar sus características externas al cabo del tiempo y entonces deja de ser reconocido por los linfocitos sensibilizados. Así sucede con el virus causante de la gripe y, por esta razón, podemos volver a contraerla varias veces a lo largo de nuestra vida.

El proceso de inmunidad adquirida es la base de la **vacunación**. Las vacunas son agentes patógenos o partes de ellos que generan una respuesta inmune moderada, de manera que no nos enfermamos, pero logramos generar la memoria inmunológica.

ACTIVIDADES

7. ¿Qué diferencias hay entre las tres barreras de defensa?
8. ¿Qué es la memoria inmunológica? ¿Cuál es su importancia en el proceso de vacunación?



Los linfocitos se multiplican aumentando la eficacia de la reacción inmunitaria.

4 EL SISTEMA ENDOCRINO

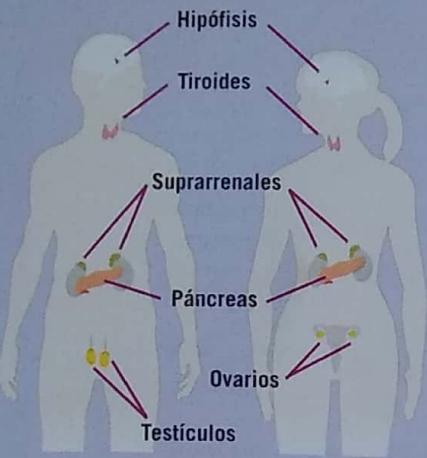
La función del sistema endocrino es de coordinación; pero, a diferencia del sistema nervioso, produce **mensajes químicos** llamados **hormonas**, que controlan el crecimiento y el desarrollo del cuerpo y el contenido de agua, sales, glucosa, proteínas y otros nutrientes. También son importantes en la regulación del comportamiento.

El sistema endocrino está constituido por un conjunto de **glándulas** que vierten sus productos en la sangre.

LAS HORMONAS HUMANAS

Son sustancias de naturaleza lipídica o proteínica transportadas por la sangre. Funcionan como "mensajeros químicos" que regulan a distancia diferentes funciones en el organismo. Ejercen su acción sobre las células controlando y coordinando su funcionamiento. Presentan las siguientes características:

- **Son muy eficaces.** Para ejercer su función se necesita muy poca cantidad de hormona.
- **Su producción está controlada.** El exceso en la cantidad de una hormona o su déficit pueden ocasionar enfermedades características.
- **Son específicas.** Cada hormona ejerce su acción sobre determinadas células que solo le responden a ella. Las hormonas lipídicas pueden atravesar las membranas de esas células y acceder a su núcleo para regular el funcionamiento celular. Las hormonas proteínicas no atraviesan la membrana, por lo cual inducen cambios desde su superficie.



PRINCIPALES HORMONAS DEL SISTEMA ENDOCRINO

GLÁNDULA	HORMONA	ACTIVIDAD PRINCIPAL
Hipófisis	Somatotropa (STH)	Estimula el crecimiento de nuestro organismo.
	Tirotropa (TSH)	Estimula la secreción de la tiroides.
	Adrenocorticotropo (ACTH)	Estimula la secreción de las glándulas suprarrenales.
	Gonadotropas (FSH y LH)	Regulan la actividad de las glándulas sexuales.
	Lactotropa (LTH)	Estimula la secreción láctea en la mujer.
Tiroides	Tiroxina	Estimula la actividad química de la célula.
Paratiroides	Paratohormona	Aumenta la concentración de calcio en la sangre.
Timo	Timosina	Estimula la maduración de las células del sistema inmunitario.
Suprarrenales	Adrenalina	Estimula el ritmo cardíaco y respiratorio.
	Cortisona	Estimula la síntesis de glucosa y la destrucción de grasas.
Páncreas	Insulina	Estimula procesos que disminuyen la cantidad de glucosa.
	Glucagón	Estimula procesos que aumentan la cantidad de glucosa.
Testículos	Testosterona	Regula la aparición y desarrollo de los caracteres sexuales masculinos.
Ovarios	Estrógenos y progesterona	Regulan el desarrollo de los caracteres sexuales femeninos y preparan al organismo para un posible embarazo.

¿CÓMO ACTÚAN LAS HORMONAS?

Las hormonas son elaboradas por glándulas y vertidas al torrente sanguíneo. Por medio de este, llegan a casi todos los tejidos del cuerpo, generando respuestas adecuadas solo en órganos específicos.

La acción de las hormonas se caracteriza por su **especificidad**: a pesar de que las hormonas llegan a todos los órganos del cuerpo, únicamente ejercen su acción sobre unos pocos. Este fenómeno se debe a que solo las células del *órgano blanco*, es decir, aquellos en los cuales las hormonas deben ejercer su acción, poseen en sus membranas externas las proteínas específicas para reconocer a la hormona que desencadena la respuesta. Estas proteínas se llaman **receptores hormonales**, y son específicas para cada hormona. Si la hormona encuentra uno de sus receptores, entonces se unirá a él por un mecanismo similar al de una llave y una cerradura, y se desencadenará una respuesta biológica.

La **adrenalina**, por ejemplo, es una hormona que regula los ritmos cardíaco y respiratorio. La unión de la adrenalina al receptor adrenérgico en las células del corazón hará que aumente el ritmo cardíaco.

EL EQUILIBRIO HORMONAL

Las glándulas endocrinas producen hormonas a un ritmo que varía en función de las necesidades del organismo. Esto es así porque existe un estricto control que hace que en cada momento se produzca la cantidad adecuada que se requiere.

La actividad endocrina está controlada por la **hipófisis**, la glándula directora del sistema hormonal. La hipófisis es una pequeña glándula, del tamaño de un poroto, situada en la base del cerebro, que controla el funcionamiento de otras glándulas.

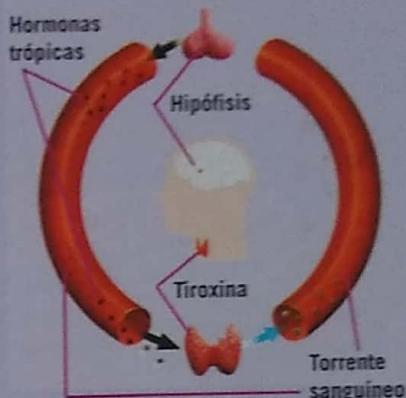
ALTERACIONES EN EL EQUILIBRIO HORMONAL

En ocasiones, el equilibrio hormonal se quiebra por causas patológicas, de manera que la secreción de una hormona aumenta o disminuye anormalmente. Entonces se producen trastornos en el funcionamiento del organismo. Algunas de estas alteraciones son:

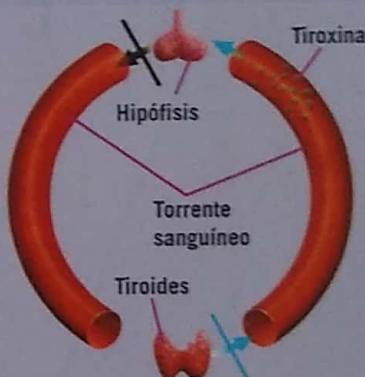
- **Alteraciones en el crecimiento.** La insuficiencia de la hormona del crecimiento durante el desarrollo infantil provoca enanismo, mientras que su exceso causa gigantismo.
- **Alteraciones en el metabolismo.** El déficit de hormona tiroidea *tiroxina* ocasiona tendencia a la obesidad, mientras que su exceso produce lo contrario.
- **Alteraciones en el nivel de glucosa.** La disminución o ausencia de *insulina* provoca hiperglucemia, es decir, elevada concentración de glucosa en la sangre; por el contrario, una cantidad excesiva origina hipoglucemia, es decir, una baja concentración de glucosa en la sangre.

MECANISMO DE ACCIÓN DE LA HIPÓFISIS

1. La hipófisis produce una serie de hormonas, denominadas trópicas, que son vertidas a la sangre. Cuando las hormonas trópicas llegan a otras glándulas endocrinas, estimulan la secreción de la hormona correspondiente, en este caso la *tiroxina*.



2. El aumento excesivo de la cantidad de una hormona como la *tiroxina* en la sangre inhibe a la hipófisis, que cesa la producción de las hormonas trópicas. La falta de hormonas trópicas inhibe la glándula correspondiente y se interrumpe la producción excesiva de la hormona.



ACTIVIDADES

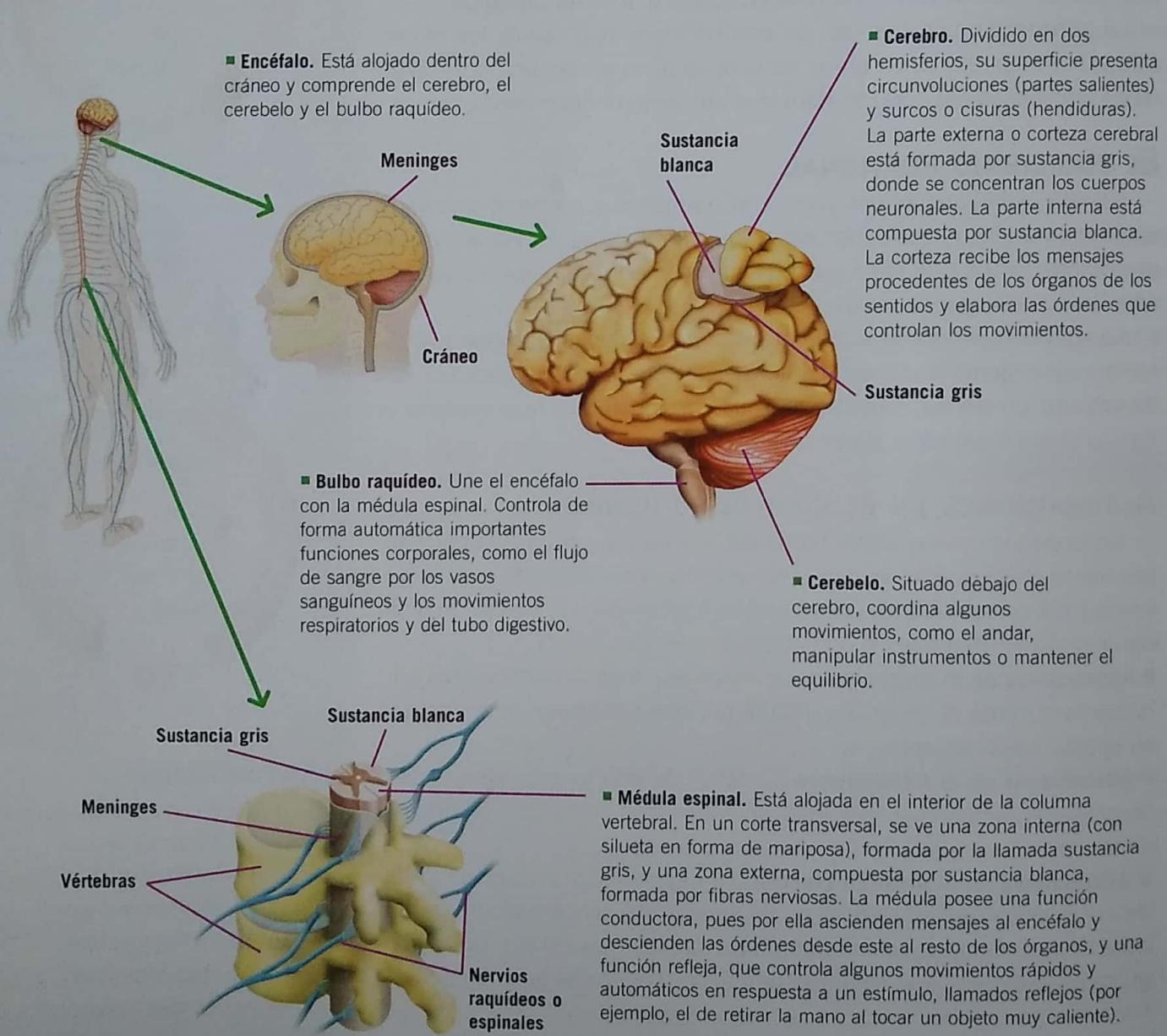
9. ¿Por qué consideramos a la hipófisis la glándula directora del sistema endocrino?
10. ¿Por qué se detiene la producción de una hormona cuando su concentración en la sangre alcanza un nivel elevado?
11. ¿Qué tratamiento médico deben seguir los pacientes con alguna deficiencia hormonal?

5 EL SISTEMA NERVIOSO

El sistema nervioso procesa los mensajes que provienen del exterior y del interior del organismo y elabora mensajes que controlan el funcionamiento del cuerpo. Coordina las respuestas de los sistemas osteoartromuscular, inmunológico y endocrino. Según los órganos que lo componen, se distinguen un **sistema nervioso central** y uno **periférico**.

SISTEMA NERVIOSO CENTRAL

El sistema nervioso central está formado por la **médula espinal** y el **encéfalo**. Está protegido por unas envolturas membranosas llamadas **meninges**, por los huesos del cráneo y por las vértebras.



EL CEREBRO

El cerebro es probablemente el órgano más fascinante del cuerpo humano. La característica que lo diferencia de otros órganos es su capacidad de cambiar aun cuando el individuo ha alcanzado la madurez. Este atributo particular del cerebro se denomina **plasticidad**; las **neuronas**, las células especializadas de los tejidos nerviosos, son las responsables de otorgarle esas propiedades plásticas.

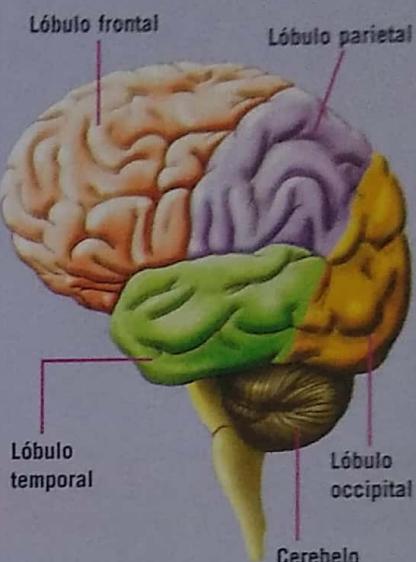
El cerebro humano contiene aproximadamente 100.000 millones de neuronas. Cada una de ellas presenta cerca de 7.000 conexiones con otras neuronas. Las complejas redes de comunicación neuronal permiten que el cerebro realice funciones muy diversas, que van desde el procesamiento de la información sensorial hasta la coordinación del movimiento y del comportamiento. Este singular órgano es el responsable de todas nuestras funciones mentales, tales como la toma de decisiones, las emociones, la memoria y el aprendizaje.

LOCALIZACIÓN DE LAS FUNCIONES CEREBRALES

Si bien no existe una localización estricta de las funciones cerebrales, hay diferentes zonas que están más especializadas en el cumplimiento de ciertos procesos. Además de la división anatómica en dos hemisferios, derecho e izquierdo, en el cerebro se reconocen: una región externa o **corteza cerebral**, y otra interna, que contiene estructuras evolutivamente más antiguas. Existe, además, una separación funcional en **lóbulos cerebrales** que se corresponde con zonas separadas más o menos por su anatomía y su función.

- El lóbulo **frontal**. Localizado en la región anterior de cada hemisferio, es una estructura "reciente" en términos evolutivos, ya que solo se encuentra en los animales más complejos, como los vertebrados. En el lóbulo frontal se hallan el *área de Broca*, encargada de las funciones de lenguaje y el habla, y el *lóbulo prefrontal*, responsable de las **funciones ejecutivas**, que son las que nos permiten realizar acciones con un propósito determinado. Algunas de estas funciones son la atención, la planificación, la secuenciación y la reorientación de nuestros actos de acuerdo a las respuestas. La actividad del lóbulo prefrontal también se asocia a la construcción de la personalidad del individuo y a la conciencia de sus actos.
- El lóbulo **occipital** está ubicado en la zona posterior del cerebro y está relacionado con el procesamiento de imágenes visuales y el reconocimiento de objetos, movimientos y colores.
- El lóbulo **parietal**, ubicado entre el lóbulo frontal y el occipital, procesa estímulos táctiles, térmicos y mecánicos.
- El lóbulo **temporal** se ubica detrás de las sienes. Tiene injerencia en el procesamiento de imágenes complejas, como el reconocimiento de caras, estímulos olfativos y sonoros, y contribuye a mantener el equilibrio del cuerpo. Regula también las emociones, la ansiedad, el placer y la ira. El **lóbulo temporal medial** forma parte del lóbulo temporal e incluye un sistema de estructuras anatómicamente relacionadas que son básicas para la *memoria declarativa*, es decir, el recuerdo consciente de hechos y acontecimientos del pasado.

ANATOMÍA FUNCIONAL DEL CEREBRO



ACTIVIDADES

12. ¿Cuál es la diferencia principal entre el cerebro y los demás órganos del cuerpo? ¿Qué características de las neuronas las hacen ideales para cumplir con las funciones del cerebro?

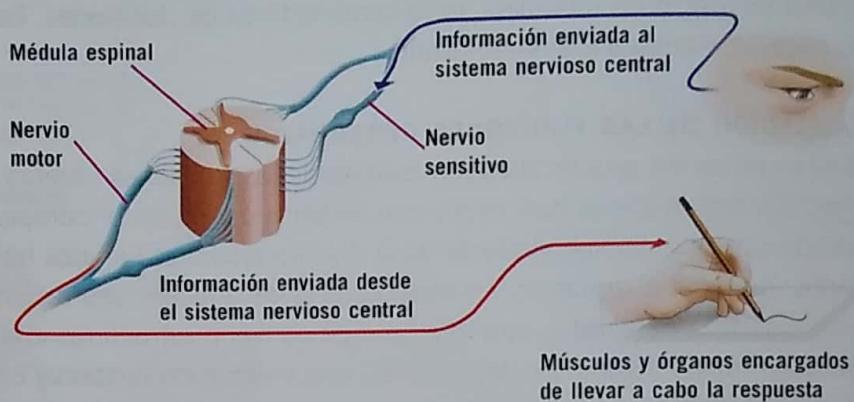
SISTEMA NERVIOSO PERIFÉRICO

El sistema nervioso periférico está formado por los **nervios craneales** (que salen del encéfalo) y los **nervios raquídeos** (que salen de la médula). Estos nervios conectan el sistema nervioso central con todos los órganos del cuerpo.

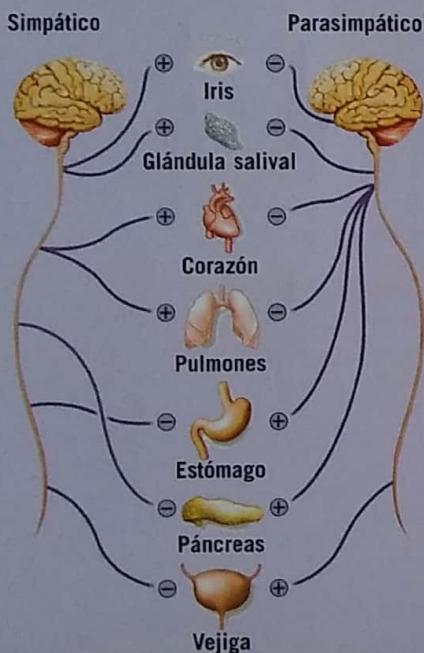
Por su función, los nervios se pueden clasificar en:

- **Nervios sensitivos.** Si transportan información desde los órganos de los sentidos y las vísceras (órganos internos) al sistema nervioso central.
- **Nervios motores.** Si transportan las órdenes desde el sistema nervioso central a los músculos y órganos encargados de llevar a cabo la respuesta.

TIPOS DE NERVIOS SEGÚN FUNCIÓN



SISTEMA NERVIOSO VEGETATIVO



RESPUESTAS VOLUNTARIAS E INVOLUNTARIAS

En la mayoría de los casos, los músculos que mueven el esqueleto están gobernados por el cerebro, y su control es voluntario. En cambio, el funcionamiento de las vísceras está regulado automáticamente por el sistema nervioso central y su control es, por lo tanto, involuntario. Esto permite establecer una división entre:

- **Sistema nervioso somático.** A él pertenecen los nervios que conectan los músculos esqueléticos con el sistema nervioso central. Es el responsable de los **actos voluntarios**, como escribir o andar.
- **Sistema nervioso vegetativo o autónomo.** Está compuesto por los nervios que conectan las vísceras con el sistema nervioso central. Regula el **funcionamiento involuntario** de órganos, como el corazón, el estómago, el hígado, las glándulas salivales o los pulmones de forma que su actividad se acomode en todo momento a las necesidades de nuestro organismo.

Los órganos reciben órdenes antagónicas por medio de dos nervios:

- Nervios parasimápticos, que forman el **sistema nervioso parasimáptico**.
- Nervios simápticos, que forman el **sistema nervioso simáptico**.

Si el simáptico estimula la actividad, el parasimáptico la inhibe, y viceversa.

EL TEJIDO NERVIOSO

El sistema nervioso está integrado por un conjunto de células muy especializadas: las **neuronas**. A diferencia de otras células del organismo que presentan formas simples, las neuronas presentan morfología compleja, adecuada para transmitir mensajes en forma de **impulsos nerviosos** de naturaleza eléctrica.

ESTRUCTURA DE UNA NEURONA

Una neurona tipo está constituida por un **cuerpo** o **soma**, donde se halla el núcleo de la célula, y del que se desprenden por un lado las **dendritas** y por otro lado el **axón**. Las dendritas son prolongaciones de la membrana plasmática que contienen diversas organelas y maquinarias de transporte celular. En las dendritas se recibe la información procedente de otras neuronas. El axón es una única prolongación de la célula, diferente de las dendritas tanto en la composición de la membrana plasmática como en la del citoplasma o **axoplasma**.

Las **células de la glía** son células de sostén esenciales para la integridad y adecuado funcionamiento de las neuronas. Son células más numerosas y pequeñas que las neuronas que, además de sostén, proveen nutrición y el aislamiento necesario para la adecuada transmisión del impulso eléctrico a través de los axones. Algunas de estas células forman las denominadas *vainas de mielina*.

Los axones y su vaina de mielina constituyen **fibras nerviosas** que, a su vez, se agrupan en **fascículos** que forman **nervios**.

LA SINAPSIS

El contacto entre dos neuronas se llama **sinapsis**. La más común es la que ocurre entre el axón de una neurona con una dendrita de otra neurona, aunque también existen las sinapsis entre dos dendritas y dos axones.

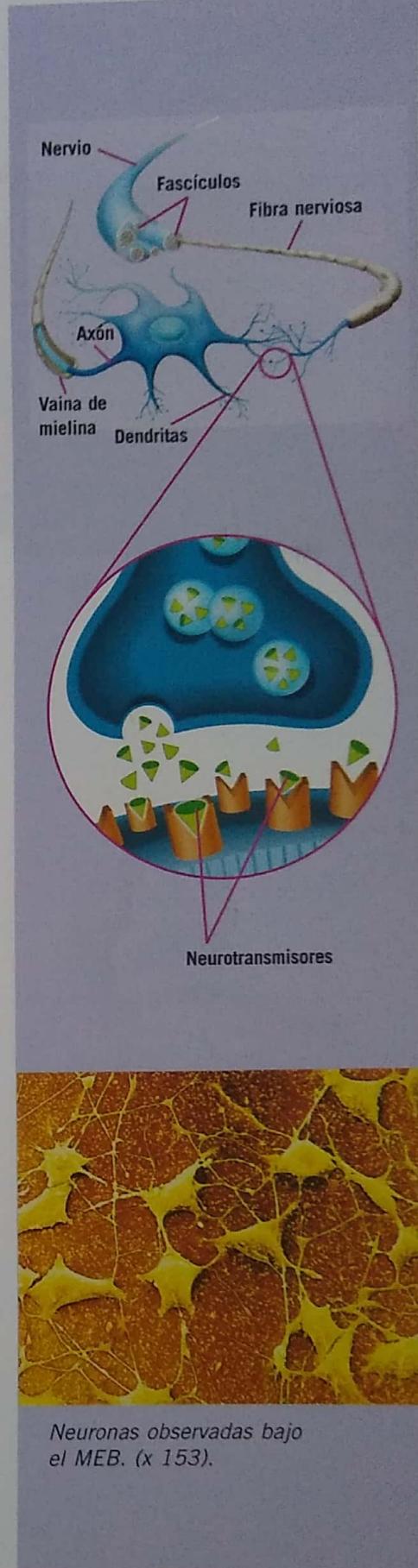
En la sinapsis participan una **neurona presináptica**, de donde procede el impulso que se genera donde nace el axón, y una **neurona postsináptica**, que es la que lo recibe en sus dendritas que integran los impulsos provenientes de diversas neuronas presinápticas.

En el extremo del axón de la neurona presináptica hay una estructura llamada **botón sináptico** con vesículas que contienen unas sustancias químicas llamadas *neurotransmisores*. En la sinapsis no hay contacto entre las neuronas. Entre la neurona presináptica y la postsináptica hay un espacio sináptico. Cuando el impulso nervioso llega al botón sináptico, sus vesículas se abren al exterior y liberan los neurotransmisores al espacio sináptico. Estos se fijan a la membrana de la neurona postsináptica y desencadenan en ella un nuevo impulso.

ACTIVIDADES

13. ¿Cómo se compone el tejido nervioso? ¿Cómo se comunican las neuronas?

14. ¿Por qué se denomina autónomo al sistema nervioso vegetativo? ¿Qué podría ocurrir si su actividad estuviera bajo control voluntario?



Neuronas observadas bajo el MEB. (x 153).

6 LOS SENTIDOS

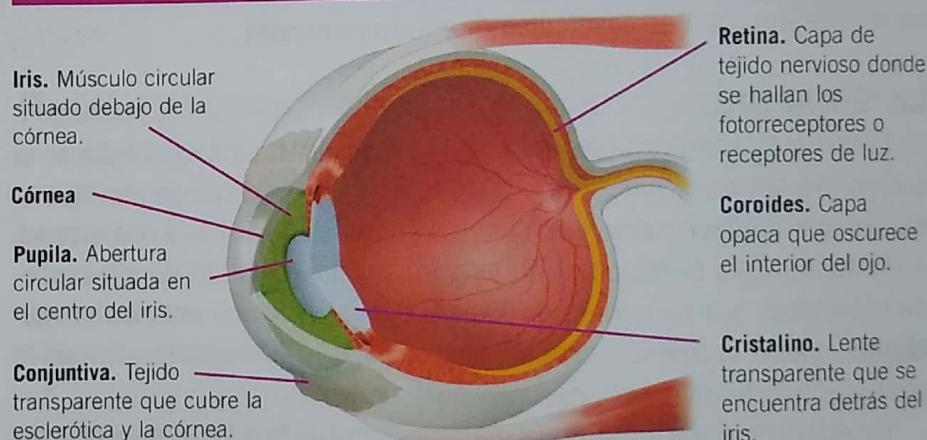
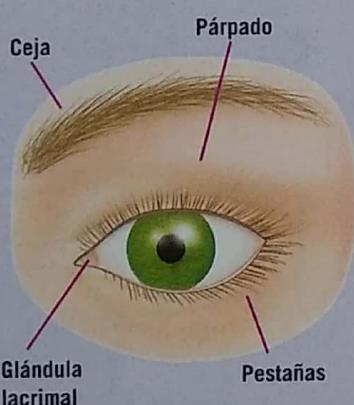
Como vimos en el capítulo anterior, se denomina **estímulos** a aquellos cambios ambientales que pueden ser detectados por un organismo. Los estímulos son captados por células nerviosas sensibles, los **receptores**.

En el cuerpo humano, los receptores que captan los estímulos del exterior están dispersos por la piel o agrupados en zonas concretas, formando los **órganos de los sentidos**.

De acuerdo con el tipo de estímulo captado, los sentidos se clasifican en: **vista, audición, olfato y gusto**. Tradicionalmente, se ha considerado al **tacto** como un sentido ubicado en la piel que interviene en la recepción de estímulos mecánicos externos. Sin embargo, resulta más apropiado considerarlo como una de las submodalidades del **sistema somatosensorial**, que interviene, además, en la captación de estímulos térmicos y sensaciones de dolor provenientes del interior o del exterior del cuerpo.

LA VISTA

El sentido de la vista detecta estímulos lumínicos por medio de los **ojos**. El ojo está compuesto por el globo ocular, alojado en una cavidad formada por los huesos del cráneo y la cara, y varias estructuras anexas: cejas, párpados, pestañas, glándulas lacrimales y músculos oculares.



La retina actúa como una pantalla inteligente que se activa en las zonas a las que llega la luz. Constituye una superficie cubierta por dos tipos de fotorreceptores: los **bastones**, sensibles a la luz de poca intensidad pero no a los colores, y los **conos**, sensibles a los colores pero no a la baja intensidad luminosa.

Cuando la luz reflejada por un objeto atraviesa el globo ocular e impacta sobre los fotorreceptores en la retina, el mensaje luminoso se transforma en uno de tipo eléctrico transmisible hasta la corteza cerebral. Antes de llegar a esta, la información es analizada y procesada en diferentes etapas. Los diferentes atributos de un estímulo se procesan separadamente, y luego el cerebro los une para obtener una percepción.

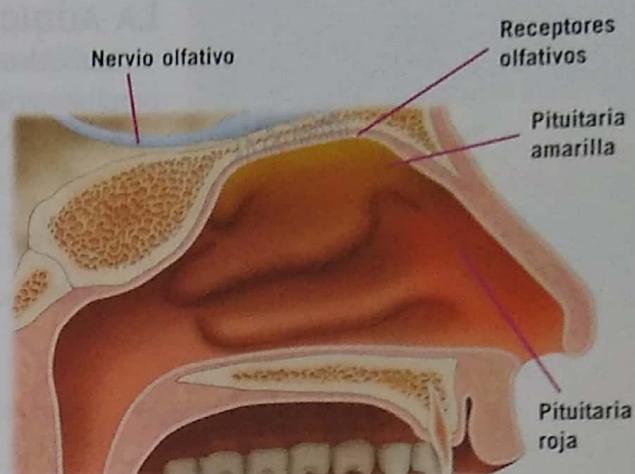
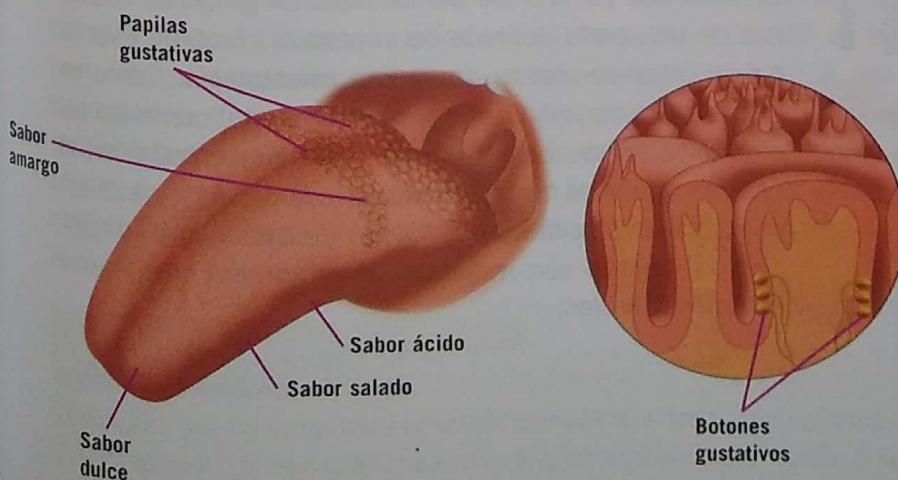
La zona de la que salen las fibras del nervio óptico se llama **punto ciego**, y es insensible a la luz.

EL OLFAUTO

El **olfato** es el sentido encargado de detectar y procesar los olores. Es un sentido químico, en el que actúan como estímulos las partículas aromáticas u odoríferas desprendidas de los cuerpos volátiles, que ingresan por el epitelio olfativo ubicado en la nariz, y son procesadas por el **sistema olfativo**. La nariz distingue entre más de 10.000 aromas diferentes. Los objetos olorosos liberan a la atmósfera pequeñas moléculas que percibimos al inspirar. Estas moléculas alcanzan la **mucosa olfativa**, donde se hallan los receptores de olor. El ser humano posee entre 20 y 30 millones de células olfativas cuyas prolongaciones nerviosas atraviesan el cráneo y llegan hasta el **bulbo olfatorio**, que es una porción anterior del cerebro que se ocupa de la percepción de los olores. La información de los olores alcanza primero áreas del cerebro que tienen que ver con la memoria y las emociones. Por eso, los olores son fuertes desencadenadores de recuerdos. Finalmente, parte de esos impulsos llegan a la corteza cerebral, haciendo que nos demos cuenta de qué estamos oliendo.

EL GUSTO

Los receptores del gusto se encuentran en los botones gustativos de las papilas de la lengua, y también en el paladar, la faringe y la laringe. Son sensibles a sustancias disueltas en la saliva. Se conocen cinco tipos de **sabores**: *amargo* (como la aspirina), *dulce* (como el azúcar), *salado* (como la sal de mesa), *ácido* (como el vinagre) y *umami* (el gusto del *glutamato*, que es un aminoácido abundante en las carnes, en la salsa de soja y algunas algas que se utilizan para preparar *sushi*). Se considera que las vías de transmisión gustativas parten desde las regiones musculares posteriores de la lengua, a través de sus nervios que conducen los impulsos a los centros ubicados en la corteza cerebral. Cada fibra nerviosa tiene una sensibilidad específica, relacionada directamente con las zonas gustativas ubicadas en la lengua.



La pituitaria roja posee capilares sanguíneos que calientan el aire. En la pituitaria amarilla se hallan los receptores olfativos.

CONOCER MÁS

Los sabores. La mayor parte de los sabores de los alimentos no están determinados por el sistema del gusto, sino por el olfato. Ambos sentidos están vinculados, y en el momento en el que ingerimos un alimento, las moléculas aromáticas presentes en él se evaporan y activan los receptores olfativos localizados en el paladar. Es por eso que, cuando estamos resfriados o nos tapamos la nariz, la comida pierde su sabor.

ACTIVIDADES

- Lean las páginas 160 y 161 de este libro y determinen qué tipos de receptores son los del gusto y del olfato.

LA AUDICIÓN

Los oídos son los órganos de la audición y del equilibrio. Mediante ellos, percibimos los sonidos, y nos informan sobre la posición de la cabeza para mantener el equilibrio.



Las ondas sonoras, que son recogidas por el **oído externo** y dirigidas hacia el **canal auditivo**, hacen vibrar al **tímpano**. Esta vibración, ampliada por la cadena de huesecillos –*yunque, estribo y martillo*–, se transmite a los líquidos que llenan la **cúclea**, donde se encuentran los mecanorreceptores del **órgano de Corti**, sensibles a la vibración. Ellos convierten el estímulo en impulsos nerviosos, que son enviados al cerebro por el nervio auditivo y finalmente a la **corteza auditiva**.

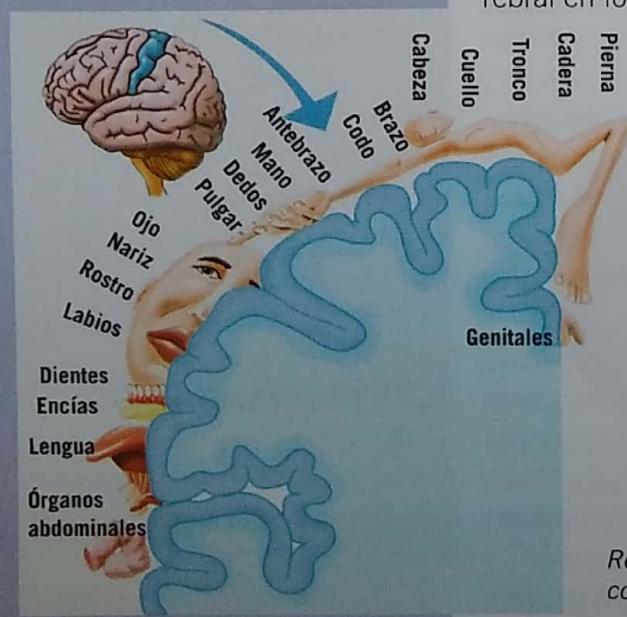
EL SISTEMA SOMATOSENSORIAL

El **sistema somatosensorial** capta, básicamente, estímulos causantes de dolor, táctiles, mecánicos y térmicos. Se divide en cuatro submodalidades con receptores de diferente tipo. Ellos son:

- El **tacto** se localiza en la **piel** y detecta estímulos mecánicos relacionados con la presión.
- La **termocepción** es la percepción del calor y del frío. Los termorreceptores se hallan principalmente en la piel y en algunas mucosas internas y son diferentes a los receptores del tacto.
- La **nocipción** es la percepción del dolor. Los tres tipos de receptores del dolor son cutáneos (piel), somáticos (articulaciones y huesos) y viscerales (órganos del cuerpo).
- La **propriocepción** es la percepción del conocimiento del cuerpo o de la situación de las diferentes partes de nuestro cuerpo. Se halla principalmente en las articulaciones.

LA SOMATOTROPIA

Las distintas partes del cuerpo están representadas en la corteza cerebral en forma ordenada. De esta manera, un estímulo que llega a una determinada parte de la piel activará un grupo de neuronas de una parte definida de la corteza cerebral. Este tipo de organización se denomina **somatotropía**. Como se puede observar, algunas zonas del cuerpo, como los labios o los dedos, están mucho más representadas en el cerebro que otras como las piernas o la espalda, y esta organización coincide con el hecho de que algunas regiones del cuerpo son mejores que otras para discriminar estímulos táctiles.



Representación corporal en la corteza somatosensorial.

LAS IMÁGENES QUE CONSTRUYE EL CEREBRO

El cerebro construye figuras, imágenes o ideas de acontecimientos que ocurren fuera de nuestro organismo a partir de los estímulos provenientes del mundo exterior. Estas representaciones son diferentes a la realidad, debido a que la estructura del cerebro tiene ciertos límites para procesar la información recibida. Es decir, no oímos todos los sonidos del ambiente ni podemos distinguir la gama completa de colores que existe. De hecho, un mismo estímulo no es percibido exactamente del mismo modo por diferentes personas.

SENSACIÓN Y PERCEPCIÓN

La información a partir de la cual se construye nuestra percepción es captada por células receptoras del cuerpo. La información que llega a los receptores sensoriales se relaciona con un tipo particular de estímulo y se denomina *sensación*.

La **sensación** se refiere a experiencias inmediatas básicas, generadas por estímulos aislados simples. La sensación también se define en términos de la respuesta de los órganos de los sentidos frente a un estímulo. La percepción incluye la interpretación de esas sensaciones, dándoles significado y organización. La organización, interpretación, análisis e integración de los estímulos, implica la actividad no solo de nuestros órganos sensoriales, sino también de nuestro cerebro.

Por ejemplo, cuando un músico ejecuta una nota en su instrumento, sus características de volumen y tono son sensaciones. Si la sucesión de notas ejecutadas son reconocidas como parte de una melodía particular, se ha producido un proceso de percepción. Los procesos de sensación y percepción suelen ocurrir uno a la par del otro, razón por la cual suele ser difícil diferenciarlos con claridad.

DIFERENCIAS EN LA PERCEPCIÓN

Los sistemas sensoriales de distintos animales comparten muchas propiedades entre sí. Las variaciones en la sensación que producen los estímulos para los seres humanos son extremadamente sutiles, todos sentimos más o menos lo mismo. Si esto no sucediera, sería imposible comunicarnos. La mayoría de las sensaciones van más allá de la interpretación personal. Sin embargo, cuando se trata de *percibir*, es decir, de experimentar conscientemente una sensación, las variaciones son mucho mayores. Cuanto más parcial es la información proveniente de un objeto, mayores serán las variaciones en la percepción. Por ejemplo, un chillido lejano puede ser percibido como el maullido de un gato o el sonido de una puerta mal aceitada.

ACTIVIDADES

16. ¿Por qué no es del todo apropiado considerar al tacto como un sentido por separado?
17. Expliquen con sus propias palabras la diferencia entre percepción y sensación. Den ejemplos.



Los estímulos visuales y sonoros del medio son captados por los receptores sensoriales del cuerpo.



En la percepción intervienen diferentes regiones del cerebro encargadas de procesar las sensaciones captadas a través de los sentidos.

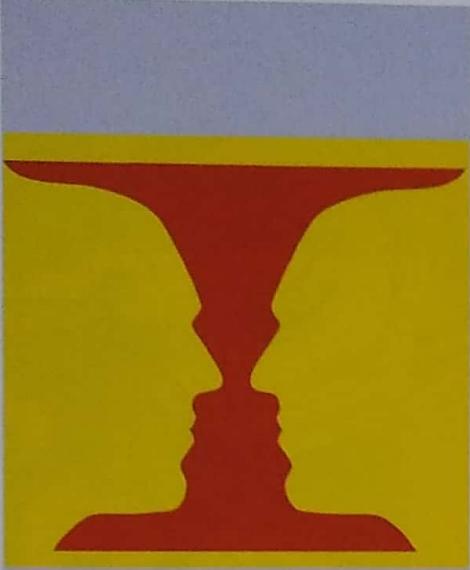
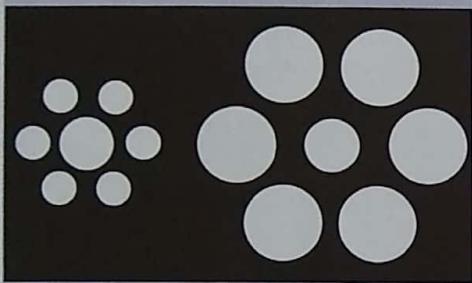
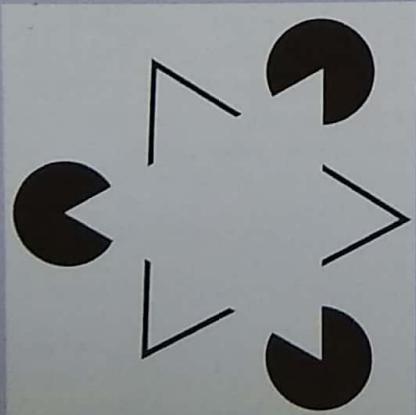


Figura-fondo.



A pesar de que los círculos que se hallan rodeados por otros son del mismo diámetro, los percibimos como de diferente tamaño.



Clausura.

MECANISMOS DE PERCEPCIÓN

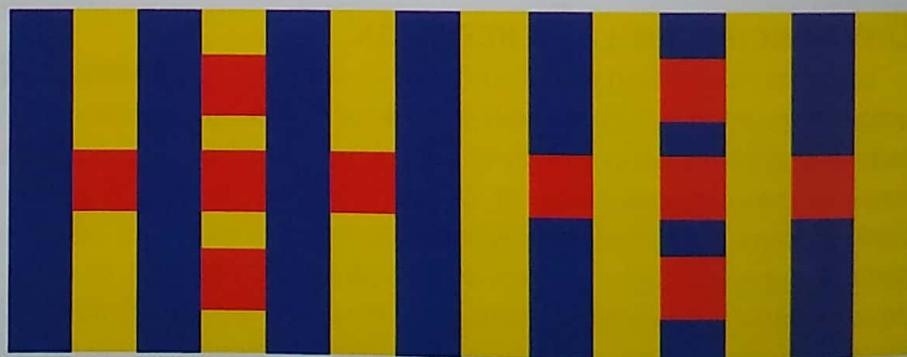
Ciertas imágenes generan discrepancias en la percepción de distintos observadores. Algunas de ellas han sido estudiadas por los científicos que han reconocido los mecanismos de percepción que explican dichas diferencias. A continuación se presentan algunos ejemplos.

"EL GANADOR SE LLEVA TODO"

La imagen puede interpretarse como una copa o como dos caras enfrentadas. La información que llega a nuestros ojos es siempre la misma, pero la percepción es diferente. Si el observador concentra su atención en la figura de la copa, las caras no son reconocidas como tales y forman el fondo de la imagen; pero si se presta atención a las caras enfrentadas es la copa la que aparece como fondo. Este tipo de imágenes se denomina *figura-fondo* y ponen en evidencia que si el cerebro presta atención a una determinada imagen o sonido, el resto se transforma en fondo. Este mecanismo se denomina "**el ganador se lleva todo**", y recibe ese nombre debido a que el cerebro no puede percibir más de una figura al mismo tiempo. Aquella imagen que es considerada la principal es la "ganadora" y, en consecuencia, se convierte en la que concentra "toda" la atención del observador.

COLOR Y TAMAÑO A PARTIR DEL CONTEXTO

Nuestro cerebro analiza los estímulos de acuerdo al contexto en el que se hallan. Por ejemplo, la observación de un gorila en un supermercado produce una sensación muy diferente a la que genera la imagen del mismo animal en un ambiente selvático. En ocasiones, el cerebro construye imágenes arbitrarias de ciertas figuras a partir del contexto en que se hallan.



En la figura los pequeños cuadrados rojos que forman las cruces son exactamente del mismo tono de rojo, sin embargo, los de la izquierda parecen más oscuros.

CLAUSURA O CIERRE

El cerebro tiene dificultades para procesar estímulos incompletos. Si un estímulo no está completo, el sistema nervioso intentará completarlo con algo que responda a un patrón lógico. En la imagen lateral se puede ver un triángulo formado por los círculos negros incompletos y, sin embargo, no hay líneas que completen esa figura. El cerebro asume que si existen tres vértices dispuestos de ese modo, la figura percibida será un triángulo.

CIENCIA, TECNOLOGÍA Y SOCIEDAD

RESONANCIA MAGNÉTICA NUCLEAR

La resonancia magnética nuclear (RMN), o *nuclear magnetic resonance* (NMR), es una exploración radiológica que permite obtener imágenes del interior del organismo en cualquier plano del espacio. La obtención de las imágenes se consigue sometiendo al organismo a un campo electromagnético mediante un imán de 1,5 tesla (15.000 veces el campo magnético terrestre). El imán atrae algunos protones del átomo de hidrógeno de los tejidos, que se alinearán en el campo.

Cuando se interrumpe el pulso magnético, los protones vuelven a su estado inicial, liberando energía y emitiendo señales de radio que son captadas por un receptor. Una computadora lee estas señales y las convierte en imágenes, que pueden visualizarse en una pantalla.

El término "nuclear" alude a los protones del núcleo del átomo de hidrógeno y no implica radiactividad. Las ondas magnéticas no producen daños, y los únicos pacientes con contraindicación son los portadores de marcapasos cardíacos.

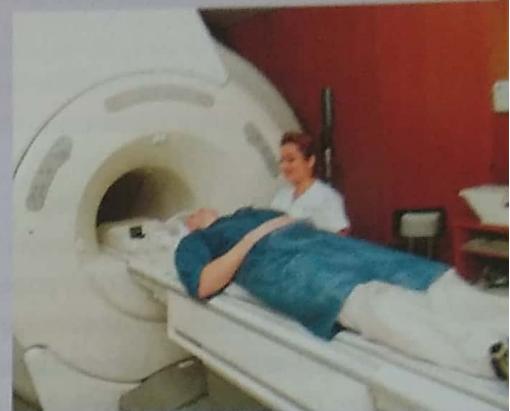
LEER LA MENTE

Hasta no hace tanto tiempo, lo que sabíamos acerca de la localización de las diferentes funciones en el cerebro provenía de estudios en los que distintos pacientes padecían lesiones en determinadas áreas que se correspondían con algún trastorno como, por ejemplo, del lenguaje, de la memoria, de las emociones o de la atención. Hace unas décadas, se desarrollaron tecnologías que permiten estudiar el funcionamiento del cerebro en vivo y en directo. Uno de estos métodos es la **resonancia magnética nuclear funcional, (RMNf)** en la que se aprovecha el metabolismo neuronal y el flujo sanguíneo cerebral para captar imágenes de lo que sucede dentro del órgano cuando se está realizando una tarea. La RMNf es capaz de detectar estos cambios en el flujo de la sangre asociados a la actividad cerebral y trasladarlos a imágenes.

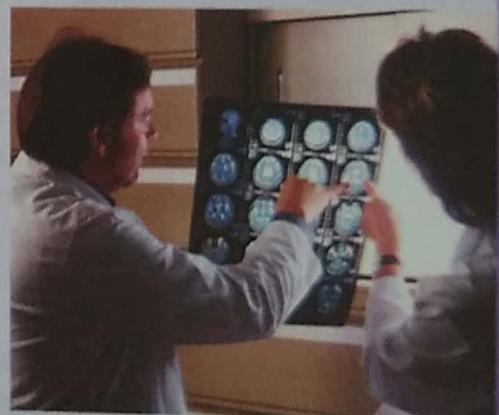
La RMNf se obtiene en un dispositivo en el que se ubica al sujeto, que normalmente está acostado, y se le pide que ejecute determinadas acciones.

Los médicos llevan a cabo la RMf para:

- Examinar la anatomía del cerebro.
- Determinar exactamente la parte del cerebro que está controlando funciones esenciales como el pensamiento, el habla, el movimiento y las sensaciones. Este proceso se denomina *mapeo cerebral*.
- Evaluar los efectos de un derrame cerebral, trauma o enfermedad degenerativa (como el Alzheimer) sobre el funcionamiento del cerebro.
- Controlar el crecimiento y funcionamiento de los tumores cerebrales.
- Guiar la planificación de una cirugía, terapia de radiación, u otros tratamientos quirúrgicos para el cerebro.



Dispositivo de resonancia magnética nuclear.



Las imágenes de RMN permiten mejorar el conocimiento sobre el funcionamiento del cerebro.

PARA PENSAR Y CONVERSAR

18. Investiguen cuáles son los riesgos de exponer a un paciente con marcapasos a las ondas de un dispositivo de RMN.
19. ¿Qué beneficios aporta el uso de esta tecnología al diagnóstico de enfermedades cerebrales?

UN PASEO POR LOS TEXTOS

MIENTRAS TANTO

1845

Argentina. En aguas del Río de la Plata, una flota anglofrancesa se enfrenta con fuerzas de la Confederación Argentina en la batalla de Vuelta de Obligado.

1848

Estados Unidos. Los estudios sobre el caso de Phineas Gage revelan información acerca de los mecanismos de funcionamiento del lóbulo frontal.

1850

Inglaterra. Charles Dickens publica su novela *David Copperfield*.
1850. Francia. Muere José de San Martín, Libertador de la Argentina, Chile y Perú.

El caso de Phineas Gage

El caso clínico de Phineas Gage, un obrero ferroviario de Estados Unidos, pone de manifiesto qué importancia puede tener el desarrollo de la corteza prefrontal en el desarrollo de ciertas emociones humanas. En 1848, Gage estaba trabajando en la construcción de vías de ferrocarril cuando una explosión de dinamita arrojó una varilla de metal de un metro de largo que le atravesó la cabeza. Sorprendentemente, Gage sobrevivió al accidente. El doctor John Harlow, que fue quien primero lo atendió, escribió en sus informes: *la barra de hierro atravesó el cráneo, pasando a través del lóbulo anterior del cerebro, y salió por la línea media [...] fracturando extensivamente los huesos parietal y frontal, rompiendo porciones considerables de cerebro y extrayendo la mitad del diámetro del globo ocular de su cavidad [...] buscando asegurarse de que no había fragmentos de algún otro objeto extraño, pasé el dedo índice en toda su longitud sin ninguna resistencia, en dirección a la herida del pómulo que recibió el otro dedo de manera similar.*

Dos meses después, Harlow consideró que Gage estaba completamente recuperado y le dio el alta. No obstante, en palabras del propio Harlow *El equilibrio o balance entre su facultad intelectual y sus propensiones animales se había destruido*. Gage realizó un cambio profundo en su personalidad, se volvió irregular, irreverente, blasfemo e impaciente. A veces era obstinado cuando le llevaban la contraria, pero por otro lado, pese a que continuamente estaba pensando en pla-

nes futuros *los abandonaba mucho antes de prepararlos; y era muy bueno a la hora de encontrar siempre algo que no le convenía*. Tras varios años de vida errante, Gage volvió a su casa porque su salud se estaba deteriorando y murió a los 38 años. Actualmente se conservan tanto el cráneo como la barra de hierro en el Museo de la Medicina de la Universidad de Harvard. El caso de Gage es una de las primeras evidencias científicas de que la lesión de los lóbulos frontales puede alterar aspectos de la personalidad, la emoción y la interacción social. Antes de este caso y tiempo después también, los lóbulos frontales se consideraban estructuras sin función, y sin relación alguna con el comportamiento humano.



ACTIVIDADES

20. Existe un caso muy famoso de un paciente que perdió parte de ambos lóbulos temporales. El individuo es conocido como H. M. Consulten otras fuentes

y averigüen qué facultad importante del cerebro fue la que perdió por completo H. M.

EN EL LABORATORIO

El "laboratorio humano"

Para estudiar el funcionamiento de nuestro cerebro no es indispensable contar con sofisticados equipos de diagnóstico. Muchos experimentos simples permiten deducir algunos de los mecanismos cerebrales que intervienen en la respuesta a determinados estímulos.

El llamado *límite o umbral de discriminación de dos puntos* es la mínima distancia necesaria entre dos estímulos táctiles para que se los pueda distinguir como diferentes. La experiencia que sigue permitirá determinar dicho límite para diferentes puntos del cuerpo.

PROCEDIMIENTO

Busquen un compañero y realicen el siguiente ensayo. Uno será el "sujeto en estudio" y el otro "el investigador".

PASO 1. Estiren el ganchito y dóblenlo formando una "u" cuyas puntas queden separadas por una distancia de 1 cm, aproximadamente.

PASO 2. Mientras el sujeto en estudio cierra los ojos y extiende una de sus manos con la palma hacia arriba, el investigador apoyará suavemente sobre ella las puntas del alambre. El sujeto en estudio manifestará cuántas puntas percibe.

PASO 3. Achiqüen la distancia entre los extremos del alambre y repitan el **Paso 2**. Vuelvan a repetir hasta llegar a una distancia en la que los extremos del clip no puedan ser discriminados como dos estímulos separados

MATERIALES

- Ganchitos metálicos (*clips*).
- Regla.

(el umbral de discriminación de dos puntos). Midan con la regla dicha distancia y anótenla.

PASO 4. Repitan el procedimiento en diferentes partes del cuerpo y registren todas sus observaciones en una tabla como esta.

PARTE DEL CUERPO	UMBRAL DE DISCRIMINACIÓN (CM)
Mano	
Nuca	
Frente	
Pantorrilla	
Pie	
Yema del dedo	



RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Las dos puntas del clip pueden distinguirse si cada una de ellas activa un receptor diferente en la piel. Cada receptor ocupa una superficie de la piel que podría imaginarse como una gran botonera con botones grandes en la espalda y pequeños en las manos. La superficie que ocupa cada receptor en la piel se llama **campo de recepción** y es equivalente al tamaño del "botón". Si el campo de recepción es más grande, es más probable que las dos puntas del clip activen el mismo receptor (toquen el mismo botón), que en nuestro ejemplo, sería algo similar a oprimir un mismo botón con dos dedos.

21. Estimen el campo de recepción de los receptores de la piel en cada una de las partes del cuerpo puestas a prueba.

La representación del cuerpo humano según su límite de discriminación de dos puntos se llama **homúnculo**. Cuanto más grande está representada la parte del cuerpo, más pequeño es el límite de discriminación y mayor la capacidad de distinguir dos estímulos separados por una distancia corta.

22. Comparen el homúnculo con la representación de la página 109 en la que se muestra cómo están representadas las diferentes partes del cuerpo en el cerebro. ¿Se parecen?

ACTIVIDADES

23 Mientras nuestro organismo combate una infección, se observa un aumento del número de linfocitos en la sangre. Frecuentemente, la temperatura corporal aumenta durante el proceso infeccioso, produciendo fiebre. ¿Qué significado tienen estos fenómenos?

24 El encéfalo y la médula están cubiertos por los huesos del cráneo y las vértebras. Ambos órganos, además, presentan unas envueltas membranosas llamadas meninges. ¿Por qué razón están tan protegidos estos órganos?

25 Indiquen qué órgano del sistema nervioso se encarga de realizar cada una de las siguientes funciones.

- Recibir la información procedente de los órganos de los sentidos.
- Controlar el equilibrio.
- Coordinar los movimientos voluntarios.
- Procesar información y elaborar nuevas respuestas.

26 Expliquen las características de las hormonas y de su acción indicando.

- ¿Por qué cada tipo de hormona actúa solamente sobre las células de los órganos blanco?
- ¿Qué sucede cuando una hormona se produce en exceso o en defecto?

27 ¿En qué se traduciría una lesión en los siguientes centros nerviosos?

- Daños en una zona de la corteza del cerebro.
- Deterioro grave del cerebelo.
- Deterioro grave del bulbo raquídeo.
- Fractura de la médula espinal.

28 La *encefalitis* es una inflamación del cerebro, generalmente provocada por un virus. Se trata de una enfermedad poco habitual, que ocurre en aproximadamente 1 de cada 200.000 personas, más habitualmente niños, ancianos y personas con el sistema inmunológico debilitado (por ejemplo, pacientes enfermos de sida o cáncer). De los muchos tipos diferentes de virus que pueden provocar la encefalitis, uno de los más peligrosos y la causa más frecuente de encefalitis es el virus del herpes simple (VHS). Una encefalitis severa es capaz de producir la muerte neuronal y puede tener como consecuencia una lesión cerebral. Los problemas físicos asociados a

estas lesiones pueden incluir debilidad en un lado del cuerpo, pérdida de sensibilidad y de control de las funciones y movimientos del organismo. Los problemas con el habla y el lenguaje también son características frecuentes.

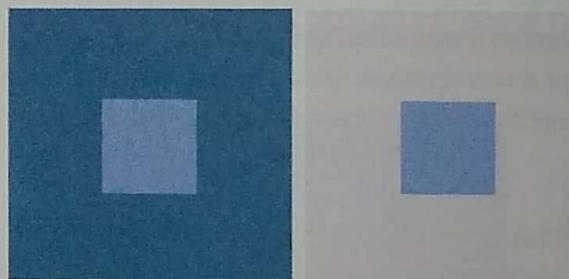
Sabiendo que el virus del herpes simple puede acceder al organismo por la piel y mucosas:

a. Describan los pasos que debería realizar este virus y los obstáculos que se encontrará hasta llegar al cerebro.

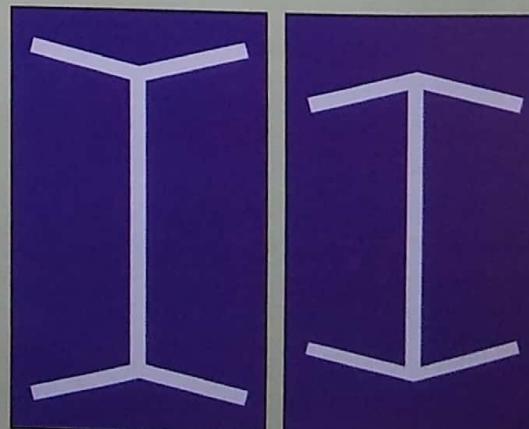
b. Expliquen por qué la lesión de una parte del cerebro puede traer diferentes problemas. ¿De qué depende el tipo de disfunción cerebral que puede poseer una persona luego de una encefalitis severa?

c. Las zonas del cerebro afectadas, ¿serán las mismas en una persona con dificultad para el lenguaje que en una que ha perdido parte de la memoria? ¿Por qué?

29 ¿Son de igual tamaño los cuadrados grises? ¿Qué mecanismo de percepción se pone en juego en la observación de esta imagen?

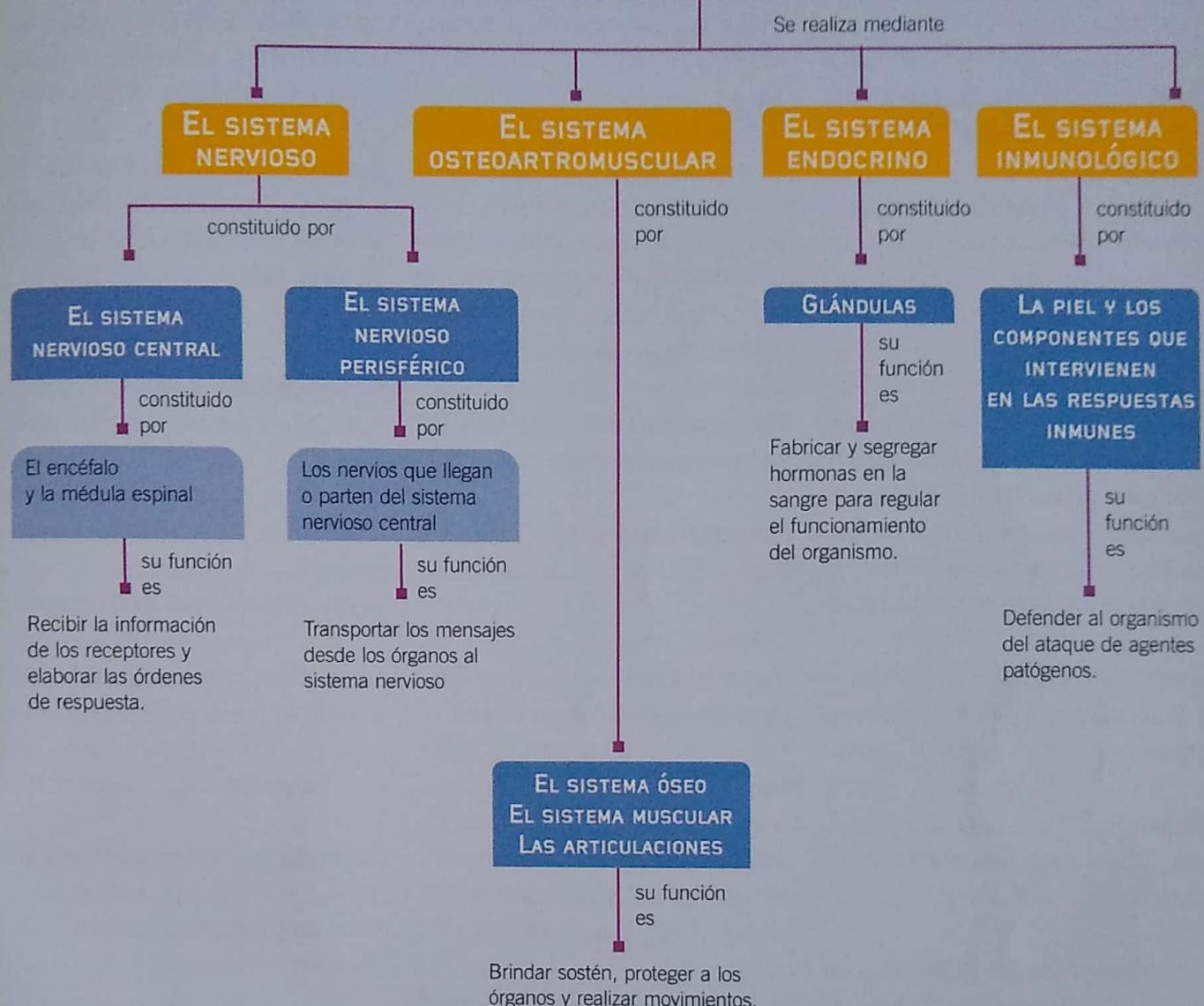


30 ¿Cuál de las dos barras es más larga? Mídanlas con una regla y respondan nuevamente a la pregunta. ¿Cómo se explica este fenómeno? ¿Cómo analiza nuestro cerebro el tamaño de estas imágenes?



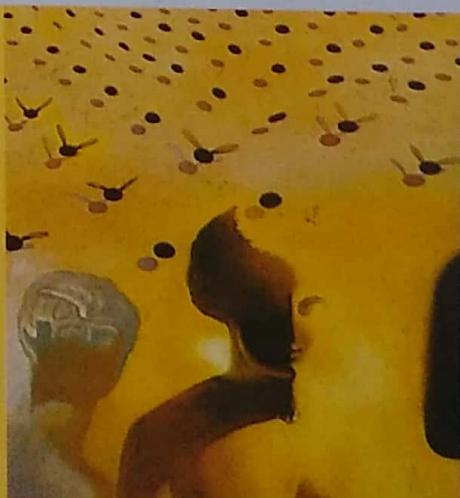
EN RESUMEN

LA FUNCIÓN DE RELACIÓN DEL CUERPO HUMANO



PARA VOLVER A EMPEZAR

- Vuelvan a observar la imagen de la apertura de este capítulo. ¿Qué propiedad de la percepción utilizamos para reconocer la figura del torero?
- Busquen reproducciones de otras obras de Salvador Dalí en libros de arte o en Internet y comprueben si algunas de ellas generan el mismo efecto que *El torero alucinógeno*.
- Realicen nuevamente las actividades de la página 175. ¿Coinciden sus respuestas con las que dieron la primera vez?



GLOSARIO

Adaptación. Mantenimiento de las condiciones de existencia de los organismos.

ADN. Ácido desoxirribonucleico. Compuesto por subunidades llamadas nucleótidos, unidas en dos hebras enfrentadas que constituyen una estructura de doble hélice. Contiene la información hereditaria de la célula y las instrucciones para su funcionamiento y desarrollo.

Aislamiento reproductivo. Mecanismo según el cual los individuos de poblaciones separadas, provenientes de una misma especie, pierden la capacidad de reproducirse entre sí y constituyen nuevas especies.

Alelo. Cada una de las alternativas que presenta un gen para un mismo carácter.

Analogías. Similitudes referentes a una función semejante, pero con distinto origen.

Árbol filogenético. Modelo que representa la divergencia de las especies a lo largo del tiempo.

ARN. Ácido ribonucleico. Formado por nucléotidos unidos en una cadena simple. Interviene en el proceso de síntesis de proteínas.

Asexual. Reproducción en la cual los organismos dejan descendencia sin producir gametos.

Bioética. Estudio sistemático de las dimensiones morales de las ciencias de la vida y de la atención de la salud.

Bipartición. Reproducción asexual

en organismos unicelulares, en la cual la célula se divide en dos células hijas, aproximadamente del mismo tamaño.

Caracteres. Características de los organismos que se expresan gracias a la información contenida en los genes. Los caracteres hereditarios se transmiten de generación en generación. Los adquiridos por los organismos a lo largo de su vida no se heredan.

Cariotipo. Conjunto de todos los cromosomas de una célula.

Categoría taxonómica. Cada nivel jerárquico de un sistema de clasificación.

Celulosa. Hidrato de carbono complejo que forma la pared de las células vegetales, confiriéndoles su rigidez.

Cenozoica. Era posterior a la mesozoica; se extiende desde hace 65 millones de años hasta la actualidad. En ella se produce la expansión de mamíferos, aves y plantas con flores.

Ciclo celular. Sucesión de los períodos de interfase y división (mitosis).

Cigoto. Célula producto de la fusión de los gametos, a partir de la cual se desarrolla un nuevo individuo.

Citoesqueleto. Red de filamentos proteínicos, constituidos fundamentalmente por las proteínas actina y tubulina. Le confiere un esqueleto a la célula y participa en el transporte intercelular de sustancias.

Citoplasma. Solución acuosa que constituye el interior de la célula, separada del medio por la membrana plasmática.

Clonación. Proceso por el cual se obtienen nuevos descendientes utilizando células somáticas de un individuo, de manera que resultan idénticos al individuo original.

Colonia. Grupos de células que se mantienen unidas, incluso cumpliendo funciones diferenciales, pero cada una de ellas puede funcionar independientemente de las otras.

Convergencias evolutivas. Similitudes que responden a adaptaciones, sin tener un antecesor común.

Cromátidas. Estructuras idénticas de un cromosoma formadas por la duplicación previa del ADN en la interfase.

Cromatina. Estado de las moléculas de ADN del núcleo durante la interfase, en la cual configuran un ovillo laxo, desorganizado.

Cromosomas. Estructuras del núcleo celular constituidas por ácido desoxirribonucleico (ADN), portadoras de la información hereditaria.

Diploides. Células que poseen la totalidad de cromosomas (dos juegos de homólogos) de la especie.

Divergencias evolutivas. Similitudes que responden a un antecesor común.

Dominante. Alelo cuyo carácter se manifiesta siempre que esté presente. Se simboliza con una letra mayúscula.

Equilibrios puntuados. Teoría según la cual la evolución implica largos períodos de cambios graduales y pequeños, seguidos de momentos en

los cuales la especiación se acelera, surgiendo rápidamente muchas nuevas especies.

Especiación. Formación de nuevas especies.

Especialización. División del trabajo de las células de los organismos pluricelulares, que condujo a la formación de tejidos.

Espermatozoide. En animales, el gameto masculino.

Esporangio. En vegetales, la estructura donde se producen esporas.

Esporulación. Reproducción asexual en organismos unicelulares, donde el núcleo sufre sucesivas divisiones, formando numerosas células hijas.

Estratigrafía. Rama de la geología que estudia los estratos, su distribución en la superficie terrestre y su antigüedad.

Estratos. Capas superpuestas que conforman las rocas sedimentarias; los más profundos son los más antiguos.

Estromatolitos. Estructuras calizas formadas por capas laminares superpuestas, restos fósiles de procariotas fotosintetizadores de la era precámbrica.

Eucariotas. Células que poseen núcleo diferenciado y organelas celulares.

Evolución biológica. Procesos de cambio en los seres vivos a lo largo del tiempo, en los cuales nuevas especies aparecen y otras se extinguieren.

Extinción. Desaparición de una o muchas especies (extinción masiva).

Factores de riesgo. Circunstancias o características personales y ambientales que aumentan la probabilidad de que una persona enferme.

Fecundación. En la reproducción sexual, la fusión de los gametos.

Fenotipo. Conjunto de caracteres que un organismo manifiesta en un ambiente dado.

Fijismo. Concepción según la cual las especies no cambian a lo largo del tiempo (no evolucionan), sino que son inmutables.

Filogenia. Historia evolutiva de un grupo.

Fósiles. Restos de seres vivos del pasado, o huellas de su actividad que hayan quedado preservados.

Fragmentación. Reproducción asexual en organismos pluricelulares, que se dividen en partes que producen nuevos organismos.

Fruto. Ovario transformado, luego de la fecundación, que contiene las semillas.

Gametos. Células reproductivas; poseen la mitad del número cromosómico de la especie.

Genoma. La totalidad del material genético de un grupo.

Genotipo. Conjunto de genes de un organismo, que contienen la información necesaria para que sus caracteres se expresen.

Gónadas. Estructuras reproductivas de

los animales, donde se forman los gametos.

Gradiente de concentración. Variación continua en la concentración de una sustancia entre una zona del espacio y otra.

Granos de polen. Esporas de las plantas con flores que contienen los gametos masculinos.

Haplóides. Células que poseen una sola dotación de cromosoma (n).

Herencia. Transmisión por vía reproductiva, de los progenitores a su descendencia, de los genes que permiten la expresión de sus caracteres.

Heterocigota. Individuo con los dos alelos diferentes para el mismo carácter.

Homocigota. Individuos con los dos alelos iguales para el mismo carácter.

Homologías. Similitudes anatómicas que responden a un mismo patrón, aunque tengan funciones diferentes.

Homólogos. Cromosomas ubicados de a pares, provenientes uno de cada progenitor, con información genética muy similar, pero no idéntica.

I diagrama. Representación de tamaño, forma y patrón de bandas de los cromosomas. Estos se ubican con el brazo largo siempre hacia abajo y alineados por el centrómero.

Interfase. Período de la célula entre dos divisiones celulares.

GLOSARIO

Invertebrados. Animales sin columna vertebral, sin esqueleto o con un esqueleto externo (exoesqueleto) con funciones de sostén y protección.

Lisosoma. Vesícula que contiene enzimas digestivas capaces de degradar las sustancias que incorpora la célula. Participa en la digestión intracelular.

Material genético. Formado por ADN, constituye la información hereditaria que pasa de células madre a células hijas y contiene instrucciones sobre el funcionamiento y desarrollo de la célula.

Meiosis. Proceso de división celular de las células eucariotas que permite la formación de gametos. A diferencia de la mitosis, se originan cuatro células hijas con la mitad de los cromosomas de la célula original.

Membrana plasmática. Formada por una doble capa de lípidos y proteínas, marca el límite entre la célula y el exterior, regulando el paso de sustancias hacia adentro y afuera de la célula.

Mesozoica. Era geológica posterior a la paleozoica, entre 230 y 65 millones de años atrás. Se produjo un amplio desarrollo de los dinosaurios, que se extinguieron hacia el final de la era, en la segunda extinción masiva del planeta.

Metamorfosis. En animales de desarrollo indirecto, proceso de transformación mediante el cual una larva se transforma en adulto.

Métodos anticonceptivos. Se emplean antes o durante el contacto se-

xual para evitar la unión del óvulo con el espermatozoide.

Micelio. Cuerpo de los hongos constituido por un conjunto de filamentos llamados hifas, cada una de ellas está formada, a su vez, por muchas células.

Micrón. Unidad de medida que equivale a 1/1.000.000 m. Se utiliza para medir cosas muy pequeñas, como las células.

Microscopio. Instrumento que permite ver de manera ampliada objetos muy pequeños, como una célula. Puede ser óptico, que aumenta la imagen a través de un sistema de lentes, o electrónico, que funciona con haces de electrones en lugar de luz.

Mitosis. Proceso de división celular de las células eucariotas, en el cual a partir de una célula se originan dos células hijas con la misma información genética.

Multiplicación vegetativa. En las plantas superiores, ciertos órganos (raíces, bulbos, tubérculos, etcétera) producen yemas, capaces de engendrar nuevos individuos.

Mutación. Cambio en la secuencia de ADN causado por un error en el mecanismo de duplicación o por daños ambientales.

Naturalismo. Teoría según la cual la mayoría de las mutaciones que sufren los genes son neutras desde el punto de vista de la selección natural, es decir, no representan ninguna ventaja ni desventaja adaptativa.

Nucleótido. Molécula constituida por una base nitrogenada, un hidrato de carbono y un grupo fosfato. Constituye la subunidad estructural de los ácidos nucleicos (ADN y ARN).

Número cromosómico. Cantidad de cromosomas que posee cada célula, constante para todas las células de un individuo y para todos los individuos de la misma especie.

Ovario. En vegetales, parte de la flor donde se hallan los óvulos. En animales, gónada femenina.

Óviparos. Animales cuyo desarrollo embrionario sucede en un huevo, externo al cuerpo de la madre.

Ovovivíparos. Animales cuyo desarrollo embrionario ocurre en un huevo, pero este se halla dentro del cuerpo de la madre.

Óvulo. En vegetales, el esporangio donde se forma la espora que origina el gametofito femenino. En animales, el gameto femenino.

Paleozoica. Era geológica posterior al precámbrico, entre 570 y 230 millones de años atrás. Se produjo una diversificación extraordinaria de la vida (explosión cámbrica) y, hacia su final, la primera gran extinción masiva de la historia del planeta.

Patógeno. Agente que genera enfermedad.

Plásmido. Molécula circular de ADN, presente en el citoplasma de las bacterias, que les proporciona algunas ca-

racterísticas extra, como la resistencia a antibióticos.

Pluricelular. Organismo formado por numerosas células.

Polinización. Mecanismo por el cual los granos de polen llegan al ovario.

Precámbrica. Era que se inicia con el origen del planeta y culmina hace 570 millones de años. En ella ocurrió el origen de la vida, de las células eucariotas y de los primeros organismos multicelulares.

Procarionta. Célula que no posee un núcleo delimitado por una membrana.

Protista. Grupo de seres vivos formado por organismos unicelulares eucariotas, autótrofos (protofitos) u heterótrofos (protozoos).

Pubertad. Primera fase de la adolescencia, en la cual se producen las modificaciones propias del paso de la infancia a la edad adulta.

Recesivo. Alelo cuyo carácter se manifiesta solo cuando su homólogo es igual, es decir, cuando el individuo es homocigota. Se representa con una letra minúscula.

Relación. Función de los organismos que implica procesar los estímulos del ambiente, sus propios cambios internos, su comunicación con otros organismos y funcionar coordinadamente.

Reproducción. Función de los organismos que les permite multiplicarse y perpetuarse.

Respiración celular. Proceso que permite a las células obtener energía por medio de la transformación de la materia orgánica.

Retículo endoplasmático. Organela formada por una red de membranas aplanadas que recorren el citoplasma celular.

Ribosomas. Organelas formadas por ARN y proteínas, en las que ocurre la etapa final de la síntesis de proteínas. Se encuentran en el citoplasma o unidas al retículo endoplasmático rugoso.

Selección natural. Mecanismo evolutivo mediante el cual los individuos más aptos son aquellos que sobreviven y dejan descendencia, perdurando las características favorables, mientras las desfavorables van desapareciendo.

Semilla. Óvulo transformado luego de la fecundación; contiene el embrión y el endosperma.

Sexual. Reproducción en la cual los organismos producen células reproductivas llamadas gametos.

Sida. Enfermedad provocada por el virus de la inmunodeficiencia humana (VIH), que ataca el sistema inmune y deja al organismo vulnerable a una gran variedad de enfermedades.

Síntesis de proteínas. Proceso por el cual la célula fabrica proteínas usando la información contenida en el ADN. Su etapa final ocurre en los ribosomas.

Testículos. En animales, las gónadas masculinas.

Transformismo. Concepción según la cual las especies se transforman a lo largo del tiempo, es decir, evolucionan, en respuesta a una "tendencia hacia la complejidad".

Transgénicos. Organismos modificados genéticamente, que poseen un gen o más correspondientes a una especie diferente.

Unicelular. Organismo formado por una sola célula.

Uso y desuso. Según Lamarck, las condiciones del ambiente cambian gradualmente creando nuevas necesidades en los organismos; el mayor uso de ciertos órganos provocaría su desarrollo, y el desuso, su atrofia.

Vacuola. Vesícula rodeada por una membrana; puede contener diferentes elementos líquidos o sólidos.

Variabilidad genética. Variaciones en los genotipos de una población, originadas en las mutaciones y en las nuevas combinaciones que se producen en la reproducción sexual.

Vertebrados. Animales con columna vertebral que forma parte de un esqueleto interno (endoesqueleto).

Vivíparos. Animales cuyo desarrollo embrionario sucede dentro del cuerpo de la madre, que nutre al embrión.

ESTUDIO DE LOS SISTEMAS BIOLÓGICOS

Un sistema (del griego *systema*, “conjunto”, “reunión”) es un conjunto de componentes relacionados entre sí con carácter de totalidad y con funcionalidad propia, y se puede utilizar como modelo para explicar fenómenos complejos.

Un sistema tiene contenido (partes o componentes), estructura y organización. Un ejemplo es el sistema solar: está formado por distintos componentes (Sol, planetas, satélites, asteroides, cometas); presenta relaciones estructurales que definen su arreglo interno; presenta relaciones organizacionales (por ejemplo, las que determinan las fuerzas gravitatorias) que hacen que el conjunto tenga identidad y propiedades emergentes.

Sistemas y subsistemas

Los componentes de un sistema pueden considerarse como unidades simples o bien como sistemas. En este último caso, los componentes se denominan **subsistemas**.

Así, si el sistema solar es nuestro sistema de referencia, los astros que lo componen pueden considerarse subsistemas. Pero también puede considerarse al sistema solar como un subsistema de la Vía Láctea si tomamos a esta galaxia como sistema de referencia.

Esta distinción entre sistemas y subsistemas (o de sistemas dentro de sistemas) determina **niveles de complejidad**. Si se los considera sistemas, cada nivel tiene propiedades emergentes características.

Los niveles biológicos de complejidad (de la célula al organismo) son un ejemplo claro de un modelo de sistemas dentro de sistemas: las células son sistemas, que a su vez son parte (subsistemas) de tejidos (sistemas); los tejidos son parte (subsistemas) de los órganos (sistemas); los órganos son subsistemas de los sistemas de órganos, y estos son subsistemas con respecto al organismo, el sistema mayor de los niveles biológicos de complejidad.

Siguiendo este mismo esquema, en el estudio de los seres vivos y el ambiente se definen **niveles ecológicos de complejidad**. El primero de estos niveles

corresponde al organismo en relación con su ambiente; los demás, en orden de complejidad creciente, se denominan supraorganísmicos, porque están formados por grupos de organismos.



ACTIVIDADES

- Señalen los diferentes niveles orgánicos y supraorgánicos de la ilustración.

BUSCAR INFORMACIÓN EN INTERNET

BIBLIOTECA
ES. N° 10

En Internet existen más de 60 millones de páginas y circulan unos 100.000 mensajes públicos diarios con todo tipo de referencias. Esto implica que hay un gran volumen de información sobre todos los temas imaginables; pero, por otro lado, esto mismo dificulta el hallazgo de información precisa y relevante sobre un tema de nuestro interés. A continuación, encontrarán algunos lineamientos para localizar información relevante y confiable usando “buscadores” de Internet.

PASO 1. Definir claramente los objetivos. Como en cualquier investigación, lo primero es tener claro cuáles son las necesidades de la búsqueda. Para ello, es importante reflexionar sobre:

- **El nivel de conocimiento previo:** si se cuenta con un dominio amplio del tema y se busca responder a una duda concreta, es mejor recurrir a foros especializados o buscadores temáticos. Pero si se requiere tener una visión más general, lo más adecuado es utilizar un *buscador genérico*, como Google o Yahoo.

- **El grado de controversia** que existe sobre el tema. Si el tema de interés se presta a controversias (como, por ejemplo, la clonación o el uso de organismos genéticamente modificados OGM), es importante considerar los **distintos puntos de vista** que pudieran encontrarse en Internet. No debemos conformarnos con lo primero que encontramos.

PASO 2. Elegir los términos o palabras clave más concretos. Es recomendable que los términos usados para la búsqueda no resulten ambiguos y que sean los que mejor definen la información que se quiere localizar. De lo contrario, podría encontrarse un exceso de información inútil. Por ejemplo, para conocer las condiciones del tiempo meteorológico, es mejor usar el término “clima” que “tiempo” (como tiene otros significados, puede dar más resultados inútiles).

Si conocen la **forma exacta** en que debe aparecer una expresión, lo mejor es escribirla con todas las palabras, encerrada entre comillas. Por ejemplo, la búsqueda “física cuántica” proporcionará resultados más específicos que “física” o “física + cuántica”.

PASO 3. “Filtrar” la información. Parte de la información de Internet se basa en datos objetivos, pero también existe un enorme volumen de opiniones. Es importante tener en cuenta que la información que se publica en Internet no está sometida a ningún tipo de examen previo, ni a normas de calidad. Por este motivo, es importante realizar un **análisis** sobre la calidad de información hallada. Estos son algunos criterios para evaluar los contenidos de Internet:

- Autoría: ¿quién es el autor?, ¿aporta alguna credencial o referencia de sus trabajos?
- Filiación: ¿pertenece a alguna institución?, ¿alguien controla la publicación?
- Actualización: ¿la página está actualizada?, ¿aparecen fechas de creación y de renovación de la información?
- Propósito: ¿cuál es el propósito de la página: informar, explicar, vender, persuadir?
- Audiencia: ¿quién se supone que es la audiencia? Las páginas de organismos oficiales, organizaciones no gubernamentales reconocidas o centros de investigación suelen ser más completas y actualizadas.

ACTIVIDADES

- Para poner a prueba la confiabilidad de la información publicada, lo mejor es realizar una búsqueda sobre un tema bien conocido (por ejemplo, pueden hacer una búsqueda amplia sobre “clonación”. ¿Encuentran información sospechosa o poco confiable? ¿Cómo se dan cuenta de ello?)
- Reflexionen sobre las implicancias de la difusión masiva de información errónea o tendenciosa. ¿Qué problemas puede traer a la sociedad científica? ¿Y a la comunidad en general?

REALIZAR UN DEBATE

La **actividad científica** requiere una reflexión compartida, en la que se argumenta, se debate y se elaboran propuestas. Gracias a estas reflexiones se formulan teorías y se corrigen o sustituyen por otras con mayor capacidad explicativa, favoreciendo el progreso de la ciencia. Los medios en los que se debate habitualmente son los congresos y las revistas científicas.

Como otros procedimientos científicos, el debate también tiene utilidad en nuestra vida cotidiana, porque ayuda a contrastar nuestras ideas, a mejorárlas y alcanzar conclusiones más consistentes.

PASO 1. Elegir el tema sobre el que se va a debatir.

Un debate fructífero requiere preparación, y para ello el primer paso es determinar sobre qué se quiere debatir.

PASO 2. Buscar información. En los debates no se enfrentan personas sino que se confrontan ideas. Es, por lo tanto, imprescindible informarse sobre aquello que se quiere debatir, conocer qué se sabe y dónde residen las principales discrepancias.

PASO 3. Seleccionar los datos, observaciones o argumentos más relevantes. La búsqueda de información debe permitir elegir los argumentos más sólidos o que estén mejor respaldados por investigaciones, datos u observaciones.

PASO 4. Organizar la puesta en escena. Diseñar el modo en que se va a llevar a cabo supone:

- **Determinar los participantes.** Si el tema lo permite, pueden formarse grupos (dos es lo habitual) que defiendan posiciones diferentes.

- **Elegir un moderador.** Su función es la de facilitar el debate; para ello debe ser neutral y exigir el cumplimiento de las normas, dando la palabra a quien le corresponde.

- **Aclarar las normas de intervención de los participantes:** hablar solo cuando les corresponde, respetar el turno de palabra de los demás, ser respetuosos, etcétera.

- **Aclarar el papel del público.** Los asistentes que no intervienen directamente en el debate conviene que no se limiten a escuchar, sino que formulen preguntas o, incluso, aporten nuevos datos o perspectivas.

PASO 5. Conclusiones. Los debates sobre cuestiones sociales suelen concluir con una votación, especialmente si es necesario adoptar una decisión que afecta a todos, por ejemplo, adónde vamos de viaje de estudios, o quién será nuestro delegado de curso.

Sin embargo, los científicos solo rara vez concluyen sus debates con una votación. Así, aunque en el congreso de la UAI de agosto de 2006, donde se modificó la definición de planeta, hubo votación final, esta no es la norma. Parece razonable que así sea. Para saber si la luz es necesaria para la fotosíntesis, por ejemplo, no tendría mucho sentido plantear una votación.

ACTIVIDADES

- El sistema geocéntrico estuvo vigente durante muchos siglos, y fue así porque era útil, se basaba en diversas "evidencias de sentido común" (de tipo "si la Tierra se moviese lo notaríamos") y explicaba algunos procesos naturales. Busquen información acerca del sistema geocéntrico y seleccionen los argumentos que mejor lo apoyen. Preparen una defensa del sistema heliocéntrico que incluya argumentos en contra del geocéntrico. ¿Consideran que la ciencia debe basarse en "evidencias de sentido común"?
- Lean la sección "Ciencia, tecnología y sociedad" de todas las unidades del libro y determinen cuáles de los temas presentados generan controversias en la sociedad. Elijan uno de ellos y organicen un debate en la clase.

REALIZAR UNA EXPOSICIÓN ORAL

Una investigación científica no termina con la realización de un informe escrito. Su comunicación oral permite una mayor difusión del trabajo y enfoca la atención en aspectos que podrían pasar inadvertidos en el texto escrito. En la vida cotidiana son muchas las situaciones en las que resulta necesario el uso de la palabra para explicar a otros nuestros conocimientos.

En los trabajos en el aula, el tema suele elegirse entre varios que se proponen, y la preparación y la exposición se hacen en pequeños grupos, de 3 ó 4 personas.

PASO 1. Preparar y distribuir el trabajo. Una vez elegido el tema de la exposición, confeccionar una lista con todas aquellas cuestiones a las que se deberá dar respuesta y distribuir el trabajo entre los componentes del grupo.

PASO 2. Preparar la exposición. Una vez realizado el trabajo individual, conviene dar ciertos pasos en común con el grupo.

- Informar al resto del grupo e intercambiar opiniones para dar coherencia al conjunto.
- Preparar el material de apoyo: un dossier, diapositivas, transparencias, presentación en PowerPoint... En caso necesario, preparar los aparatos necesarios para la presentación: proyector, computadora...
- Decidir cómo organizar la presentación: en qué orden intervendrán los diferentes componentes del grupo, cuánto durará cada intervención...

PASO 3. Realizar la exposición. Antes de iniciar la exposición puede ser necesario comentar brevemente el motivo que la justifica. Es recomendable:

- No leer directamente las notas, o el material de apoyo.
- No dirigirse solamente a un sector de la audiencia.
- Mantener un tono de seriedad y seguridad al exponer.
- Enfatizar aquellas partes que se consideren más importantes.
- Formular preguntas para atraer la atención de los oyentes.

ESQUEMA DE EXPOSICIÓN

Introducción: Presentación del tema y de las cuestiones a las que se pretende dar respuesta.

Presentación del guión: Listado de los temas que se van a tratar y los apartados en los que están divididos.

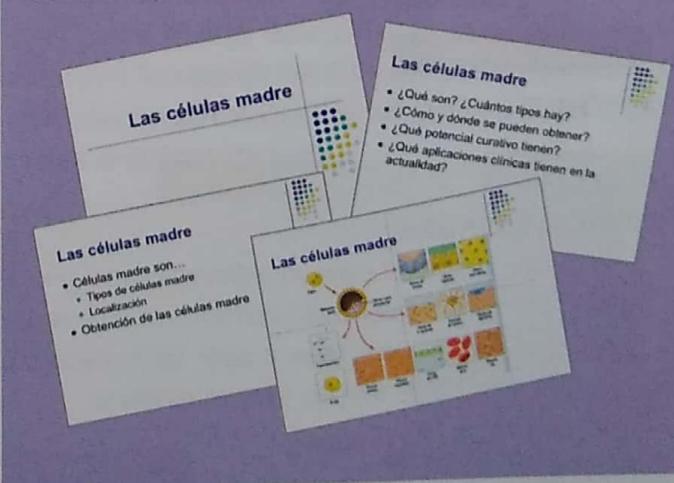
Desarrollo del tema: Desarrollo de los contenidos, expuestos en el orden en que aparecen en el guión. Este es el momento de recoger las cuestiones planteadas en la introducción y darles respuesta.

Síntesis: Recapitulación de las ideas principales para ayudar a la fijación de los conceptos.

Conclusión: Presentación de una idea final que resuma lo tratado a lo largo de la exposición. En esta fase se puede realizar alguna pregunta con la que se abra paso al debate.

Material de apoyo: Referencias bibliográficas, recursos...

Agradecimientos: Este apartado sirve para mencionar a aquellas personas o instituciones que hayan ayudado en cualquiera de las fases de elaboración del trabajo, así como para agradecer a la audiencia su atención durante la exposición.



ACTIVIDADES

- Enunciad algunas de las ideas principales con las que sintetizarian la exposición oral sobre las células madre. Para hacerlo, pueden consultar la sección "Ciencia, tecnología y sociedad" del capítulo 3.
- ¿Con qué idea final concluirían dicha exposición?

ELABORACIÓN Y USO DE MAPAS CONCEPTUALES

Los mapas conceptuales permiten representar en forma gráfica las relaciones entre un grupo de conceptos determinados.

Para elaborar un mapa conceptual —por ejemplo, sobre los sistemas relacionados con la función de relación tratados en el capítulo 8—, hay que seguir una serie de pasos.

PASO 1. Seleccionar los conceptos que se quiere representar. Para este ejemplo, ellos serían: clases de estímulos y respuestas y los tipos de receptores, integradores y efectores de los seres vivos.

PASO 2. Ordenar los conceptos. Hay que ordenar los conceptos en un borrador, desde los más generales o amplios hasta los más particulares o específicos. Luego, dibujar flechas entre ellos para indicar cómo se relacionan. Esta es la parte más compleja del mapa conceptual. Se trata de ver cómo las palabras pueden incluirse unas en otras; por ejemplo, *receptores externos* es más abarc-

tivo que *receptores luminosos*, ya que este es uno de sus casos. Así, arriba se coloca el concepto más general, y en orden descendente, los otros.

PASO 3. Indicar con palabras las relaciones entre conceptos. Colocar palabras sobre las flechas, de modo tal que podamos leer una frase con sentido.

PASO 4. Revisar el mapa. Una vez terminado, revisar lo hecho para comprobar que sea correcto. Se puede corregir o añadir nuevas relaciones.

PASO 5. Prueba adicional. Pedir a un compañero que revise el mapa conceptual, para verificar si se comprende o todavía hay que corregirlo.



ACTIVIDADES

- El mapa conceptual sigue un orden jerárquico. ¿Por qué?
- ¿Puede haber varios modos correctos de ordenar jerárquicamente conceptos? ¿Por qué?
- Redacten un informe breve a partir del siguiente mapa conceptual. Para hacerlo pueden buscar información en otras fuentes (libros, revistas, Internet, etcétera).



INTERPRETAR UN TEXTO HISTÓRICO

La evolución de la ciencia se puede conocer a través del análisis de los textos originales (fuentes primarias) escritos por científicos. Su interpretación correcta no siempre resulta fácil, ya que, además de los términos científicos que aparecen ya de por sí complejos, el lenguaje utilizado ha ido cambiando con el tiempo.

Además, este tipo de textos debe analizarse considerando la situación histórica en la que fueron producidos, de manera de evitar llegar a conclusiones erróneas. La publicación de las ideas evolucionistas de Charles Darwin en su libro *El origen de las especies*, por ejemplo, causó un verdadero escándalo social a mediados del siglo XIX. Si hoy leyéramos este libro sin considerar la situación histórica en la que fue escrito, no podríamos analizarlo en toda su complejidad.

He llamado selección natural o supervivencia de los más aptos a la conservación de las variaciones y diferencias, individuales favorables, y a la desaparición de las perjudiciales. Las variaciones que no son ni útiles ni perjudiciales no serían afectadas por la selección natural, y quedarían sometidas ya a un elemento fluctuante, como pasa en ciertas especies polimorfas, o bien fijándose finalmente, a causa de la naturaleza del organismo y de la naturaleza de las condiciones del medio ambiente.

Charles Darwin
El origen de las especies

PASO 1. Leer detenidamente el texto permite comprender bien todo su significado. Resulta de gran ayuda subrayar todos aquellos términos o expresiones que consideren interesantes, además de consultar el significado de todos los que desconozcan.

Anoten en sus cuadernos todos los términos que hayan subrayado y defínanos.

PASO 2. Identifiquen las ideas principales que aparecen en él, establezcan relaciones con los conocimientos que han adquirido con el estudio de la unidad.

Realicen una tabla en la que indiquen en la primera columna, las ideas principales que hayan extraído del texto, y en la segunda, los contenidos de la unidad que se relacionan con ellas.

PASO 3. Comenten o resuman las ideas seleccionadas con su propio lenguaje. En algunas ocasiones, para realizar este paso es necesario consultar otras fuentes de información que complementen los conocimientos que les ha proporcionado el profesor o el libro de texto.



ACTIVIDADES

- Busquen el significado del concepto "especie polimórfica". Citen algunos ejemplos.
- ¿Sobre qué características individuales actúa la selección natural? ¿Sobre cuáles no actúa?
- ¿Cómo se produce esta selección?
- ¿Qué quiere decir que las variaciones individuales sufren fluctuaciones o queden fijadas?