



# BIO LOGÍA 2

ORIGEN, EVOLUCIÓN Y CONTINUIDAD  
DE LOS SISTEMAS BIOLÓGICOS

Espacio  
**TIC**



**Proyectos interdisciplinarios:**

Victoria M. Vissani (Proyecto 1: *¿Tesoros en nuestra comunidad?*)

Carolina Cambiasso (Proyecto 2: *¿Hablamos de nosotros?*)

**Editoras:** Nora B. Bombara y Patricia A. García

**Editora multimedia:** Cecilia Palmieri

**Programa de comprensión lectora:** Valeria Abusamra y Gisela P. Martínez

**Coordinación del programa:** Valeria Abusamra

**Editora:** María Dolores Giménez Zapiola

**Audioresúmenes:** Ricardo Franco

**Autoevaluaciones:** Elina I. Godoy

**Jefa de desarrollos multimedia:** Marcela Lalía

**Biología 2**  **SANTILLANA Vale saber** es una obra colectiva, creada, diseñada y realizada en el Departamento Editorial de Ediciones Santillana, bajo la dirección de **Graciela M. Valle**, por el siguiente equipo:

Nora B. Bombara

Elina I. Godoy

Natalia Molinari Leto

Liliana H. Perini

Victoria M. Vissani (*Mi portfolio del Proyecto 1*)

Carolina Cambiasso (*Mi portfolio del Proyecto 2*)

**Editora:** Nora B. Bombara

**Jefa de edición:** Edith Morales

**Gerencia de arte:** Silvina Gretel Espil

**Gerencia de contenidos:** Patricia S. Granieri



**SANTILLANA Vale saber**

La realización artística y gráfica de este libro ha sido efectuada por el siguiente equipo:

**Diseño de maqueta:** Silvina Gretel Espil y Lorena Selvanovich.

**Diseño de tapa:** Ana Inés Soca.

**Diagramación:** Adrián C. Shirao y Silvana Caro (Mi porfolio).

**Corrección:** Karina Garofalo y Andrea Gutiérrez (Mi porfolio).

**Ilustración:** Marcelo Regalado, Gio Fornieles.

**Documentación fotográfica:** Carolina S. Alvarez, Cynthia R. Maldonado y Nicolas Verdura.

**Fotografía:** Archivo Santillana, Pixabay, Freepik, Wikimedia Commons, Archivo Corel, HighRes Press Stock, National Geographic, Comisión Nacional de Energía Atómica, Ministerio de Salud y Desarrollo Social, Gracie Films 20th - Century Fox, MATTON-BILD, Uth Hartnup, D. Campuzano, Carlos Sanz García, Carlos Jiménez Pérez / Photoalquimia, Matthew Parker, Eduardo Haene, Getty Images: DigitalVision, Photodisc, Hero Images, Oxford Scientific, Ikon Images, Nature Picture Library, Photographer's Choice, Science Photo Library, iStock/ Getty Images Plus, Stocktrek Images, EyeEm, De Agostini Picture Library, Universal Images Group, Digital Zoo, CSA Images, Elsoms Seeds Ltd, LiliGraphie, Corbis, Education Images, Elemental Imaging, University of Chicago, BSIP, Johnandersonphoto, DrMicrobe, The Image Bank, Ed Reschke, Brand X Pictures, Callista Images, Jacky Parker Photography, Andreas Naumann, PhotoAlto Agency RF Collections, Adria Photography, Beyond Photography, Khataut Chaemchamras, Johner Images, E+/malerapaso / RooM / kuritafsheen / Nnehring, Neil Shubin, Antagain, Alfredo Pasieka, Pete Saloutos, Raycat, Visuals Unlimited, Walter Jacinto, Authenticated News/ Handout, Wavebreakmedia, Supattra Detklahan, Artisteer, Creative Studio Heinemann, Jackie Bale, Chris Winsor, Magda Turzanska, Victoria Snowber, Ian Cuming, Alex Hyde, Jonnie Miles, Andrew Howe, Jeff Goulden, Jose A. Bernat Bacete, Martin Harvey, Don Farrall, Sebastián Kaulitzki, Sergio Diaz, Lamayi, Steve Gschmeissner, Piotr Marcinski, Thomas Soellner, José Luis Calvo Martin, José Enrique García Mauriño Muzquiz, Kateryna Kon, Angela Bragato, Gandee Vasan, Carlos Clarivan, Linda Sims, David Phillips, Nancy R. Schiff, Milena Boniek, Tara Moore, Vasily Pindyurin, Federico Bonifazi, Eric Lowenbach, Sharon Vos-Arnold, Raoul Schildmeijer, Manuel Breva Colmeiro, Elizabeth Fernández, Vicki Jauron, Wilhelm Doru Gombos, Barbara Rich, Daniel Prudek, J. H. Williams, Takuya Kabe, Henk Bogaard, Corey Ford. Ilustraciones: Archivo Santillana, Getty Images, DigitalVision Vectors, Carolina Delgado Burbano. Portfolios: Canal Encuentro / educ.ar; Freepik, Getty Images: Corbis Historical, Image Source , Hero Images, Universal Images Group, iStock / Getty Images Plus, Kitt Boonnitrod, Christian Lopez Walker, Sean M. Haffey, Klaus Vedfelt.

**Preimpresión:** Marcelo Fernández, Gustavo Ramírez y Maximiliano Rodríguez.

**Gerencia de producción:** Gregorio Branca.

Las páginas web fueron consultadas entre abril y octubre de 2018.

Esta publicación fue elaborada teniendo en cuenta las observaciones del Instituto Nacional contra la Discriminación, la Xenofobia y el Racismo (Inadi) surgidas en encuentros organizados con editores de libros de texto.

Para facilitar la lectura, y sin intención de promover el lenguaje sexista, esta publicación utiliza el género masculino para designar a todos los elementos de una clase.

Este libro no puede ser reproducido total ni parcialmente en ninguna forma, ni por ningún medio o procedimiento, sea reprográfico, fotocopia, microfilmación, mimeógrafo o cualquier otro sistema mecánico, fotoquímico, electrónico, informático, magnético, electroóptico, etcétera. Cualquier reproducción sin permiso de la editorial viola derechos reservados, es ilegal y constituye un delito.

© 2018, EDICIONES SANTILLANA S.A.  
Av. Leandro N. Alem 720 (C1001AAP),  
Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina.

ISBN: 978-950-46-5729-3

Queda hecho el depósito que dispone la Ley 11.723

Impreso en Argentina. Printed in Argentina.

Primera edición: noviembre de 2018.

Este libro se terminó de imprimir en el mes de noviembre de 2018, en Casano Gráfica, Ministro Brin 3932, Remedios de Escalada, Buenos Aires, República Argentina.

Biología 2 : origen, evolución y continuidad de los sistemas biológicos / Nora

Bombara ... [et al.]. - 1a ed. - Ciudad Autónoma de Buenos Aires : Santillana, 2018.  
160 p. ; 28 x 22 cm. - (Santillana Vale saber)

ISBN 978-950-46-5729-3

1. Biología. 2. Escuela Secundaria. 3. Libro de Texto. I. Bombara, Nora  
CDD 577

## En Biología 2 encontrarás

Todos los textos que necesitás para aprender y además...

Páginas especiales dedicadas  
a la **historia de la ciencia** y al trabajo  
con **habilidades científicas**.



Actividades para desarrollar tus **capacidades**.

**Evaluaciones finales** para hacer de manera diferente: de a dos.

¡No te olvides de completar el **portfolio** de los proyectos para dejar tu marca personal!

Y en el



- **Proyectos interdisciplinarios**
  - **¿Tesoros en nuestra comunidad?** Para conocer qué significan los patrimonios culturales para tu comunidad, todos los saberes que pueden abarcar y cómo pueden ser expresión de nuestra memoria colectiva y de los valores ciudadanos.
  - **¿Hablamos de nosotros?** Para trabajar e intercambiar opiniones sobre problemáticas de la adolescencia, conocerte más y crear puentes de comunicación y diálogo con los adultos.
- **Autoevaluaciones** para ponerte a prueba con todo lo que aprendiste.
- **Audiorresúmenes** para escucharlos cuando quieras y repasar el capítulo.

**VALE COMPRENDER**

**Programa de comprensión lectora** para que desarrolles, en forma progresiva y ordenada, algunas áreas fundamentales: el vocabulario, la jerarquía, las inferencias y los modelos mentales. ¡Sumá habilidades en la comprensión de textos!



# Índice



## Hacer ciencia aquí y ahora .....

Las características de la ciencia .....	8
La biología .....	9
La actividad científica .....	10
<b>Todo empezó con una pregunta</b>	
¿Qué pasó en este experimento? .....	11
Las estrategias de investigación .....	12
Las nuevas tecnologías .....	
<b>Pensamiento crítico</b> .....	13
Los problemas y las hipótesis .....	14
Los aspectos conocidos del problema .....	
Los aspectos desconocidos del problema .....	
La comunicación en ciencias .....	16
La divulgación científica .....	
<b>Vale hacer ciencia</b>	
Realizar un informe .....	17
<b>Resolución de problemas</b> .....	18
Los modelos científicos .....	18
<b>Evaluados</b> .....	19



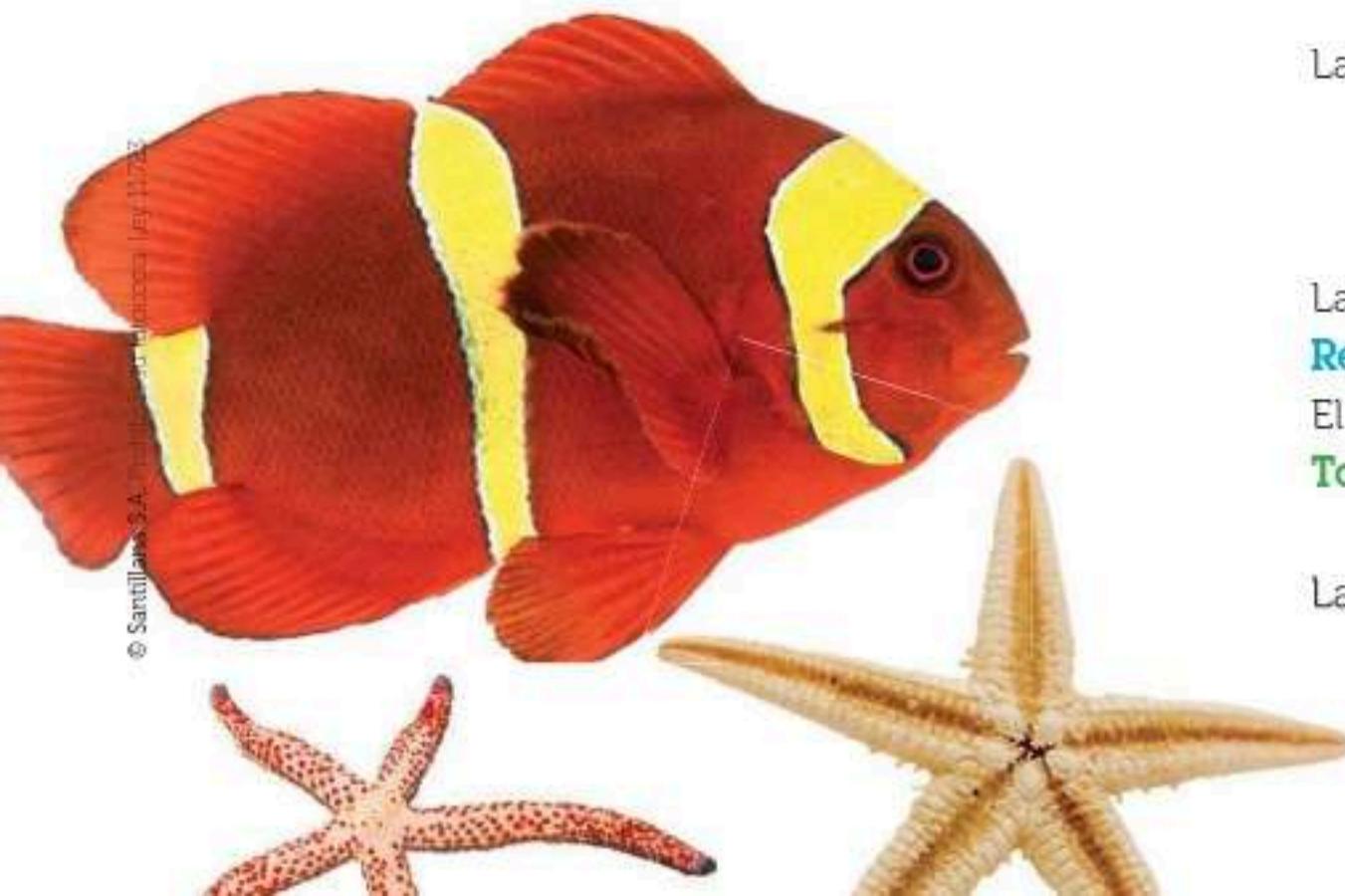
## SECCIÓN I

Evolución: origen y diversidad de los seres vivos

<b>1</b>	<b>Los seres vivos y el ancestro común .....</b>	20
El origen de la biodiversidad .....	20	
Los fósiles .....	21	
Formas de fosilización .....		
El estudio de los fósiles .....	22	
<b>Todo empezó con una pregunta</b>		
¿Por qué en un lugar hay restos de animales que no se ven vivos? .....	23	
Los fósiles y la edad de la Tierra .....	24	
<b>Vale hacer ciencia</b>		
Observar y registrar .....	25	
Evidencias del cambio en los seres vivos .....	26	
<b>Resolución de problemas</b> .....	29	
El ancestro común .....	30	
El árbol filogenético .....	31	
La clasificación de los seres vivos .....	32	
La clasificación actual .....		
<b>Comunicación</b> .....	34	
La evolución de los vertebrados .....	34	
<b>Evaluados</b> .....	35	

**2****La evolución y la selección natural ... 36**

Las primeras explicaciones .....	36
Lamarck y la evolución .....	
La herencia de los caracteres adquiridos .....	
<b>Todo empezó con una pregunta</b> .....	
¿Por qué son diferentes los pinzones de las Galápagos? .....	39
La influencia de Malthus .....	40
Darwin y Wallace .....	
La selección natural .....	41
La selección artificial .....	
La ubicación geográfica .....	
La supervivencia del más apto .....	
La variabilidad .....	
La presión ambiental .....	
Los caracteres heredables .....	
<b>Vale hacer ciencia</b> .....	
Construir modelos .....	44
Especies y poblaciones .....	45
La teoría de la evolución .....	46
Las repercusiones de la teoría .....	47
Las objeciones a la teoría .....	
<b>Pensamiento crítico</b> .....	48
Las adaptaciones .....	49
Tipos de adaptaciones .....	
Selección natural y resistencia .....	
Adaptaciones y la "perfección" de los seres vivos .....	
Aclimatación: una adaptación no evolutiva .....	
La teoría sintética de la evolución .....	51
<b>Resolución de problemas</b> .....	52
El origen de nuevas especies .....	52
<b>Evaluados</b> .....	53

**SECCIÓN II****La célula: origen, estructura y funciones****3****Las primeras células**

54

El origen de la vida .....	54
El experimento de Redi .....	
El experimento de Pasteur .....	
La aparición de la vida en la Tierra .....	56
<b>Resolución de problemas</b> .....	57
La Tierra primitiva .....	58
<b>Vale hacer ciencia</b> .....	
Analizar gráficos .....	59
<b>Todo empezó con una pregunta</b> .....	
¿Cómo surgieron los primeros seres vivos? .....	60
La hipótesis de Oparin y Haldane .....	61
La experiencia de Miller .....	62
Los primeros organismos .....	63
Características de las células primitivas .....	
La importancia de delimitar el medio interno .....	
La evolución de las formas de nutrición .....	65
<b>Comunicación</b> .....	66
Evolución de las células quimioautótrofas .....	
Las primeras células fotosintéticas .....	
<b>Evaluados</b> .....	67

**4****La estructura de las células**

68

La diversidad de células .....	68
Las células procariotas .....	69
La diversidad de células procariotas .....	70
Las arqueobacterias .....	
Las eubacterias .....	
Las células eucariotas .....	71
Las células eucariotas vegetales y animales .....	
Los orgánulos de las células eucariotas .....	
Cloroplastos y mitocondrias .....	
La membrana celular .....	74
<b>Resolución de problemas</b> .....	75
El núcleo celular .....	76
<b>Todo empezó con una pregunta</b> .....	
¿Qué parte de la célula dirige su actividad? .....	77
Las células y el microscopio .....	78
Tipos de microscopios .....	

<b>Vale hacer ciencia</b>	
Observar con instrumentos .....	79
La teoría endosimbiótica .....	80
<b>Pensamiento crítico</b> .....	<b>81</b>
El origen de la célula eucariota .....	82
La diversidad de células eucariotas .....	
<b>Evaluados</b> .....	<b>83</b>
 <b>5 De unicelulares a pluricelulares</b> .....	<b>84</b>
El origen de los organismos pluricelulares .....	84
Ventajas de la pluricelularidad .....	
Niveles de organización de los seres vivos .....	86
La mitosis .....	88
El ciclo celular .....	
<b>Todo empezó con una pregunta</b>	
¿Cómo se dividen las células? .....	89
Otras formas de reproducción asexual .....	90
Formas de reproducción asexual .....	
<b>Resolución de problemas</b> .....	<b>91</b>
La mitosis en los organismos pluricelulares .....	92
La diferenciación celular .....	
<b>Vale hacer ciencia</b>	
Utilizar modelos experimentales .....	93
<b>Comunicación</b>	<b>94</b>
Diversidad de células .....	94
<b>Evaluados</b> .....	<b>95</b>
 <b>SECCIÓN III</b>	
La reproducción de los seres vivos .....	
 <b>6 La función de reproducción</b> .....	<b>96</b>
¿Una función vital? .....	96
Tipos de reproducción .....	97
Unisexuales y hermafroditas .....	
Las ventajas de la reproducción asexual .....	
Las ventajas de la reproducción sexual .....	
La partenogénesis .....	
El origen de la reproducción sexual .....	100
<b>Resolución de problemas</b> .....	<b>101</b>
La evolución de los gametos .....	102
La selección disruptiva .....	
 La evolución de la fecundación .....	103
Comportamientos reproductores .....	
<b>Todo empezó con una pregunta</b>	
¿Cómo se desarrolla un organismo? .....	104
El desarrollo embrionario .....	105
La etapa postembrionaria .....	
Las estrategias reproductivas .....	106
<b>Vale hacer ciencia</b>	
Interpretar resultados .....	107
<b>Pensamiento crítico</b> .....	<b>108</b>
El aislamiento reproductivo .....	108
<b>Evaluados</b> .....	<b>109</b>
 <b>7 La reproducción en plantas y animales</b> .....	<b>110</b>
La diversidad reproductiva .....	110
La reproducción asexual en las plantas .....	111
Tipos de multiplicación vegetativa .....	
La reproducción asexual en los animales .....	112
<b>Vale hacer ciencia</b>	
Diseñar un experimento .....	113
La reproducción sexual en las plantas .....	114
El encuentro de los gametos en las gimnospermas .....	
El encuentro de los gametos en las angiospermas .....	
Polinización .....	116
Coevolución de flores y polinizadores .....	
Los aspectos económicos de la polinización .....	
Los frutos y las semillas .....	117
<b>Comunicación</b>	<b>118</b>
La reproducción sexual en los animales .....	119
Los mecanismos que llevan a la fecundación .....	120
La búsqueda y el reconocimiento de la pareja .....	
El cortejo .....	
El apareamiento .....	
<b>Todo empezó con una pregunta</b>	
¿Cómo es el canto de las aves? .....	121
Dimorfismo sexual y selección natural .....	122
<b>Resolución de problemas</b> .....	<b>123</b>
El desarrollo del embrión .....	124
El cuidado de las crías .....	125
<b>Evaluados</b> .....	<b>125</b>

**8****La reproducción en el ser humano .... 126**

Características de la reproducción humana .....	126
Reproducción, sexo y sexualidad .....	127
Los caracteres sexuales	
La fertilidad y la fecundación .....	128
El ciclo menstrual	
El ciclo estral .....	130
<b>Resolución de problemas .....</b>	<b>131</b>
La gestación en el ser humano .....	132
La gestación en otros mamíferos .....	133
La reproducción asistida .....	134
<b>Todo empezó con una pregunta</b>	
¿Qué función tienen los ovarios? .....	135
Las infecciones de transmisión sexual .....	136
La sexualidad responsable .....	138
<b>Vale hacer ciencia</b>	
Plantear una hipótesis .....	139
La sexualidad, un enfoque cultural .....	140
Aspectos de la sexualidad	
<b>Pensamiento crítico .....</b>	<b>141</b>
La planificación del embarazo .....	142
Los métodos naturales	
Los métodos de barrera	
Los métodos químicos	
Los métodos intrauterinos	
Los métodos quirúrgicos	
<b>Evaluados .....</b>	<b>143</b>

**SECCIÓN IV****Los mecanismos de la herencia****9****Las leyes de la herencia .... 144**

La transmisión de características .....	144
Los trabajos de Mendel .....	145
Experimentos con una sola característica	
Experimentos con dos características	
El diseño de los experimentos	
<b>Todo empezó con una pregunta</b>	
¿Cómo pueden interpretarse los resultados de Mendel? .....	147
La teoría cromosómica .....	148
Los experimentos de Boveri y Sutton	
Los experimentos de Morgan	
La meiosis .....	149
Consecuencias de la meiosis	
Excepciones de las leyes de Mendel	
La genética .....	151
El árbol genealógico .....	152
<b>Comunicación .....</b>	<b>153</b>
La herencia en la especie humana .....	154
Caracteres no heredables	
<b>Vale hacer ciencia</b>	
Comprobar una hipótesis .....	155
La herencia ligada al sexo .....	156
<b>Pensamiento crítico .....</b>	<b>157</b>
Mendel y Darwin .....	158
Herencia, variabilidad y evolución	
<b>Evaluados .....</b>	<b>159</b>



# Hacer ciencia aquí y ahora



©Klaus Vedfelt

En ciencias, la observación detallada de los fenómenos naturales y la curiosidad son el "motor" que promueve el avance de una investigación.

## LAS CARACTERÍSTICAS DE LA CIENCIA

Desde su existencia sobre la Tierra, el ser humano ha tratado de interpretar los fenómenos naturales que se producen en su entorno para poder dominarlos y transformar su realidad. Por ejemplo, cuando observó que una tormenta eléctrica puede causar daños severos en las personas y en sus viviendas, intentó entender las causas de este fenómeno y evitar sus consecuencias. Este proceso no fue inmediato, y requirió los aportes de numerosos científicos sobre este fenómeno a lo largo del tiempo hasta la invención del pararrayos (Benjamin Franklin, 1753).

Podríamos decir que el conocimiento científico, producto de la actividad que despliegan los científicos, intenta darle sentido al mundo. Se trata de comprender y explicar la realidad, y para eso se utilizan "conceptos", por ejemplo, ser vivo, átomo, célula, corriente eléctrica. La explicación de los fenómenos utilizando los conceptos que los definen constituye una **teoría científica** a la cual le corresponde un **modelo científico**, que no es más que una representación, lo más cercana posible, de la realidad. **Esas teorías y sus modelos pueden cambiar y evolucionar en el tiempo** gracias a nuevos conocimientos. Una teoría será válida mientras pueda explicar la realidad. Por eso caracterizamos a la ciencia como una construcción histórica, es decir, inmersa en un contexto sociocultural, histórico e institucional que condiciona la propia evolución del conocimiento científico.

**“** Para el investigador no existe alegría comparable a la de un descubrimiento, por pequeño que sea. [...] Los fracasos son también útiles, porque, bien analizados, pueden conducir al éxito”.

Alexander Fleming (1881-1955)  
Médico escocés, descubridor de la penicilina



# LA BIOLOGÍA

La biología, como ciencia, es un conjunto de conocimientos que el ser humano organiza en forma sistemática para explicar el mundo real en relación con la estructura y el funcionamiento de los seres vivos. Es una ciencia experimental o fáctica porque construye, primordialmente, el conocimiento a través de experimentos que permiten explicar el mundo natural.

Es una ciencia fáctica porque estudia hechos objetivos, es decir, que ocurren en la naturaleza, a diferencia de la lógica y la matemática, llamadas ciencias formales, que describen y utilizan construcciones abstractas que no están en la naturaleza, sino en la mente humana. Un biólogo puede estudiar el comportamiento de la ballena azul. Seguirá sus desplazamientos, sus migraciones, su

época de apareamiento, su alimentación, etc. Todos son hechos que se encuentran en la naturaleza, de modo que puede observarlos y registrarlos. Por eso decimos, también, que la biología es una ciencia natural, como la física y la química, entre otras.

La biología está muy vinculada con otras ciencias naturales y se nutre de sus principios y generalizaciones. Por ejemplo, el metabolismo de los seres vivos puede ser explicado por fenómenos que describe la química, las reacciones químicas, que se producen a nivel celular o podrá utilizar conceptos de la física para explicar cómo circula la sangre en el sistema circulatorio o como se conduce el impulso nervioso entre neuronas.

Al igual que en otras disciplinas, en biología el campo de estudio es cada vez más amplio y, por lo tanto, surgen subdisciplinas o ramas. Te mostraremos algunas.

**Ecología:** estudia las interacciones entre los seres vivos y su entorno o hábitat, es decir que estudia los ecosistemas.

**Fisiología:** se centra en el estudio de los procesos que ocurren en un organismo.

**Genética:** busca comprender y explicar los mecanismos de transmisión de la herencia biológica de generación en generación.



**Citología:** se especializa en el conocimiento de las estructuras y funciones de las células.

**Embriología:** estudia el desarrollo de un nuevo organismo a partir de la reproducción sexual.

**Biología molecular:** estudia los procesos celulares a nivel molecular.

**Biología marina:** se centra en el estudio de la vida en mares y océanos.

**Zoología:** abarca el estudio de los animales.

**Botánica:** se ocupa del estudio de las plantas.

**Microbiología:** comprende el estudio de los microorganismos.

# LA ACTIVIDAD CIENTÍFICA

Si queremos caracterizar la actividad científica, tenemos que tener en cuenta estos aspectos:

- **Carácter sociocultural:** la ciencia es una construcción colectiva, y como construcción social es patrimonio de la sociedad. Los productos de la ciencia constituyen una parte de la cultura. Por ejemplo, científicos de varios países pudieron identificar entre 1990 y 2003 los genes que constituyen el genoma humano. Este conocimiento se utiliza con fines diagnósticos y terapéuticos para tratar enfermedades genéticas.
- **Carácter histórico-concreto:** la ciencia y la sociedad están totalmente interrelacionadas. La producción científica está influenciada por las condiciones económicas, religiosas, los poderes imperantes en ese contexto histórico, etc. Pero también la sociedad se ve impactada por los conocimientos científicos de su

época. Como ejemplo podemos citar a Galileo Galilei, que en 1663 es enjuiciado y obligado a retractarse de su teoría heliocéntrica, que planteaba que los planetas giran alrededor del Sol, para salvarse de la hoguera. Sin embargo, Galileo tenía razón.

- **Carácter ético:** por la propia naturaleza social de la ciencia, ella está comprometida con los valores, las prioridades y los intereses propios de la estructura y de los agentes sociales, de ahí que, impactada por ellos, no puede ser neutral. La prioridad en la selección de problemas y las estrategias que se proponen para resolverlos deben tener en cuenta los intereses humanos más amplios.
- **Carácter complejo:** la ciencia en la sociedad actual constituye un fenómeno social complejo, dadas las diversas manifestaciones que puede adoptar. Tiene un papel primordial en la base productiva de la sociedad. El conocimiento científico es el motor de desarrollo de la sociedad.

©Jonnie Miles



La Comisión Nacional de Energía Atómica utiliza la energía nuclear para la producción de medicamentos y vacunas.

©Steven Allen



... para la obtención de energía eléctrica.



... para la mejora genética de cultivos.

©Jose A. Bernat



©Mark Kostich



... para tratamientos médicos.

© Santillana S.A. Prohibida su fotocopia. Ley 11.723

La energía nuclear puede emplearse para producir una bomba atómica o diversas armas nucleares. Pero en cada país hay una entidad encargada de regular y asegurar su uso con fines pacíficos. En la Argentina, esa entidad es la Comisión Nacional de Energía Atómica.

# TODO es una pregunta



Qué pasó en este experimento?



Estimado doctor Fleming,

Muchos científicos conocemos su historia: mientras trabajaba en su laboratorio cultivando muestras de una bacteria llamada *Staphylococcus aureus*, observó que una de las cajas estaba contaminada con un hongo. Estaba a punto de tirarla cuando vio que la región alrededor del hongo estaba libre de bacterias. Probablemente este fenómeno se haya repetido en otros laboratorios y la muestra se haya desechar. Pero su pregunta "¿qué pasó en este experimento?" cambió el rumbo de sus investigaciones y, por qué no, de la humanidad.

La casualidad, sumada a su espíritu inquieto, hizo de este hecho un problema a investigar y permitió que usted interpretara el efecto bactericida de una sustancia natural producida por el hongo: la penicilina.

Durante casi diez años no se avanzó en esta investigación, hasta que dos científicos, el médico australiano Howard Walter Florey y el bioquímico alemán Ernst Boris Chain, retomaron experimentos controlados con ratones. Obtuvieron resultados inequívocos y positivos sobre el efecto de la penicilina en las infecciones bacterianas. Desde su uso en la Segunda Guerra Mundial hasta nuestros días, la penicilina, considerada el primer antibiótico, abrió el camino a la cura de las enfermedades infecciosas.

¡Gracias, doctor!

Dorothy Hodgkin



**Dorothy Hodgkin** (1910-1994) fue una química inglesa que ganó el **Premio Nobel de Química en 1964** por su descripción de la estructura de la penicilina a través de la cristalografía de rayos X. Este hallazgo posibilitó la fabricación de penicilina en forma sintética, lo que facilitó la producción y abarató los costos iniciales. Esta carta hipotética podría haber sido escrita por ella.



# LAS ESTRATEGIAS DE INVESTIGACIÓN

Tradicionalmente se habla del "método científico" como el procedimiento que siguen los científicos. Según este punto de vista, existe un solo método válido, un único camino para llegar al conocimiento, que consiste en la repetición mecánica de una serie de pasos ordenados cronológicamente: definición y planteo del problema, formulación de la hipótesis, experimentación, análisis de datos, confrontación de los datos con la hipótesis, conclusiones, formulación de nuevos interrogantes. Sin embargo, esto no siempre es así. No existe un único "método" o camino en el quehacer científico.

Por ejemplo, la viruela era, en el siglo XVIII, una enfermedad muy difundida y con una alta mortalidad. Edward Jenner (1749-1823), un médico rural inglés, observó que las lecheras que tomaban contacto con vacas enfermas con viruela vacuna (una enfermedad más benigna que la humana) no enfermaban con viruela humana. Su hipótesis era que la viruela vacuna protegía de la infección con viruela humana. En épocas de Jenner, la inoculación era una práctica conocida. El médico raspó las ampollas de una lechera contagiada con la viruela vacuna y la inoculó en un niño de ocho años. Posteriormente inoculó al niño con viruela humana y no sufrió ninguna infección. De este modo pudo demostrar su hipótesis.



Jenner realizando su primera vacunación a James Phipps, un niño de ocho años, el 14 de mayo de 1796

Considerar la existencia de un único camino deforma la verdadera naturaleza del trabajo de los científicos al no tomar en cuenta la existencia de múltiples puntos de acceso al fenómeno a estudiar, caminos diferentes para comprenderlo y explicarlo, el papel de la creatividad y la imaginación, de los errores, de la casualidad y de la interpretación de esos eventos que realiza el científico. Un ejemplo de descubrimiento científico accidental es el caso de la penicilina del que hablamos en la página anterior.

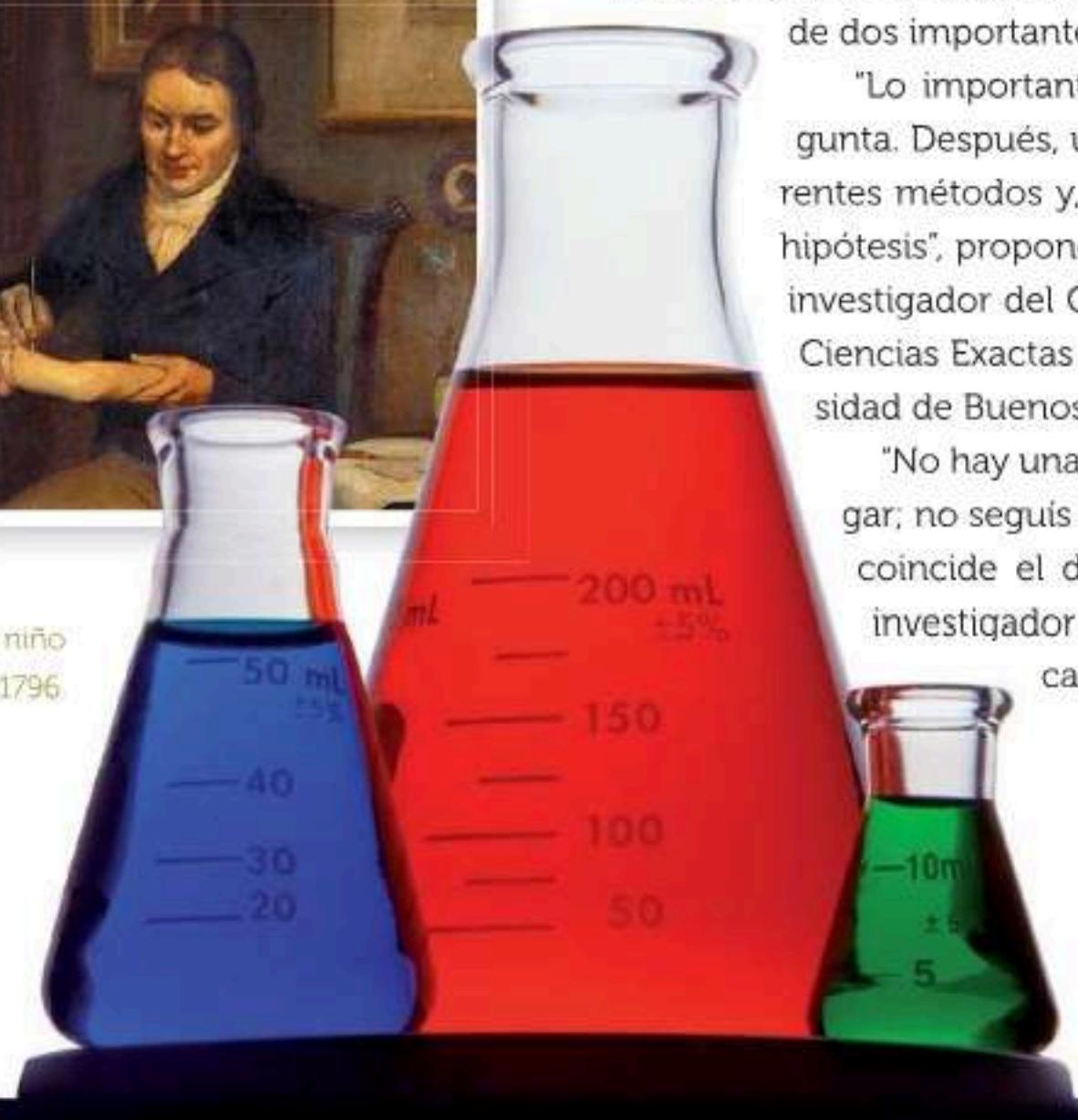
La experimentación, por ejemplo, no es la única manera de hacer ciencia. La historia de la ciencia nos muestra numerosos casos de investigadores que llegaron a una conclusión válida a partir de datos insuficientes y poca o ninguna experimentación. Un ejemplo en este sentido es la teoría de la relatividad formulada por Albert Einstein en 1905. Desarrolló sus ideas acerca del tiempo y el espacio, casi sin evidencia experimental. Cuando esta teoría fue aceptada por la comunidad científica se realizaron experimentos para confirmarla.

Sin embargo, la actividad científica, un modo de ver el mundo, no es una actividad como cualquier otra. Tiene su especificidad, sus particularidades y reglas propias. Los productos de la ciencia, una vez aceptados por la comunidad científica, permanecerán vigentes mientras sean explicativos del fenómeno que describen o del problema que intentan resolver. Por eso decimos que **el conocimiento científico es provisorio**. Si un hecho de la realidad no puede ser explicado por la teoría científica o la contradice, esta debe ser revisada.

Para cerrar este apartado, presentamos el testimonio de dos importantes científicos argentinos:

"Lo importante es que haya una pregunta. Después, uno la responde por diferentes métodos y, a veces, incluso sin una hipótesis", propone el doctor Eduardo Arzt, investigador del Conicet en la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires.

"No hay una manera única de investigar; no seguis un orden preestablecido", coincide el doctor Alberto Kornblihtt, investigador del Conicet en la misma casa de estudios.



EN CIENCIAS SE PUEDE LLEVAR A CABO UN **PROCESO DEDUCTIVO** CUANDO SE PARTE DE LO GENERAL PARA LLEGAR A LO PARTICULAR. OTRA POSIBILIDAD ES AL REVÉS: UN **PROCESO INDUCTIVO**, EN EL QUE SE PARTE DE LO PARTICULAR PARA LLEGAR A LO GENERAL.

## LAS NUEVAS TECNOLOGÍAS

La evolución en las técnicas, los procedimientos y la aparatología que utilizan los científicos en sus diseños experimentales contribuye al avance en la construcción del conocimiento.

Por ejemplo, Margaret Leinen es una prestigiosa oceanógrafa estadounidense, referente mundial en el estudio de la calidad de los océanos. Nos alerta acerca de la gran contaminación que los aqueja y los graves daños en los ecosistemas marinos derivados de la presencia de basura, plásticos y mercurio que solo puede ser detenida con la creación de grandes áreas protegidas para iniciar la recuperación.

Leinen hace referencia, en una entrevista realizada en 2018, a las diferencias en la investigación científica en oceanografía. Explica que hace unos años se trabajaba desde un **proceso deductivo**: se planteaban hipótesis, luego se buscaban muestras en diferentes puntos de los mares y océanos y, de acuerdo con su análisis, se corroboraban o se descartaban las hipótesis originales. La comunicación entre científicos era difícil, ya que grupos de investigadores trabajaban sin conocer que otros también lo hacían en el mismo tema.

Las nuevas tecnologías permiten trabajar en la actualidad desde un **proceso inductivo**. Se puede recopilar una gran cantidad de datos, procesarlos digitalmente y, a partir de ellos, identificar tendencias y formular hipótesis. La comunicación resulta fluida, así como el acceso a los datos y resultados.

También cambia a lo largo del tiempo la **valoración** que realiza la sociedad, y la propia comunidad científica, sobre los procedimientos que se utilizan en la investigación. Por ejemplo, durante muchísimos años, los científicos experimentaron con animales para poder poner a prueba sus hipótesis. Incluso la producción de medicamentos tiene que pasar, en la actualidad, una etapa de prueba en animales antes de la prueba final en humanos, previo a que se autorice su venta al público.

Este tipo de prácticas es rechazado por ecologistas y asociaciones defensoras de los animales de todas partes del mundo, que han reclamado por un cambio en las estrategias de investigación.

## PENSAMIENTO crítico

- En grupos lean esta historia y resuelvan las consignas.

Desde hace algunos años, en la investigación científica, se trabaja con células madre. Se trata de células que tienen la posibilidad de dividirse y luego diferenciarse en distintos tipos de células especializadas (como los hepatocitos o las neuronas), además de poder producir más células madre para autopermanecerse.

En 2008, el biólogo molecular Hans Clevers en el Hubrecht Institute de Utrecht, Holanda, trabajó en la producción de organoides formados por un conjunto de células madre que pueden ser reprogramadas para convertirse, por ejemplo, en células neuronales, de estómago o hepáticas. De este modo, los organoides se transforman en pequeñas versiones de los órganos que permiten a los científicos experimentar sin ocasionar daños a otras especies.



Células madre

- Debaten con sus compañeros acerca de la experimentación en animales. Escriban un texto que resuma el debate y represente todas las opiniones planteadas y los argumentos a favor y en contra.
- ¿Cuáles serían las ventajas o desventajas del uso de células madre en la investigación científica versus la experimentación con animales? Busquen información al respecto y lleguen a una conclusión. ¿Por qué modo de trabajo se inclinarían ustedes si fueran científicos?
- Las células madre pueden emplearse en el tratamiento de algunas enfermedades y afecciones del organismo humano. Investiguen por qué esta aplicación resulta controvertida en la comunidad científica y en la sociedad. ¿Qué piensan ustedes?



©Chris Windsor



©Chris Ryan

## LOS PROBLEMAS Y LAS HIPÓTESIS

Los científicos intentan comprender y explicar el mundo. Cuando indagan la realidad suelen hacerse preguntas, y con ellas aparece un problema.

¿A qué nos referimos cuando hablamos de problemas? Nos referimos a una cuestión, una situación, un fenómeno, de los que aún no se han explicado las causas o los efectos o que no se ha resuelto. Y para poder hacerlo se requiere pensar, profundizar, reflexionar, estudiar o examinar. Es decir que **un problema es el origen de un proceso de investigación científica**. Para que exista un problema de investigación tiene que ser percibido por la sociedad o la comunidad científica y, en consecuencia, surgir la necesidad de resolverlo.

Ahora bien, ¿cuáles son las características de un problema de investigación? Todo fenómeno del mundo natural tiene factores o causas que lo producen y efectos o consecuencias sobre el entorno. También hay una serie de factores que intervienen en el fenómeno sin ser sus verdaderas causas. A esos factores los vamos a llamar **variables**, porque pueden tomar diferentes valores o cualidades.

Por ejemplo, si el fenómeno a estudiar es el crecimiento y desarrollo de una planta a partir de la semilla, podemos identificar diversos factores que determinarán ese crecimiento y desarrollo: calidad de la semilla, temperatura, humedad, cantidad de luz. Estas supuestas causas se denominan variables independientes. El

científico las manipulará para evaluar el efecto que producen sobre el fenómeno. A ese efecto, en este caso, el crecimiento y desarrollo de la planta, se lo llama **variable dependiente**, ya que depende de las anteriores y es el aspecto del fenómeno a explicar.

Pero quien realiza un experimento no puede manipular todas las variables simultáneamente, debe hacerlo en forma individual, ya que hacerlo en forma conjunta no le permitiría identificar cuál de ellas está produciendo el efecto observado. Aquellas que se mantienen constantes se llaman **variables controladas**.

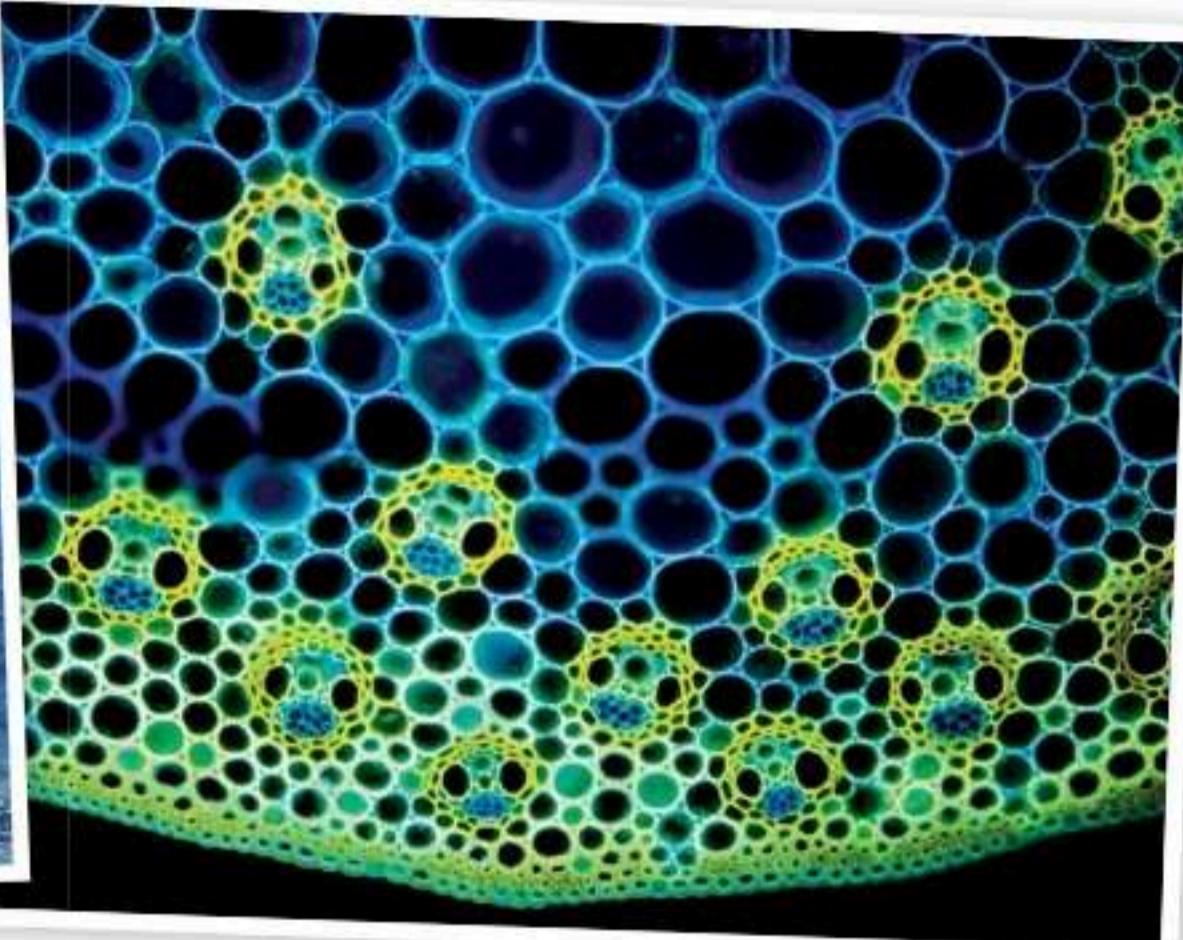
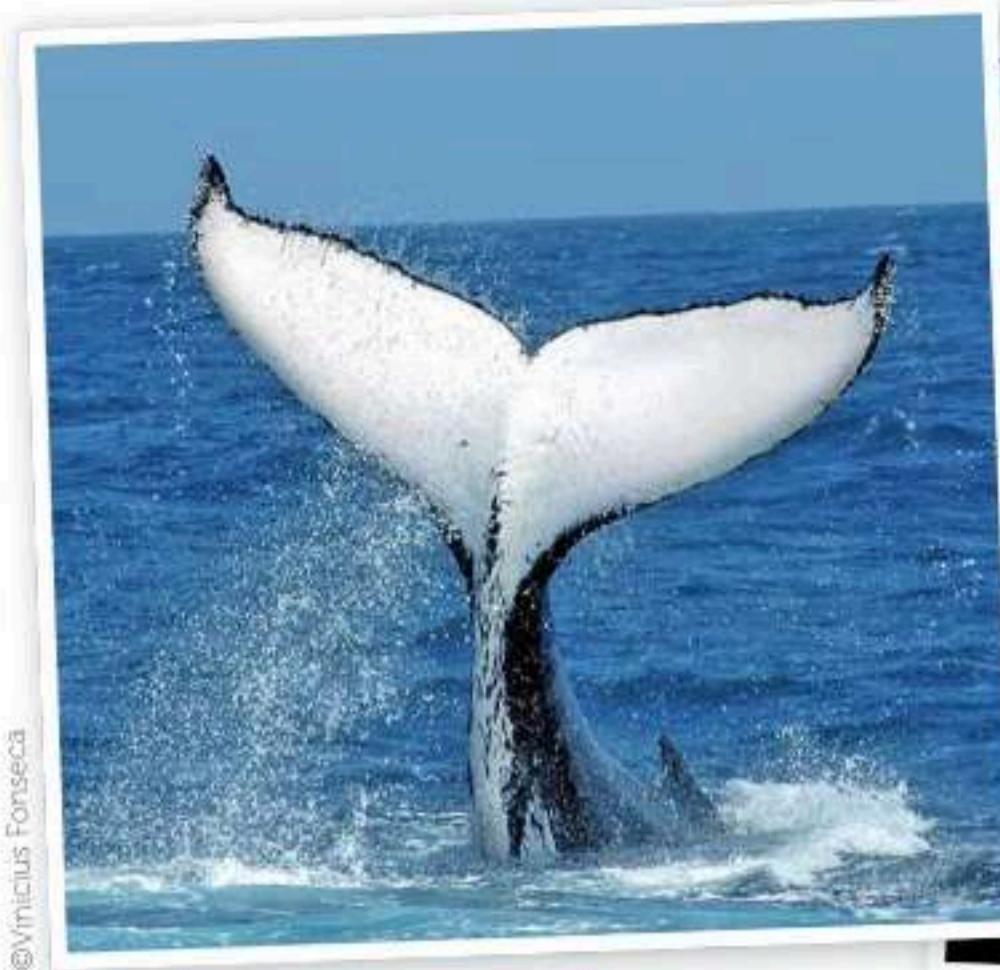
Por ejemplo, si se modifica conjuntamente la cantidad de agua y la luz y se identifica que en algunas muestras se detiene el crecimiento, no se puede asegurar si eso es efecto de la cantidad de agua o de la luz recibida.

Entonces, recordá que existen tres categorías de variables:

**Variables independientes:** son aquellas que se modifican a voluntad del experimentador. Resultan la condición o el evento estudiado.

**Variables dependientes:** son las condiciones o eventos que cambian cuando se modifica la variable independiente.

**Variables controladas:** son las condiciones que podrían afectar los resultados del experimento pero que no los modifican porque se las mantiene constantes.



Frente a un problema, el investigador se encontrará con algunos aspectos conocidos que le permitirán abordar el fenómeno a investigar y establecer las primeras ideas científicas acerca de él. Pero también aspectos desconocidos que tiene que develar.

## LOS ASPECTOS CONOCIDOS DEL PROBLEMA

Los aspectos conocidos del problema le permitirán caracterizarlo. Son el punto de partida en su resolución. Por ejemplo, un científico se encuentra con una serie de efectos que produce una enfermedad desconocida sobre los afectados. La enfermedad produce fiebre alta, décaimiento, dolores musculares, una infección generalizada y una falla de todos los órganos que conduce a la muerte del paciente. Esos efectos o síntomas constituyen lo conocido de la enfermedad. Establecer sus causas y su posterior cura constituyen el aspecto desconocido del problema y el objetivo de la investigación.

En otros casos se conocerá la causa de un fenómeno y el objeto de investigación será estudiar los efectos. Por ejemplo, en la producción agropecuaria, el control de las plagas es esencial para lograr cosechas lo más pro-

ductivas posible. En ese campo se identifica un plaguicida sumamente eficaz en el control de una enfermedad en el maíz. Es efectivo para evitar el contagio, pero se desconoce qué otros efectos puede producir en el ecosistema. En este caso, ese es el aspecto desconocido y el objeto de investigación.

## LOS ASPECTOS DESCONOCIDOS DEL PROBLEMA

Los aspectos desconocidos del problema de investigación orientan la investigación. En un principio, los interrogantes o **preguntas investigables** no pueden ser respondidos con certeza porque son desconocidos, pero pueden ensayarse respuestas provisorias que originan una suposición científica. Esas respuestas provisionales constituyen la **hipótesis** del investigador, que debe ser verificada. Esta verificación se realiza por medio del diseño y la realización de uno o varios **experimentos**.

Los resultados de la experimentación permitirán evaluar si las hipótesis tienen concordancia con la realidad en esas condiciones de investigación o tienen que ser revisadas, o aparecen, durante el propio proceso de investigación, otros aspectos que requieren ampliar las hipótesis y ponerlas a prueba.



### Vale comprender

2. ¿Qué significan para vos estos conceptos: problema, variables, hipótesis y experimento?
3. ¿Cuál es la importancia de un informe experimental y en qué consiste?
4. Cuando no entendés algún concepto o idea que leés, ¿qué hacés para resolverlo?, ¿a quién le pedirías ayuda?



Aprender  
a aprender

# LA COMUNICACIÓN EN CIENCIAS

Los científicos informan sus hallazgos a sus colegas y también a la sociedad. Lo realizan a partir de los informes que se presentan en las instituciones en las que desarrollan sus actividades, en congresos científicos y también los publican en forma de artículos en numerosas revistas científicas o sitios web reconocidos.

El **informe experimental** o **informe de investigación** es un documento muy preciso en el que el investigador comunica cuál fue el problema que dio origen a su trabajo, las preguntas que condujeron sus acciones, sus hipótesis. Detalla cómo diseñó los experimentos para poner a prueba sus ideas iniciales, con qué metodología trabajó, cuáles fueron los resultados obtenidos, el análisis de esos resultados, las conclusiones y las nuevas preguntas o líneas de investigación, si las hubiera, que se desprenden de su trabajo. Este registro tiene un propósito fundamental: permitir la reproducción y el conocimiento preciso de los procedimientos seguidos durante la actividad experimental. Además, en la historia de la ciencia, muchas investigaciones interesantes se originaron a partir de la lectura de materiales escritos por otros científicos. ¡Y esto continúa en la actualidad!

Además de los informes experimentales, los científicos pueden comunicar sus trabajos en:

- **Libros específicos**, que constituyen una herramienta importante de comunicación, que pueden ser impresos en papel o en formato digital.
- **Congresos científicos**, reuniones académicas en las cuales se discuten, difunden e intercambian conocimientos acerca de la ciencia.
- **Posters científicos**, que suelen presentarse en los congresos y son una forma concreta y gráfica de publicar experiencias de un grupo de investigación. Estos se imprimen o se suben a internet para que queden a disposición de la comunidad científica.
- **Videoconferencias**, realizadas a través de internet.



## Vale comprender

5. Suponé que sos el doctor Fleming y, en 1928, tenés que escribirle una carta a un colega para contarle los hallazgos en el laboratorio en relación con la penicilina. ¿Cómo lo harías?
6. Y si el doctor Fleming viviera en el siglo xxi, ¿cómo haría la comunicación? Proponé por lo menos dos posibilidades.

## LA DIVULGACIÓN CIENTÍFICA

¿Cómo comprenden los avances científicos las personas que no son especialistas? Aquí entra en juego la **divulgación científica**, que es el conjunto de acciones que se ponen en práctica a fin de extender los conocimientos de la comunidad científica a la comunidad en general. ¿Y por qué es importante divulgar estos avances? Estar en conocimiento de estos temas permite a la sociedad decidir sobre ellos. Imaginá que en tu barrio se produce un hallazgo geológico. Si los vecinos están informados sobre el tema y reconocen su importancia, es probable que den inicio a algunas acciones, como la preservación del espacio del hallazgo como patrimonio cultural.

¿Pero qué tipo de acciones implica la divulgación científica? Pueden ser muy diferentes, pero en todos los casos deben hacer de ese conocimiento algo accesible, expresado en un lenguaje sencillo, aunque ajustado.

En la actualidad se publican muchos libros de lectura amena que explican, con ejemplos cotidianos, conceptos científicos muy complejos. También se escriben en los periódicos notas o artículos de divulgación. Y, sobre todo, hay muchas páginas y blogs en internet dedicados a la divulgación de la ciencia. En estos casos, es de interés revisar que la información en ellos vertida haya sido obtenida de fuentes confiables.



© Ariel Skelley

Las videoconferencias permiten la comunicación entre científicos de distintas partes del mundo que trabajan en determinado tema de investigación.

## REALIZAR UN INFORME

- Mientras se realiza un trabajo experimental, se va anotando todo lo que sucede. Por ejemplo, este es el registro de los estudiantes de 2.º cuando hicieron una experiencia para saber si la temperatura influía en la actividad de la amilasa, una enzima digestiva. ¿Se te ocurre alguna manera de organizar estos datos en un informe?

En cuatro tubos de ensayo numerados pusimos: N.º 1, 2 ml de solución de almidón (se prepara con media cucharadita de almidón en un vaso de agua) y 3 gotas de lugol y lo dejamos a temperatura ambiente; N.º 2, 3 y 4, 2 ml de saliva y los colocamos en tres recipientes a 0 °C, 37 °C y 100 °C, respectivamente, durante 2 min. Luego, agregamos 5 ml de solución de almidón a cada uno y esperamos 5 min. Finalmente, sacamos los tubos de los recipientes y dispensamos 3 gotas de lugol en cada uno. Vimos que en el tubo N.º 1, que usamos como control, apareció color azul violáceo debido a que el almidón reaccionó con el lugol. En el tubo N.º 2 observamos un color celeste, seguramente porque la actividad enzimática fue muy baja a 0 °C. En el tubo N.º 3, el líquido permaneció transparente, lo que indica que la actividad enzimática fue muy buena a 37 °C y el almidón se degradó. Finalmente, en el tubo N.º 4 apareció nuevamente el color azul violáceo. Podríamos pensar que le pasó algo a la enzima a 100 °C y, por lo tanto, no actuó.



Cuando en la escuela realizamos actividades experimentales presentamos un informe a nuestros compañeros y a la comunidad de la escuela sobre lo realizado. El **informe experimental** permite organizar la información obtenida durante un trabajo experimental y en él se incluyen el análisis de los datos obtenidos y la comunicación de los resultados.

## HORA DE HACER CIENCIA



- Redactá un informe experimental sobre la experiencia relatada que incluya todas sus partes.
  - Comparalo con el de dos o tres de tus compañeros. ¿Encontrás similitudes y diferencias? ¿Te falta completar algo en tu informe?
  - ¿Te parece que los estudiantes de 2.º hicieron un buen registro de las observaciones? ¿Por qué?
  - ¿Para qué creés que utilizaron el tubo N.º 1? ¿Fue adecuado lo que registraron al respecto? Explicá.
  - Durante un trabajo experimental, ¿te parece útil usar tablets o teléfonos celulares para tomar fotografías, filmaciones, grabar los debates? ¿Por qué?
  - ¿De qué manera podrías compartir con la comunidad escolar el informe que realizaste?

**Elegí cómo resolver:**

- Artículo en una revista de ciencias de la escuela.
- Un blog.
- Un póster o mural expuesto en una feria de ciencias.

- Título:** refiere al tema de investigación.
- Introducción:** expresa los propósitos del trabajo y las hipótesis que lo guiaron.
- Diseño experimental:** incluye materiales e instrumental utilizado y el detalle del procedimiento, con las variables que intervienen.
- Resultados:** se detallan las observaciones cualitativas, las mediciones realizadas y qué se interpreta a partir de ellas.
- Conclusiones:** se analizan los resultados para verificar el cumplimiento o no de la hipótesis de trabajo. Pueden surgir nuevas preguntas e hipótesis.

# RESOLUCIÓN DE problemas

8. En grupos, lean esta situación y resuelvan:

Clara y Joaquín son dos estudiantes de 2º A y quieren determinar cómo crece la raíz del poroto haciendo mediciones diarias en una experiencia. Discuten entre ellos qué pasaría con la planta si se rompiera la punta de la raíz. Clara dice que la planta se muere, y Joaquín, que le va a salir otra raíz nueva. Luis, otro compañero, escucha la discusión y dice: "Depende de cuánto se rompa... y a lo mejor depende del tipo de semilla que esté germinando".

- a) ¿Cuál es el problema que se les presenta a los chicos?
  - b) ¿Qué hipótesis se formularon? ¿Qué hipótesis proponen ustedes? ¿Qué predicciones podrían hacer a partir de sus hipótesis?
  - c) ¿Cuáles serían las variables independientes y cuál sería la variable dependiente del experimento?
  - d) ¿Cómo diseñarían un experimento que pusiera a prueba esas hipótesis? Filmen o graben los debates que se den en su grupo.
  - e) Decidan el procedimiento y llévenlo a cabo. Filmen o tomen fotos.
  - f) Analicen los datos obtenidos y formulen sus conclusiones. ¿Tendrían que realizar cambios en el experimento original? Busquen información en libros o en la web para ampliar las explicaciones de los datos obtenidos.
  - g) Realicen un informe escrito sobre el trabajo, pero discutan previamente cuáles son las cuestiones que se tienen que comunicar, para presentar en una revista científica escolar.
9. Con todo el material filmado y las fotos obtenidas realicen una presentación en PowerPoint o Prezi para presentar en un congreso de ciencia escolar en el que se comunican los trabajos experimentales realizados en el aula.



## LOS MODELOS CIENTÍFICOS

En nuestra vida cotidiana utilizamos modelos para responder a diferentes necesidades. Por ejemplo, le hacemos un croquis a un amigo para explicarle cómo llegar a nuestra casa o utilizamos un mapa de papel o un mapa digital del GPS para llegar a un destino determinado. El arquitecto hace un plano o nos presenta una maqueta de nuestra futura casa. En todos estos casos recurrimos a una simplificación de la realidad. Tomamos algunos elementos de esa realidad que queremos representar y dejamos otros. Este proceso se llama modelización y su producto, modelo.

Una de las características propias de las ciencias es la modelización. Para interpretar la realidad, las ciencias construyen modelos que, lejos de proponerse representarla "tal cual es", surgen de las ideas científicas aceptadas en un momento determinado y se ajustan a las necesidades de estudio del investigador.

**La modelización es una actividad propia del quehacer científico.** El concepto de modelo refiere a una representación esquemática y simplificada de la realidad, de manera que resulte más comprensible. La realidad no es evidente, sino que está mediada por nuestros esquemas mentales y, en este sentido, se recurre a un mecanismo de simplificación mediante el cual se conservan las partes y las relaciones que se consideren importantes.

Pero para que cumplan con esta función, los modelos científicos deben permitirnos operar sobre ellos y que se obtengan datos que sean coincidentes con los fenómenos que modelizan.

Por ello, aunque no son la realidad en sí misma, un modelo científico permite realizar anticipaciones y predicciones que se corresponden con los fenómenos que se observan en la realidad.

Un modelo es más o menos...

... **realista**, según el grado de correspondencia con la realidad.

... **preciso**, según el grado de concordancia entre lo que puede predecir y lo observado.

... **general**, según la cantidad de fenómenos al que se aplica.

Para modelizar se recurre a prototipos, maquetas, diagramas, representaciones visuales, hoy también mediadas por computadoras, que facilitan la descripción de diversos fenómenos. Cada tipo de modelo responde a una necesidad.

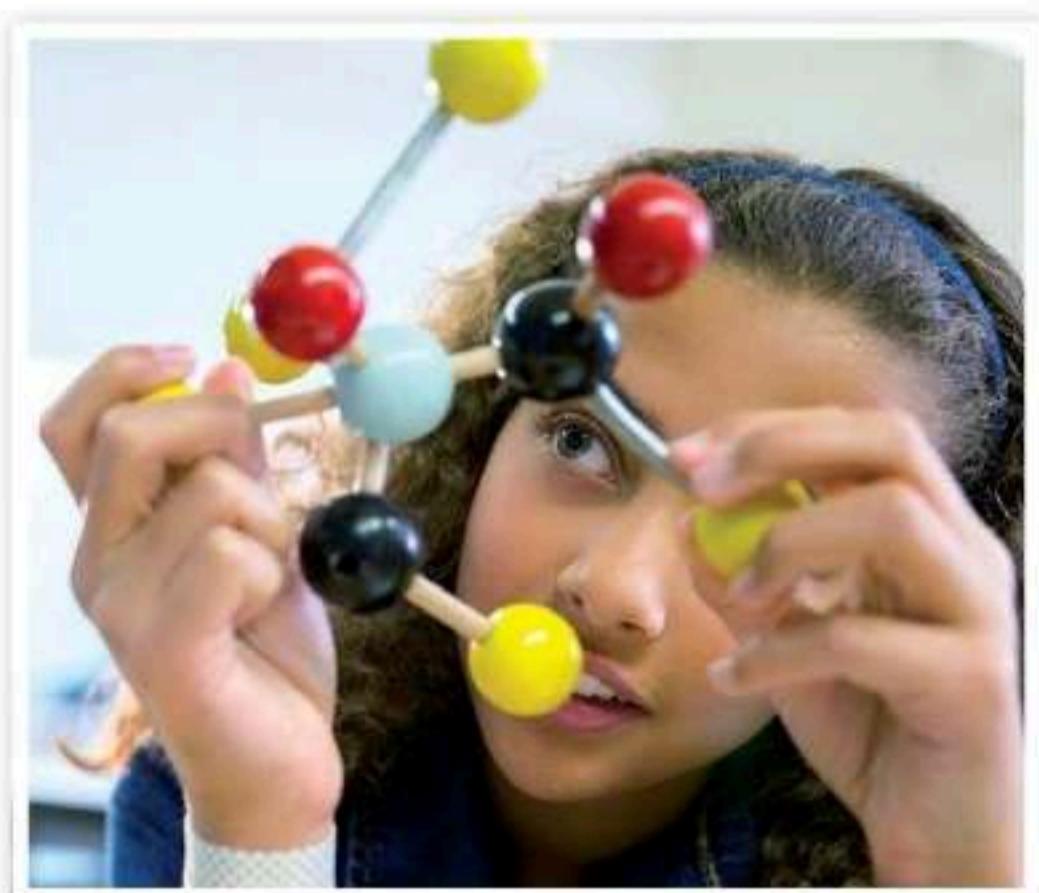
Se pueden construir modelos ampliados de objetos muy pequeños, por ejemplo, analizar cómo está constituida una molécula de agua utilizando esferas para representar los átomos y barras para representar los enlaces entre átomos, y modelos reducidos de grandes objetos, por ejemplo, realizar una maqueta del Sistema Solar con alambres y esferas de diferentes tamaños.

Los modelos toman algunas características de la realidad y dejan de lado otras. Y estos aspectos de la modelización deben hacerse explícitos. La construcción de los modelos está atravesada por las ideas y los conocimientos de quien los construye, y evolucionan con estas ideas. Esta característica se puede observar en la evolución de modelos a lo largo de la historia de la producción del conocimiento científico (modelo atómico, modelo de acción enzimática, entre otros).

**Los modelos deben ser aceptados por la comunidad científica, no son definitivos, cambian con el tiempo, se actualizan o se descartan.**

En la actualidad, muchos modelos científicos se implementan mediante simulaciones. Una **simulación** es la representación de un proceso o fenómeno mediante otro más simple, generalmente mediado por computadoras. Permite reproducir la evolución del fenómeno y observar su comportamiento. Estas están muy difundidas, ya que, a diferencia de muchos experimentos, son menos costosas y pueden repetirse infinitas veces en tiempos relativamente cortos.

Un ejemplo en la Argentina: especialistas del Conicet y la Universidad Nacional del Sur, el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) y la Universidad Tecnológica Nacional (UTN), delegación Bahía Blanca, diseñaron una herramienta que elabora predicciones para la toma de decisiones en el sector agropecuario. Está construida a partir de una combinación de modelos meteorológicos aplicados al sudoeste bonaerense y un modelo de simulación ganadero local. Con ella se generaron escenarios climáticos futuros a escala mensual en esta región para el periodo 2010-2050.



El **modelo de bolas y varillas** suele usarse para representar las moléculas. Cada color de esfera representa un tipo de átomos, y las varillas, las uniones entre ellos.

## Evaluadlos

**10.** Realizá una lista con los conceptos clave del capítulo y definilos con tus palabras.

- Intercambiá tu lista con la de una compañera o un compañero.
- Debatan entre ustedes sobre las semejanzas y diferencias de la lista y las definiciones y acuerden una lista y definiciones únicas. Con el listado ajustado, realicen un glosario del capítulo.

**11.** A partir del glosario preparen un mapa conceptual. Pueden utilizar el programa gratuito Cmap Tools, que les permite incluir fotos, videos, etc. También pueden usar el programa gratuito Coggle.



Buscalos en el

**Espacio TIC**



# 1

# LOS SERES VIVOS y el ancestro común



▲ Pinturas rupestres en la gruta de Lascaux, Francia.

Esta forma de representar la biodiversidad ha permitido reconstruir parte de la historia de la vida sobre el planeta.

## EL ORIGEN DE LA BIODIVERSIDAD

En la actualidad sabemos que la diversidad de seres vivos o **biodiversidad** es enorme. Pero ¿cómo se originó tal variedad de formas de vida? ¿Siempre existieron sobre la Tierra? Para responder estas preguntas hagamos un poco de historia...

La idea que prevaleció durante siglos fue la de que todos los seres vivos son el resultado de la creación divina. Así, el **creacionismo**, con base en diferentes religiones, adjudica al poder de Dios la fuerza creadora del Universo. Para los creacionistas, los seres vivos permanecen tal cual, inmutables (sin cambios) a lo largo del tiempo. Esta postura, llamada **fijismo**, formó parte de las ideas predominantes durante aproximadamente veinte siglos, desde la época de los filósofos griegos hasta mediados del siglo xix. Pero eso no explicaba la existencia de restos de seres vivos extintos y que no aparecían en los relatos ni en los dibujos antiguos.

El paleontólogo francés Georges Cuvier, ferviente creacionista, propuso en el siglo xix la **teoría del catastrofismo**, según la cual ciertas especies habían desaparecido luego de catástrofes como el Diluvio Universal, y habían sido reemplazadas por otras. Pero se necesitaban un montón de catástrofes y posteriores nuevas creaciones divinas para justificar la biodiversidad extinta y la actual. Surgió así la idea de que los organismos pueden cambiar a lo largo del tiempo y, para ello, el estudio de los fósiles fue fundamental, como veremos a continuación.

“

A menudo se encuentran partes considerables de esqueletos, y aun esqueletos enteros, todos cuyos huesos están en su respectivo lugar, tan perfectamente articulados como si el animal acabara de morir”.

Florentino Ameghino (1854-1911).

Paleontólogo argentino nacido en Luján, provincia de Buenos Aires.



© Andrew Howie

## LOS FÓSILES

Desde hace algunos siglos, al realizar excavaciones para buscar minerales o construir caminos, casas o puentes, se observaba que muchas rocas se presentaban en capas. A veces, "atrapados" entre las rocas, aparecían fragmentos con formas extrañas, parecidos a partes de seres vivos. Se los llamó **fósiles** (palabra que viene del latín *fossilis*, que significa "extraído de la tierra"). Durante años se los colecciónó como rarezas de la naturaleza. ¿La explicación? Se pensaba que el viento o el agua habían tallado la piedra caprichosamente hasta darles esa forma semejante a "algo" viviente. Pero, a medida que

se encontraban más fósiles, los científicos comenzaron a pensar que tal vez eran partes de seres vivos que de alguna manera se habían transformado en roca.

¿Cómo se define un fósil? Se considera fósil a **cualquier resto o evidencia** de un organismo que vivió en épocas pasadas y que se ha conservado de alguna manera. En general, se trata de las partes duras, como los huesos o los dientes, pero también se encuentran hojas, troncos, semillas, piel e incluso bacterias fosilizadas. Pero ¿por qué hablamos de "evidencias"? Porque se incluye también cualquier rastro que permita inferir la presencia de un ser vivo, como excrementos, restos de nidos o de huevos, huellas de pisadas, etcétera.

## FORMAS DE FOSILIZACIÓN

**A**unque sean noticia a menudo, los científicos dicen que menos del 1% de los organismos se fosilizan. ¿Cómo ocurre este proceso? Existen distintas formas de fosilización.



© Jeff Coulden

### Petrificación

En muy pocos casos, el material de las partes duras es reemplazado muy lentamente por partículas minerales del suelo mediante un proceso de formación de piedra o petrificación. ¡Por eso los huesos fósiles son mucho más pesados!



### Inclusiones

Los fósiles menos frecuentes son las inclusiones: tejidos que quedan dentro de sustancias que los aislan y evitan su descomposición. Es el caso de los insectos y las arañas atrapados en ámbar, una resina fósil.



### Impresión

En el caso de las **imprimitas**, las hojas, por ejemplo, se imprimen en los sedimentos y dejan una huella, al igual que las pisadas de los animales.

### Moldes

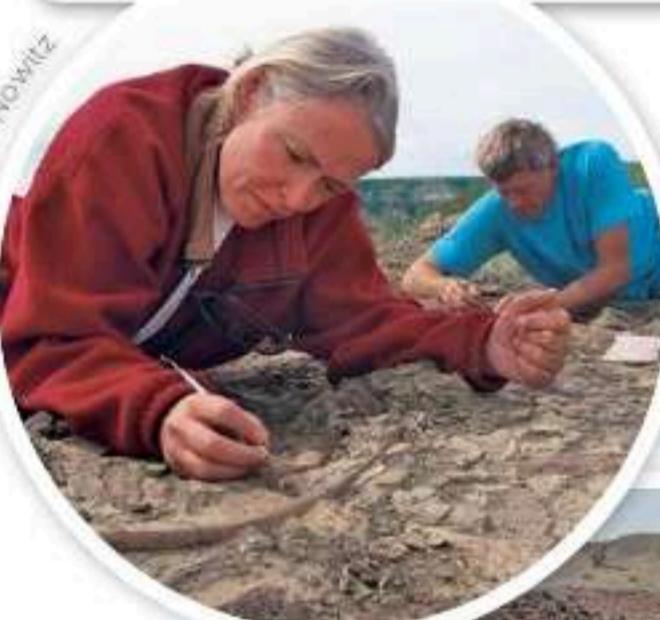
Los troncos o caparazones (como el de este trilobites) se entierran y, al destruirse la parte blanda, el sedimento los rellena formando un molde.



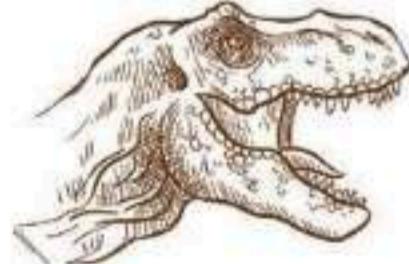
# EL ESTUDIO DE LOS FÓSILES

Los paleontólogos son los científicos que estudian los fósiles y, a partir de ellos, las relaciones entre los seres vivos y los ambientes que habitaban.

La mayoría de los fósiles encontrados no están completos. Por lo tanto, para armarlos se reconstruyen las partes faltantes como si se armara un rompecabezas.



Para trasladar los fósiles sin que se quiebren, las piezas encontradas se envuelven con papel húmedo y luego se recubren con yeso.



© Vernon Adams

1



2



4

Ya en el laboratorio, los paleontólogos terminan de limpiar los restos fósiles encontrados. Para estudiarlos, les realizan pruebas químicas que sirven para averiguar su antigüedad y los comparan con otros para identificar a qué grupo de organismos pertenecieron.

## ¿QUÉ INFORMACIÓN SE OBTIENE DE LOS FÓSILES?

- LOS FÓSILES ENCONTRADOS MÁS CERCA DE LA SUPERFICIE TERRESTRE PERTENECEN A SERES MÁS COMPLEJOS.
- LA MEDIDA DE LAS VÉRTEBRAS Y DE LAS HUELLAS DE LAS PISADAS PERMITE CALCULAR EL TAMAÑO Y EL PESO CORPORAL DE UN ANIMAL.
- LOS MOLDES DE TRONCOS Y LAS IMPRINTAS DE HOJAS PERMITEN INFERIR QUE EXISTIERON PLANTAS GIGANTES.
- LA DISTRIBUCIÓN DE LOS HUEVOS PERMITE DEDUCIR CÓMO ERA EL CUIDADO DE LA CRÍA.
- EL ANÁLISIS DE LOS COPROLITOS (EXCREMENTOS PETRIFICADOS) APORTA DATOS SOBRE EL TIPO DE DIETA: RESTOS DE HOJAS Y SEMILLAS PARA LOS HERBÍVOROS, Y TROZOS DE HUESOS, ESCAMAS Y DIENTES PARA LOS CARNÍVOROS.



## Vale comprender

- a) Explicá con tus palabras lo que interpretás al leer el título de esta página. ¿Coincide con lo que finalmente leiste?  
b) Resaltá la información que consideres más relevante de los textos que acompañan las imágenes. Luego, reescribi esa información en forma de listado.

# TODO **g**una empezó **o** pregunta



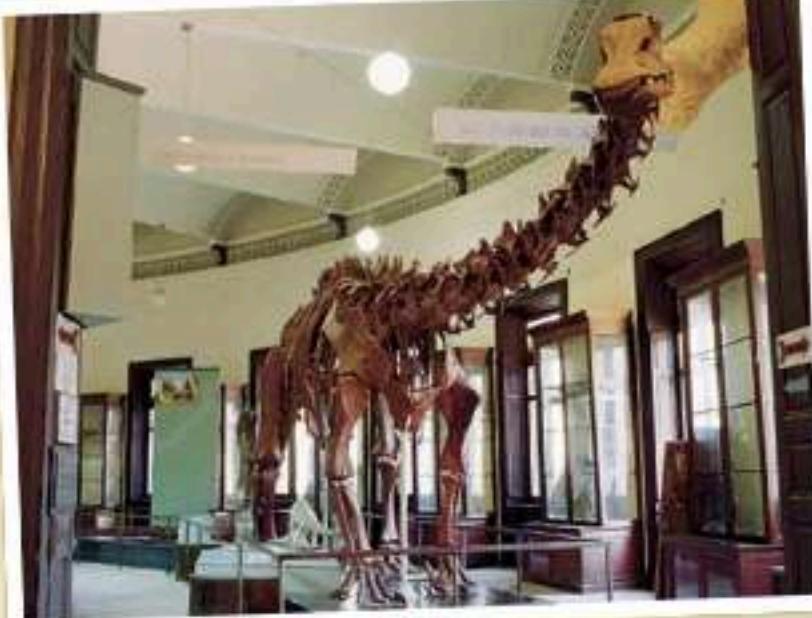
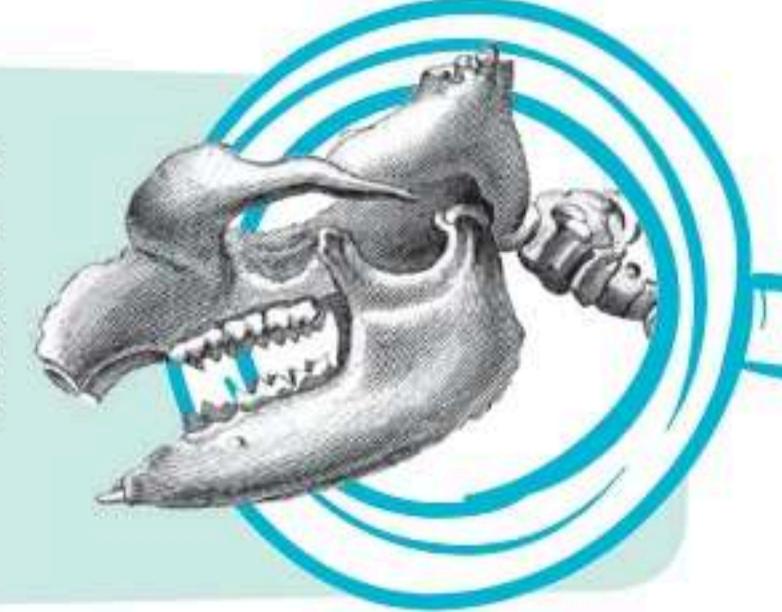
Por qué en un lugar  
hay restos de animales  
que no se ven vivos



Esta fue una de las preguntas que Florentino Ameghino se hizo cuando era chico y paseaba por las orillas del río Luján. Y no solo eso, enseguida trató de buscar explicaciones. Durante su adolescencia se ganó el apodo de "el loco de los huesos". ¿Por qué será? Porque tenía la extraña costumbre de buscarlos todo el tiempo. No se trataba de un chico adinerado. Realizó sus primeras exploraciones en una profunda situación de pobreza. Sin embargo, como era buen alumno, a los diecisésis años se convirtió en preceptor de la escuela municipal de Mercedes. ¡Y hasta llegó a ser director!



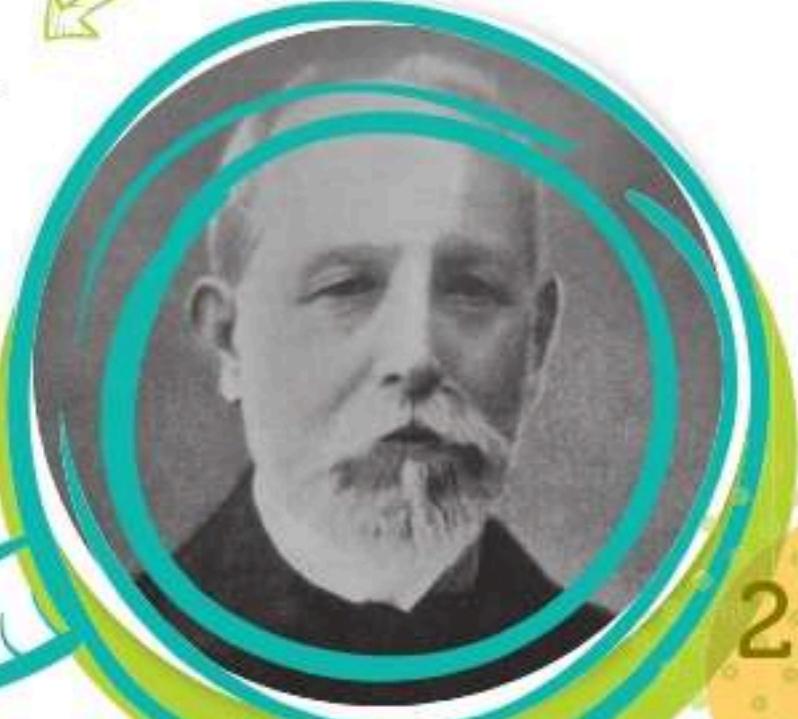
Siempre guiado por sus incansables preguntas, continuó con sus exploraciones, y a los 20 años... ¡encontró restos fósiles completos de un mastodonte! Esto le permitió publicar su trabajo en revistas y exposiciones. En 1878, con 24 años, tuvo la oportunidad de ir a Europa. Una vez en París, exhibió su colección de fósiles y, con ella, asombró a todos.



Regresó al país tres años más tarde. A pesar de su fama, no fue recibido con aplausos, sino todo lo contrario, ya que se encontró con que había sido removido de su cargo docente en Mercedes. Sin trabajo, con el dinero que traía ahorrado abrió su propio negocio: una librería. Continuó reuniendo materiales y escribiendo textos relacionados con la biología y la evolución. Poco a poco se fue haciendo más conocido, y las universidades y los museos comenzaron a solicitarlo como investigador y docente. En 1884 se creó el Museo de La Plata y fue designado subdirector. Como era de esperar, aportó su colección al nuevo museo.



En 1902, la Universidad de La Plata decidió ofrecerle una cátedra de Geología. Poco después se lo nombró director del Museo Nacional de Historia Natural de Buenos Aires. Durante los nueve años en que desempeñó ese cargo, ingresaron al museo 71.000 objetos y se publicaron muchísimas revistas científicas en las que colaboraron los investigadores más distinguidos de la época, tanto argentinos como de otros países. Aún sorprende la cantidad de publicaciones y hallazgos de este bonaerense que murió en La Plata en 1911.



# LOS FÓSILES Y LA EDAD DE LA TIERRA

Ya en 1669, el científico danés Nicolás Steno postuló que las capas o **estratos** inferiores de las rocas que forman la superficie terrestre tenían que ser más antiguos que los estratos superiores debido al proceso de formación de rocas sedimentarias, en el que cada capa de sedimentos va quedando cubierta por una capa nueva.

En 1791, William Smith, un agrimensor inglés, se dio cuenta de que ciertos fósiles se encontraban siempre en las mismas capas de roca, es decir, tenían igual antigüedad. Dado que las capas inferiores se habían formado antes que las superiores, los fósiles encontrados más abajo eran más antiguos que los que estaban más arriba. Además, cuanto mayor era la profundidad del estrato y, por lo tanto, su antigüedad, los fósiles eran más simples. Los más "modernos", en cambio, eran más complejos y más parecidos a las formas actuales. Con estos datos, los científicos concluyeron que **los fósiles pertenecían a grupos de seres vivos que se habían extinguido**.

Ahora bien, hasta el siglo XVIII, la mayoría de los científicos creía que la Tierra tenía pocos miles de años. Según la Biblia, habían transcurrido alrededor de 6.000 años desde la creación. Pero los fósiles hallados, que correspondían a seres vivos extintos que no aparecían en los relatos ni en los registros de la humanidad, ¿de qué épocas provenían? Dado que los cambios, tanto geológicos como en los seres vivos, requieren tiempo, la cuestión de la edad de la Tierra era central. Los geólogos fueron quienes dieron las primeras respuestas sobre la verdadera edad del planeta.

Años antes de que Cuvier propusiera el catastrofismo, el geólogo escocés James Hutton postuló que la superficie de la Tierra es moldeada siempre por los mismos agentes (el viento, el agua y los cambios de temperatura), pero no se da a través de hechos repentinos y violentos como las catástrofes, sino por **procesos lentos y graduales**. Esto no fue aceptado en su momento, porque para que la acción de esos factores modificara la superficie terrestre se requería que la Tierra tuviera una antigüedad mucho mayor que los miles de años estimados hasta ese momento. En 1830, Charles Lyell, otro geólogo escocés,

aportó nuevas pruebas a favor de que la Tierra era mucho más antigua, y de que por lo tanto había transcurrido el tiempo necesario para el cambio de los seres vivos que sugerían los fósiles.

En la actualidad, los científicos estiman que nuestro planeta tiene una antigüedad de **4.600 millones de años**, tiempo suficiente para pensar en un largo proceso de evolución o cambios de las formas de vida.



En general, un fósil encontrado en un estrato inferior de la roca es más antiguo que uno hallado más cerca de la superficie.

## Vale comprender

- Releé el texto de esta página. A continuación, marcá la respuesta correcta.
  - La opinión de Cuvier coincidía con la de Lyell.
  - Hutton y Lyell estimaron que la edad de la Tierra era mayor a 6.000 años.
  - Solamente Lyell consideraba que la edad de la Tierra superaba los 6.000 años.

## OBSERVAR Y REGISTRAR

- En estas dos situaciones hay personas observando fósiles. ¿Qué diferencias encontrás entre ambas?
- ¿Qué hacen los científicos cuando observan algo? ¿De qué manera comunican a sus pares los resultados de sus observaciones?



La **observación** es un modo sencillo de conocer que depende de cada persona, de los conocimientos previos que posea y del intercambio de ideas, opiniones y datos que realice con otros. Cuando realizamos una observación "con ojos científicos", debemos seleccionar aquello que es relevante para el tema que investigamos y dejar de lado lo que no lo es.

El **registro** de lo que se observa depende, claro está, de lo que se está observando: un fósil, un conjunto de animales, una gota de agua en el microscopio, una estrella... Se pueden tomar notas, hacer dibujos –a mano o en una compu–, filmar, tomar fotografías, etc. Este registro y su posterior interpretación son tan importantes como la propia observación.



## HORA DE HACER CIENCIA



- En grupo, pónganse en "modo científico" y ubiquen un lugar cercano (parque, campo o terreno) donde buscar rastros de seres vivos: plumas, huellas, pelos, etc. Van a necesitar un anotador y una cámara de fotos. ¿La tarea? Observar con ojos científicos y registrar todo lo observado. Como tienen que presentarlo (comunicarlo) en clase, elijan primero la forma que les resulte más apropiada.

### Elian cómo resolver:

- Tomar notas y hacer dibujos para hacer y presentar "La libreta del naturalista".
- Tomar notas y sacar fotos para hacer y presentar un afiche (en papel o virtual) con la galería de imágenes y sus correspondientes descripciones.
- Tomar notas y filmar (o registrar sonidos) para hacer y presentar un video.

### Actividades en el lugar:

- Recorran el terreno observando sin alterar las huellas.
- Tomen nota del lugar donde encuentran cada rastro o huella.
- Observen con atención la tierra fresca y la seca; también debajo de las hojas y las piedras.
- Traten de identificar a qué especies pueden corresponder las distintas huellas y rastros. Ayúdense buscando imágenes en internet, y analizando cuáles son las especies que habitan y habitaron la zona explorada.

# EVIDENCIAS DEL CAMBIO EN LOS SERES VIVOS

Aunque el creacionismo y el fijismo fueron las ideas predominantes durante alrededor de 2.000 años, existieron muchos científicos con ideas evolucionistas. Los pensadores griegos Anaximandro y Empédocles, en el siglo IV a.C., ya habían planteado que los seres vivos cambiaban de formas simples a otras más complejas. Recién luego de 1.500 años, con las expediciones transoceánicas que llevaron naturalistas a distintas partes del mundo, se recolectaron piezas de estudio que sirvieron como primeras evidencias del cambio en los seres vivos. El primer paso hacia la teoría evolutiva actual fue aceptar la posibilidad de que, luego de la creación, las especies podían cambiar, postura que se conoce como transformismo. Si bien esto fue un avance frente al fijismo, no planteaba relación entre la evolución de diferentes especies, sino que cada una seguía su camino de transformación y requería un evento de creación u origen único.

A partir de mediados del siglo XIX, se impuso como una nueva corriente de pensamiento el evolucionismo, que proponía que las especies cambiaban a lo largo del tiempo a partir de un ancestro común.

Las teorías permiten construir una aproximación de la realidad y explicar un conjunto de hechos experimentales o evidencias. Pero también, una teoría hace posible predecir el resultado de nuevas investigaciones. Es decir que tiene, a la vez, un fin explicativo y otro predictivo.

Empezaron así a considerarse ciertas evidencias. ¿A qué nos referimos? A las pruebas científicas o evidencias que avalan una teoría. Por ejemplo, los fósiles son una evidencia de la evolución. Pero hay muchas otras, como verás a continuación.

## EL ANÁLISIS DEL REGISTRO FÓSIL

El análisis de los restos fósiles no solo reveló que en el pasado existieron diferentes seres vivos en distintas épocas, también se hizo evidente que a lo largo del tiempo habían aumentado tanto la diversidad como la complejidad de los organismos de nuestro planeta.

En ocasiones, algunos fósiles tenían características de distintos grupos de organismos y parecían representar formas intermedias entre ambos. A partir del análisis de estas semejanzas y diferencias, los científicos empezaron a pensar que tal vez los seres cuyos fósiles se encontraban en las capas más profundas y antiguas de roca se habían "transformado" en otros cuyos fósiles similares, pero no idénticos, aparecían en las capas de roca recientes. Es decir que las especies actuales habían evolucionado a partir de otras existentes en el pasado.



En 1861, en el sur de Alemania, se halló un fósil que podría haber sido el antecesor de las aves actuales: *Archaeopteryx*, cuya antigüedad se calcula en 150 millones de años. Sus similitudes con las aves actuales son, fundamentalmente, la presencia de plumas y de pico, además de las dos patas.



## LA DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA

Los fósiles de las especies animales de América del Sur de hace un millón de años muestran un gran parecido con especies actuales, pero no con los fósiles de la misma época en Europa o África. En la región pampeana, por ejemplo, la mulita es una especie actual que apenas llega a los 50 cm de largo, y entre los fósiles de esta misma zona se encuentra un animal muy parecido, aunque más grande, la especie *Propraopus grandis*, que habitó hasta hace aproximadamente 10.000 años. ¿Cómo se pueden explicar estas distribuciones de organismos que parecen un tanto caprichosas? Una posible explicación sería que los organismos presentes en un sitio en un determinado momento son descendientes con modificaciones de los organismos que habitaron ese mismo sitio con anterioridad. Volvemos así a la idea del ancestro común.

## LA ANATOMÍA COMPARADA

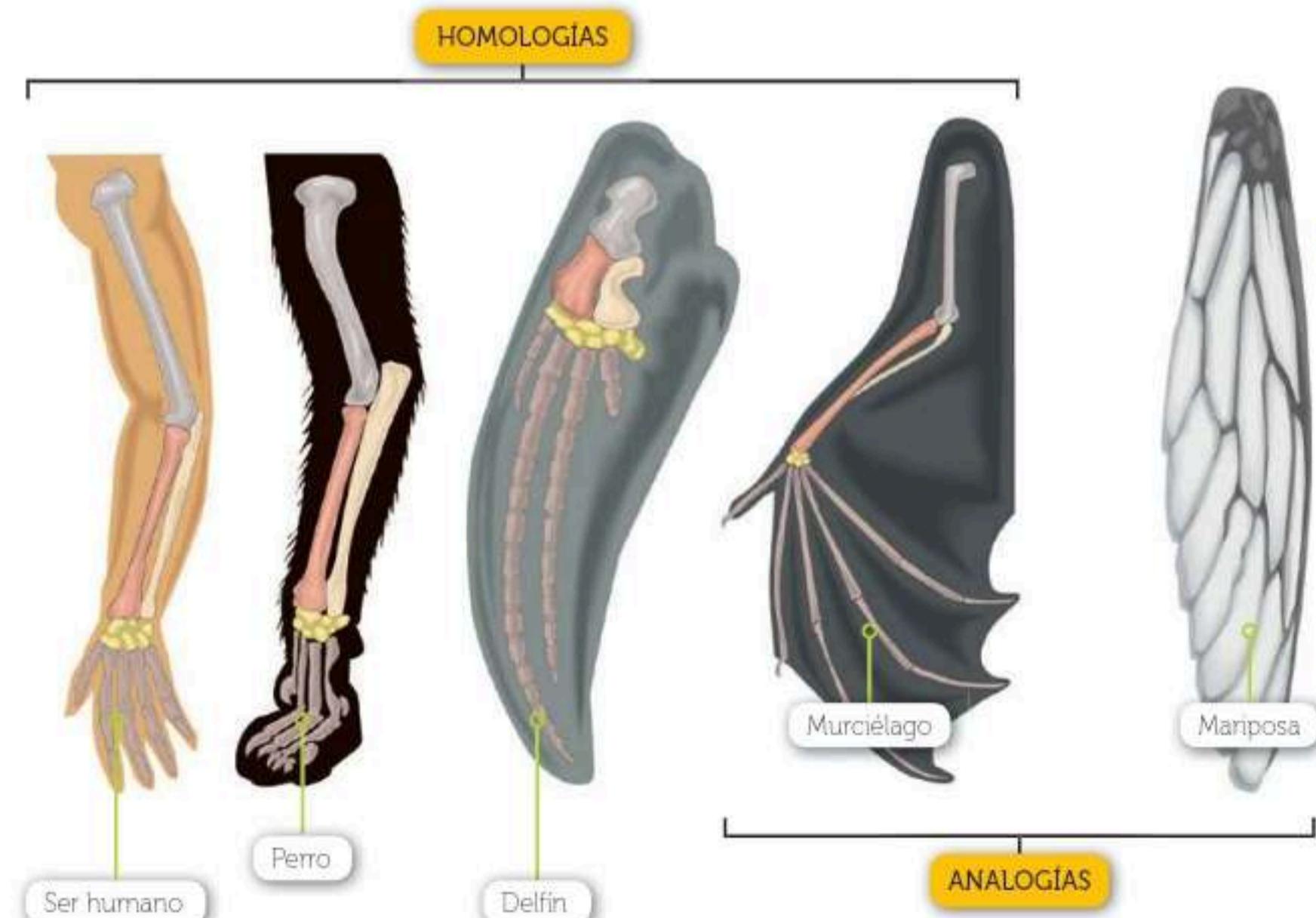
Los estudios de **anatomía comparada** de diferentes tipos de animales por científicos de la época, como George Cuvier, revelaron resultados sorprendentes que trajeron aparejadas numerosas preguntas. Por ejemplo, al comparar las extremidades de los animales vertebrados de cuatro patas (los tetrápodos), encontraron que en todos ellos los huesos eran los mismos, aunque diferían en el tamaño y en el grado de desarrollo. ¿Cómo podía explicarse esto si estas estructuras poseen propiedades

y funciones tan distintas? Más aún, en algunos organismos vertebrados que no poseen extremidades, como las serpientes, los estudios de anatomía mostraban que tenían vestigios de huesos propios de las extremidades.

Estas características que comparten distintos organismos actuales pueden ser explicadas por medio del evolucionismo. Esta postura que, como veremos, pasó a ser una teoría ampliamente aceptada, plantea la posibilidad de cambio para organismos diferentes, pero a partir de un ancestro común. Esto explicaría el caso de las similitudes anatómicas en los tetrápodos, ya sea en adultos o, como veremos, en embriones. Sería como pensar las especies como primos hermanos: personas diferentes que sin embargo comparten cosas, ya que tienen abuelos en común. Y lo más importante: logra explicar la diversidad de seres vivos a lo largo del tiempo.

Actualmente, los biólogos denominan **homología** a una similitud estructural entre dos organismos debido a la existencia de un ancestro común. Es el caso de los huesos en las extremidades de aves y ballenas o, como veremos, las semejanzas de los embriones.

Pero no todas las similitudes entre organismos son homologías. Por ejemplo, muchos tipos de insectos poseen alas, pero estas y las de las aves no tienen el mismo origen, aunque si la misma función. Lo mismo ocurre con las aletas de los peces y las aletas de los delfines. A estas similitudes en la función sin compartir un origen común se las llama **analogías**.



En esta imagen se observan cuatro órganos homólogos (extremidades de mamíferos) y dos análogos (alas de mamífero e insecto).

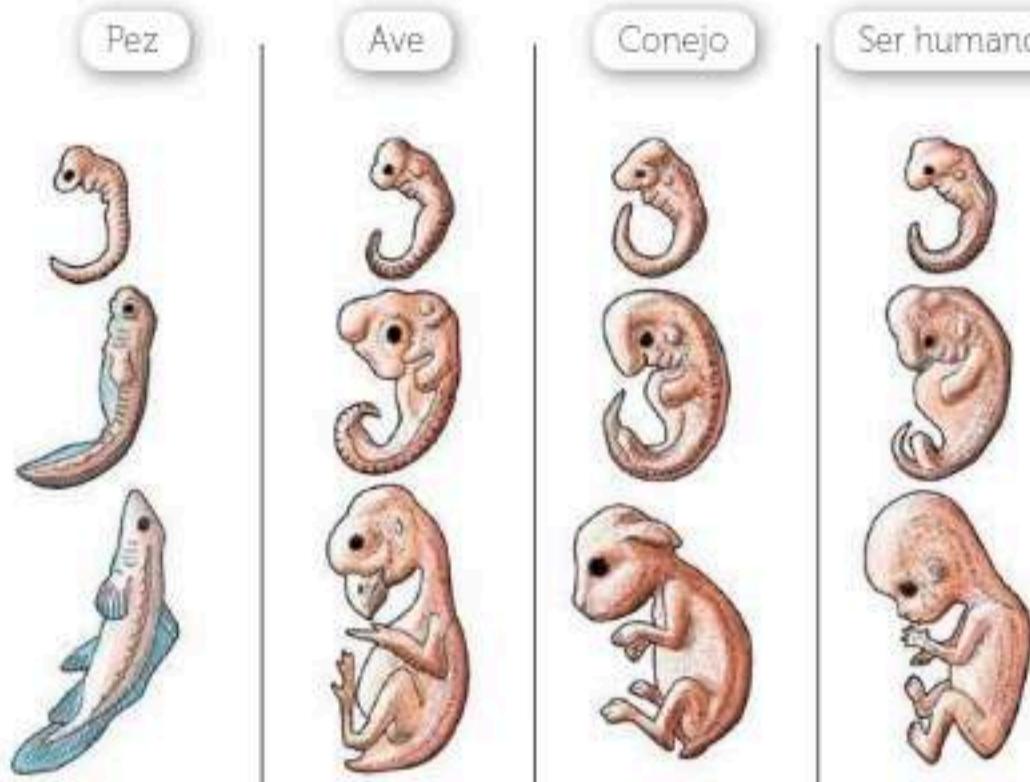
## LA EMBRIOLOGÍA

Otra de las evidencias provino de la comparación de los embriones de distintos animales. A principios del siglo xix, el embriólogo estonio Karl von Baer observó que en las etapas iniciales de gestación algunos vertebrados, como los peces, las tortugas, las aves, los conejos, los ratones y los seres humanos, presentan muchas semejanzas. Es más, ¡se hace muy difícil distinguir cuál es cuál! Todos estos embriones tienen cola y unas estructuras llamadas sacos branquiales. Al continuar el desarrollo, los únicos que llegan a poseer branquias (órganos respiratorios) son los peces, y solo se conserva alguna forma de cola en los ratones, las tortugas y los peces.

## EL MATERIAL GENÉTICO

Cuando a fines del siglo xix comenzaron a aceptarse las ideas evolucionistas, no se sabía nada de la existencia del ADN, la molécula biológica que contiene la información genética y que determina las características de cada organismo. El descubrimiento de la estructura del ADN se produjo a mediados del siglo xx, y actualmente su análisis es la evidencia más detallada y convincente a favor de la evolución biológica.

¿Cómo hacían antes de que se utilizara la comparación del material genético? Como vimos, la única forma de establecer similitudes y diferencias entre los seres vi-



Los embriones de estos vertebrados son muy similares en los estadios tempranos de desarrollo, pero luego comienzan a diferenciarse, hasta llegar a ser muy distintos en sus estadios posteriores.

vos era sobre la base de sus características anatómicas. Tené en cuenta que cuando se trata de fósiles es muy poco probable encontrar ADN, ya que, como vimos en la página 21, los huesos están petrificados. Pero recientemente, en la helada Siberia, en el norte de Rusia, se encontró a Lyuba, una cría de mamut congelada de 42.000 años de antigüedad en un asombroso estado de conservación. ¡Y los científicos tuvieron ADN para analizar!



© Ruth Hartnup

Lyuba, cuyo nombre significa "amor" en ruso, está considerado el ejemplar de mamut mejor conservado y más completo conocido.



Las pruebas genéticas indican que el ADN del mamut tiene más del 98% de similitud con el de los elefantes africanos actuales.



### Vale comprender

4. Probá reemplazar el verbo evolucionar por otra palabra en este texto. ¿Cuál usarias? Escribi una frase en la que la apliques.
5. Vinculá en una oración las dos fotos de la página utilizando la palabra evolución.

# RESOLUCIÓN DE problemas

6. Martín vive en Junín, provincia de Buenos Aires. Es ingeniero civil y se encuentra trabajando en la obra de ampliación de una ruta provincial que llega a la ciudad. Al iniciar el proyecto, investigó mucho sobre la zona y así fue como encontró esta noticia en el diario local.
7. Un amigo fanático de la paleontología te cuenta que encontró en la playa un fósil molde, parecido al ammonites que se observa en esta página. Para él, los ammonites son los antepasados de las medusas o aguas vivas. ¿Qué tipo de estudios científicos creés que se podrían hacer para comprobarlo? Te damos algunas pistas. Justificá, para cada estudio, por qué serían adecuados o inadecuados

- a) Comparar el material genético de las medusas con el del fósil.
- b) Determinar la edad de la roca en la cual está incrustado el fósil.
- c) Investigar la historia evolutiva de las medusas.

8. Resolver los problemas de esta página:

- Son un buen desafío para detectar cuánto entendiste.
- No son un problema para vos.
- No los entendés y preferís no hacerlos.



## YA SE ENCONTRARON MÁS DE 200 RESTOS FÓSILES EN JUNÍN

Luego de la bajante del curso de agua tras las inundaciones registradas en 2017, en la cuenca del río Salado, en el suelo de Junín fueron halladas recientemente más de 200 piezas fósiles pertenecientes a animales que habitaron el suelo bonaerense hace 10 mil años.

Se trata de partes óseas mineralizadas de la megafauna que habitó la región, como los gliptodontes, los tigres "dientes de sable", las macrauchenias, los perezosos gigantes como el megaterio, el Stegomastodon (elefante de las pampas), el Equus Neogeus (parente del caballo actual) y el Toxodon, entre varios otros.

Fuente: diario Democracia, 4/3/2018 (<https://bit.ly/2OlzY88>).

Imaginate por un momento que sos Martín y, después de leer la noticia, te das cuenta de que tenés que considerar la posibilidad de encontrar restos fósiles durante las excavaciones.

Investigás antecedentes de este tipo de hallazgos en la zona y consultás, además, con personas que hayan participado de alguno de ellos.

- a) ¿Qué tendrías en cuenta para reconocer que un resto efectivamente es un fósil?
- b) Decidí a qué profesional deberías consultar en caso de ocurrir un hallazgo como este. ¿Cuáles son las tareas que llevaría a cabo?
- c) Finalmente, si con tu equipo de trabajo encuentran restos fósiles, ¿cómo podrías determinar la antigüedad del estrato rocoso?



# EL ANCESTRO COMÚN

Hasta acá hemos mencionado que las evidencias de cambio en el tiempo indican que todas las especies derivan de un ancestro común. ¿A qué nos referimos? Veamos...

Si te preguntan por tus antepasados, ¿en quiénes pensás? La verdad es que todos tenemos muchos. Los más cercanos son los padres, y luego, los abuelos. Pero también son antepasados los padres y los abuelos de los abuelos. Al compararnos con todos ellos, puede ser que nos veamos parecidos a nuestros padres, y un poco a nuestros abuelos, pero, a medida que vamos más atrás en el tiempo, tal vez encontraremos menos semejanzas con otros parientes.

Verás que con tus primos comparten algunos antepasados: ¡una pareja de abuelos, claro! Cuando un antepasado es compartido, hablamos de un **antecesor o ancestro común**.

Ahora bien, si en lugar de hablar de familias humanas nos referimos a las especies en general, pasa lo mismo, solo que el tiempo necesario para que se vean los cambios es mucho mayor, a veces, ¡de cientos o miles de

años! ¿Y de qué clase de cambios hablamos? De los que permiten diferenciar especies o grupos de organismos.

En tu familia o en la del vecino, los antecesores son otros seres humanos. ¿Podrías encontrar un ancestro diferente? Si, claro, pero tendrías que ir varios millones de años atrás, y hallarías algunos tan diferentes que ya pertenecerían a una especie distinta.

Los seres humanos somos mamíferos del orden de los **primates**, en el que se incluye a los monos, como el tití o el mandril, y los llamados **antropomorfos**, que significa "con forma humana", como el gorila o el chimpancé, que son nuestros parientes cercanos. ¿Eso significa que descendemos de ellos?

Para nada, pero nuestras similitudes indican que compartimos un antecesor común bastante reciente. Mucho tiempo después de que "nos sepáramos" de los antropomorfos, hace aproximadamente cuatro millones de años, apareció **el primer homínido sobre la Tierra**, del que surgieron, a través de un largo proceso evolutivo, distintas especies, todas actualmente extinguidas, y solo quedamos nosotros: los seres humanos u *Homo sapiens*.

A partir de las evidencias anatómicas, embriológicas y, más recientemente, de las aportadas por el estudio del ADN, los científicos comprendieron que las especies actuales derivan de otras más antiguas que fueron cambiando. Es decir, los fósiles, los órganos homólogos y la distribución de las especies pueden explicarse si las diferentes especies tienen ancestros comunes. ¿Qué sería un ancestro común? Sería un tipo de organismo (especie) a partir del cual, por mecanismos que veremos más adelante, se originan nuevos tipos de organismos (nuevas especies).

La idea del ancestro común está intimamente relacionada con la imagen de "árbol" que se suele asociar a la evolución, en el cual el ancestro común sería el tronco, a partir del cual se originan nuevas especies (ramas). ¿Y quién se ubica en la base del tronco? Se ha planteado la existencia de un antecesor universal, del que derivan todos los seres vivos. Actualmente, los biólogos llaman a este hipotético organismo **LUCA: el último ancestro común universal** (por las siglas en inglés, *Last Universal Common Ancestor*).

© Martin Harvey

Los estudios de ADN indican que los chimpancés son nuestros parientes vivos más cercanos.

# EL ÁRBOL FILOGENÉTICO

A veces, dos especies distintas, como el tigre y el león, comparten ciertas características, entonces es posible que ambas provengan de un mismo antepasado. En el caso de estos dos felinos, las similitudes se ven fácilmente, pero no en otros, como el bicho bolita y el cangrejo. Ambos están emparentados, son crustáceos, aunque por fuera no se note. Por lo tanto, los científicos analizan diferentes características y utilizan diversos métodos para establecer si una especie está relacionada en mayor o menor medida con otra, es decir, para saber el **grado de parentesco** entre ambas. Esto ocurre con las especies actuales y también entre especies extintas, o entre especies actuales y extintas mediante el estudio de los fósiles, como en el caso del elefante y el mamut. Ahora bien, ¿cómo podemos representar estas relaciones de parentesco?

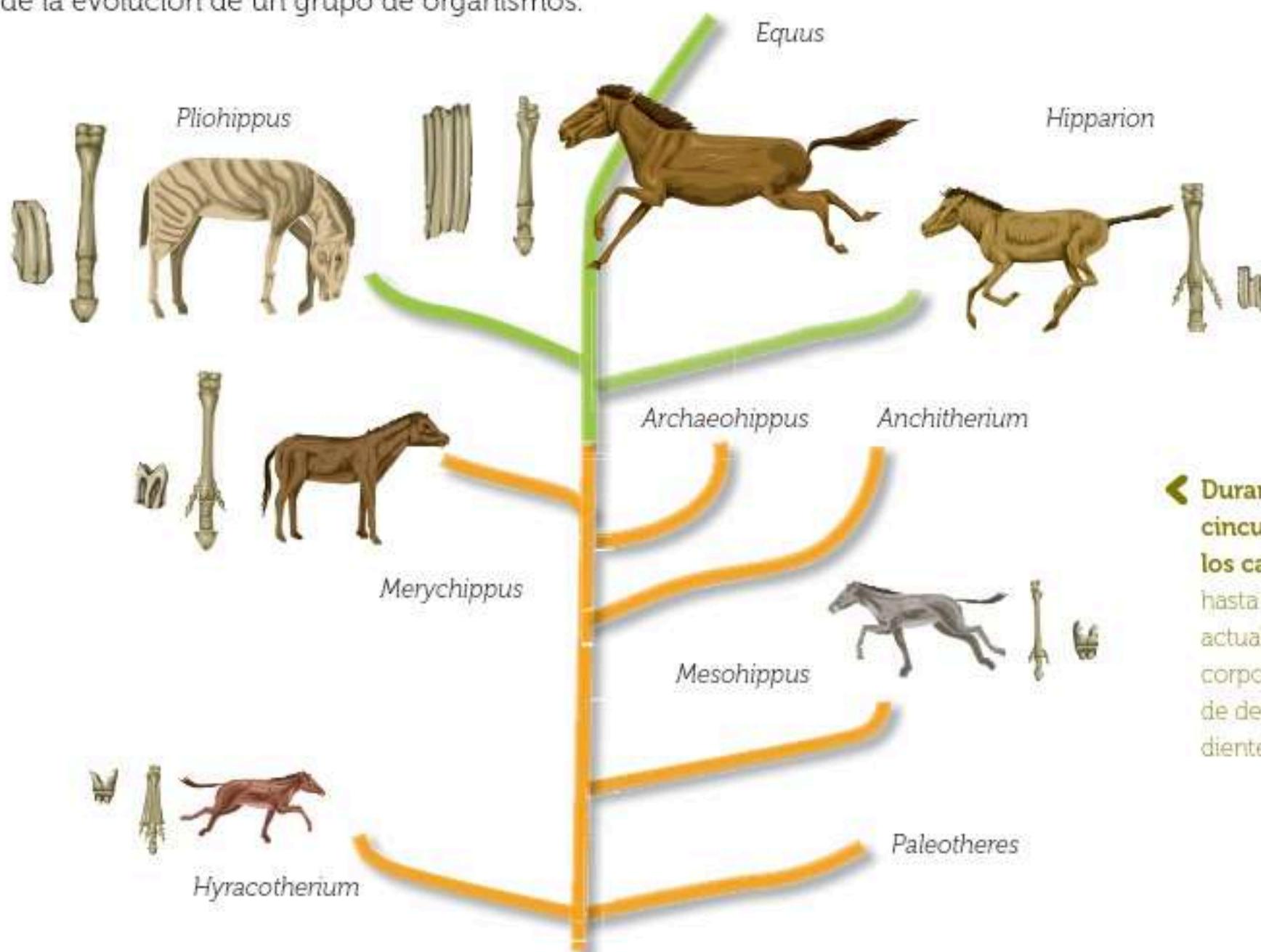
En los seres humanos, las relaciones familiares se representan mediante un esquema llamado **árbol genealógico**. En él, los antepasados y todos los descendientes de los individuos se ubican como las ramas de un árbol. Pero si se trata del resto de las especies, se usa una **representación gráfica** similar llamada **árbol filogenético**, que abarca períodos mucho mayores. ¿Qué significa **filogenético**? Que muestra la filogenia, es decir, la historia de la evolución de un grupo de organismos.

LAS **REPRESENTACIONES GRÁFICAS** Y LOS **ESQUEMAS** SON MUY USADOS EN BIOLOGÍA. TIENEN LA VENTAJA DE BRINDAR INFORMACIÓN DE MANERA CLARA Y RÁPIDA. ES EL CASO DE UN ÁRBOL FILOGENÉTICO, UNA REPRESENTACIÓN QUE NOS PERMITE VISUALIZAR RÁPIDAMENTE EL GRADO DE PARENTESCO DE LAS ESPECIES REPRESENTADAS.

Para construir el árbol, se usan términos que provienen de las relaciones familiares, como parentesco, antecesor o descendiente. Estas relaciones se representan a través de líneas que se ramifican: el tronco y las ramas internas corresponden a los antepasados, y los extremos de las ramas externas señalan las especies actuales.

Como vimos, en el árbol genealógico todos los integrantes son seres humanos. En el árbol filogenético, en cambio, las distintas ramas representan especies o grupos de organismos que pueden ser muy diferentes entre sí.

Veamos un ejemplo. El registro fósil de los caballos permite reconstruir su árbol filogenético. Cada línea representa una especie. Las líneas que no llegan hasta arriba representan especies extintas. Donde hay una bifurcación, es decir, cuando una rama del árbol se divide, significa que se han producido dos especies distintas a partir de un mismo antecesor común, representado por la rama original antes de su bifurcación. Cuanto más cerca estén las especies de la bifurcación significa que se separaron hace menos tiempo.



Durante los últimos cincuenta millones de años, los caballos evolucionaron hasta los representantes actuales, de mayor tamaño corporal, con menor número de dedos en las patas y con dientes más grandes y duros.

# LA CLASIFICACIÓN DE LOS SERES VIVOS

Desde tiempos remotos, los científicos han tratado de encontrar una manera de ordenar la biodiversidad, tanto la extinta como la actual. ¿De qué manera? Clasificándola.

Existen muchos criterios para hacerlo. Dado que se trata de la clasificación biológica, es preciso contar con un sistema de clasificación universal, es decir que pueda ser comprendido y utilizado por todos, y que incluya las numerosas especies que se suman cada día.

El primer sistema de clasificación que resultó útil fue propuesto por Carl von Linné (o simplemente Linneo) en el siglo XVIII. Él era un médico y botánico sueco con una fuerte educación religiosa. Estaba convencido de que la fascinante diversidad de seres vivos era "obra de Dios" y tenía el propósito de clasificarla. Utilizando sus conocimientos de botánica, diseñó un sistema de clasificación que constaba de categorías que estaban subordinadas o incluidas unas dentro de otras, lo que producía una clasificación jerárquica.

En 1735, en su obra *Systema Naturae*, presentó una clasificación en tres reinos: animal, vegetal y mineral. En este sistema no había indicios de que pensara en un origen común de los organismos o de una transformación de ancestros en descendientes. Por el contrario, él sostiene que las especies eran inalterables y que existían "tal como al inicio fueron creadas".

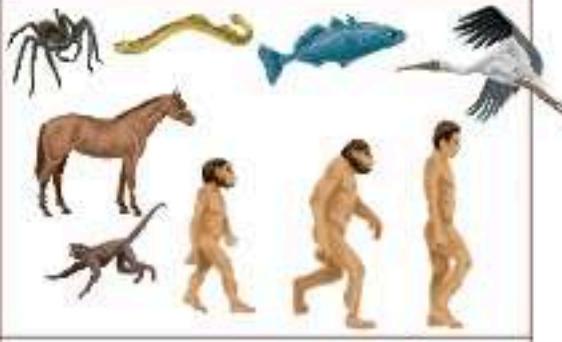
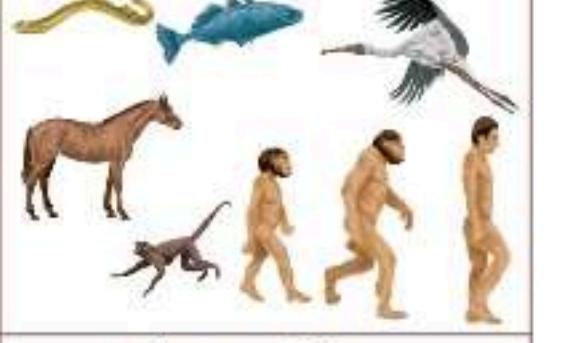
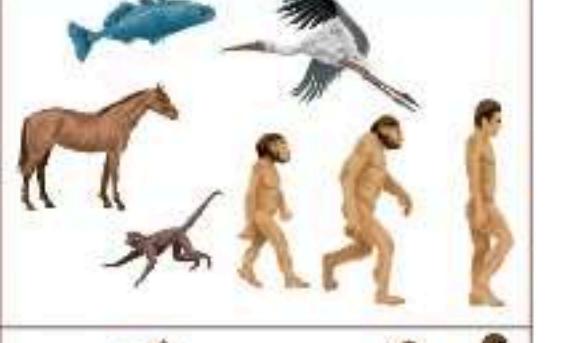
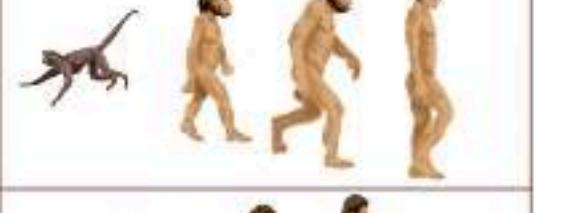
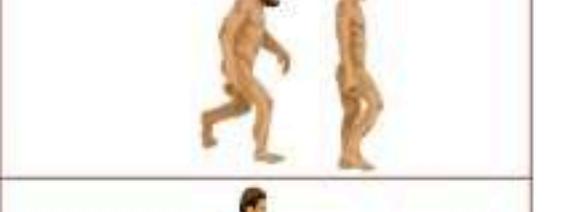
En 1753 construyó un sistema para designar a las especies con un nombre doble: el primero corresponde al género, cuya función es incluir a las especies parecidas, y el segundo indica la especie; a esto se lo conoce como nomenclatura binomial. El sistema se basa en la comparación de estructuras similares, como las patas y las alas de los vertebrados. Por ejemplo, el tigre se denomina *Panthera tigris* y el león, *Panthera leo*.

Estos nombres indican que ambas especies presentan similitudes suficientes como para pertenecer al mismo género, con lo cual quedan en evidencia las relaciones de parentesco. Los géneros se incluyen en órdenes, los órdenes se agrupan en clases y así sucesivamente.

Dado que en el siglo XVIII se utilizaba el latín en los textos científicos, los nombres de las especies también derivaban de esta lengua; esa característica se conserva

hasta la actualidad. Una clara ventaja de esta nomenclatura es que investigadores de diferentes países llaman a una especie de la misma forma, independientemente del idioma natal.

El sistema actual de clasificación está basado en el de Linneo, aunque con algunos cambios. Sigue siendo un sistema jerárquico, pero incorpora mayor cantidad de categorías. Las especies se agrupan en géneros; estos, en familias; estas, en órdenes, luego en clases y finalmente en phyla o tipos (si son animales) o divisiones (en el caso de las plantas).

Reino	Animalia (animales)	
Tipo	Chordata (cordados)	
Subtipo	Vertebrata (vertebrados)	
Clase	Mammalia (mamíferos)	
Orden	Primates	
Familia	Hominidae (hominídos)	
Género	Homo	
Especie	<i>Homo sapiens</i>	

Clasificación jerárquica del *Homo sapiens*

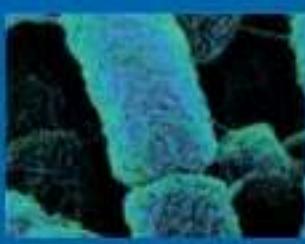
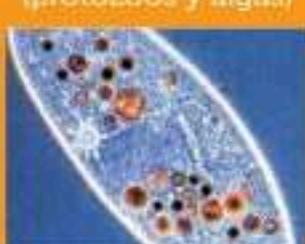
## LA CLASIFICACIÓN ACTUAL

Durante el siglo XX se fueron agregando nuevos reinos y reclasificando algunos organismos. Actualmente están definidos **cinco reinos**: Plantae, Animalia, Protista, Fungi y Monera, pero en 1977 se dividió el reino Monera en Eubacteria y Archaeabacteria.

Uno de los motivos por los cuales esta clasificación se modificó fue el desarrollo de la microscopía, que permitió

optimizar el modo de clasificar a los microorganismos.

A partir de 1990, teniendo en cuenta datos moleculares, se propuso una nueva categoría taxonómica superior al reino: el **dominio**. De esta forma, el reino Monera quedó dividido en dos dominios: Archaea (las arqueobacterias) y Bacteria (las verdaderas bacterias). El resto de los reinos quedaron todos incluidos en el dominio Eukarya.

REINOS	DOMINIOS	
ARCHAEABACTERIA (bacterias primitivas) 	Archaea	Las <b>arqueobacterias</b> son organismos muy pequeños y sencillos, llamados procariontes porque están formados por una sola célula sin núcleo. Constituyen el grupo de bacterias más antiguas del planeta. Las que existen en la actualidad son las que soportan condiciones ambientales extremas, como temperaturas o salinidad muy elevadas.
EUBACTERIA (bacterias verdaderas) 	Bacteria	Las <b>eubacterias</b> son también organismos procariontes, pero corresponden al grupo de bacterias más moderno, y son con las que estamos más familiarizados. De hecho, algunas pueden producirnos enfermedades.
PROTISTA (protozoos y algas) 		Los <b>protistas</b> son organismos eucariontes (formados por células con núcleo), como las algas y los protozoos. Muchos son unicelulares, pero los hay pluricelulares y pueden ser autótrofos (producir sus alimentos) o heterótrofos (incorporarlos del exterior).
FUNGI (hongos) 		Los <b>hongos</b> son organismos unicelulares o pluricelulares eucariontes y heterótrofos. Los más conocidos son los hongos de sombrero, pero también existen las levaduras y los mohos.
PLANTAE (plantas) 	Eukarya	Las <b>plantas</b> son organismos eucariontes, pluricelulares y autótrofos. Pertenecen a este reino los musgos, los helechos, los pinos y las plantas con flor.
ANIMALIA (animales) 		Los <b>animales</b> son organismos pluricelulares, eucariontes y heterótrofos. Incluyen todos los animales, como las arañas y los seres humanos.

## COMUNICACIÓN



9. Analizá la siguiente noticia y respondé.

### HALLARON EN EL SUR LA PRIMERA FLOR FÓSIL DE LA FAMILIA DE LA MARGARITA

Probaría que ese tipo de plantas aparecieron en esa región y migraron al resto del mundo.

En Río Negro, a 60 km de Bariloche, el director del Museo del Lago Gutiérrez, Rodolfo Corsolini, encontró en excelente estado de conservación el fósil de una flor y granos de polen pertenecientes a la familia de las asteráceas (llamadas así porque la inflorescencia tiene forma de estrella). Luego de varios estudios de laboratorio, un equipo de científicos de la Argentina y Suecia confirmó que esta flor fósil es el primer registro encontrado en el mundo de un ejemplar que pertenece a la misma familia de las margaritas, los girasoles y los crisantemos. El hallazgo demuestra que ese grupo de plantas surgió hace unos 50 millones de años en lo que hoy es el sur de nuestro país, y que de allí se diseminó a los demás continentes.

Los científicos especializados en esta familia de plantas, que incluye también la lechuga, la achicoria y el alcacil, trataron de reconstruir el "árbol genealógico" de sus distintos integrantes disponibles en la actualidad para conocer cómo fue su evolución.

El análisis del polen fósil permitió determinar el "parentesco" de la flor fósil con las asteráceas actuales, ya que cada clase de planta posee un tipo de polen que la caracteriza.

Fuente: diario La Nación, 24/9/2010.

- a) ¿A qué se refiere el título cuando dice que hallaron "la primera flor fósil"?
  - b) ¿Qué significa que la lechuga y la margarita pertenecen a la misma familia?
  - c) ¿Por qué se afirma que los científicos tratan de reconstruir el "árbol genealógico"? ¿Es correcta la expresión? ¿Por qué?
10. Suponé que, a partir de la información que brinda este capítulo, tenés que diseñar una presentación para explicarles a los chicos de primaria qué es la evolución de las especies. ¿Cuáles son las ideas que no pueden faltar en tu presentación?
11. Utilizá una aplicación como Prezi para realizar la presentación y compartirla en clase.



## LA EVOLUCIÓN DE LOS VERTEBRADOS

Volvé a leer la página 32. Allí figura que los seres humanos, junto con otros animales, somos vertebrados. Los científicos han clasificado como vertebrados a aquellos animales que presentan columna vertebral, a diferencia de los invertebrados, que no la poseen. Dentro de los vertebrados se incluye a los peces, los anfibios, los reptiles, las aves y los mamíferos. Ellos comparten otras características en función de las cuales se han establecido las relaciones evolutivas del grupo.

Pero ¿cómo fueron los primeros vertebrados? Se considera que los primeros fueron acuáticos y que, a través de un largo proceso evolutivo, algunos organismos adquirieron determinadas estructuras que les permitieron vivir fuera del agua. Así, se plantea la existencia de un tetrápodo ancestral (antecesor de cuatro patas) del que habrían derivado los vertebrados terrestres. ¿Qué características se han tenido en cuenta para incluir a todos en un mismo grupo? Las mismas que constituyen evidencias evolutivas y que ya analizamos: la embriología, la anatomía comparada, etcétera.

Si analizás los embriones de la página 28, verás que en los primeros estadios son casi indistinguibles y que, a medida que avanza la gestación, se diferencian. Además, si se comparan los embriones de un mismo grupo, por ejemplo, los mamíferos, se ve que el parecido es aún mayor. Los científicos determinaron que, en general, cuanto más largo es el período de desarrollo embrionario en el que dos especies se parecen, mayor es su parentesco evolutivo y más cerca está el antecesor del cual divergieron.



En 2004, en el norte de Canadá, los científicos hallaron un fósil de pez de la especie *Tiktaalik rosae*, el cual reveló que, posiblemente, las patas de los vertebrados terrestres comenzaron a desarrollarse como aletas reforzadas en una especie aún acuática.

© University of Chicago. Neil Shubin

La anatomía comparada aporta más datos: el estudio detallado de las extremidades anteriores de reptiles, aves y mamíferos revela un origen común, aunque tengan funciones diferentes. Otros ejemplos de estructuras homólogas son el pulmón de los vertebrados terrestres y la vejiga natatoria de los peces, un órgano que consiste en una cámara que puede llenarse de aire y ayuda a los peces a nadar a distintas profundidades.

Los llamados **caracteres vestigiales o rudimentarios** (aquellas partes del cuerpo cuya función original se ha perdido durante la evolución) también constituyen evidencias de parentesco. Por ejemplo, las serpientes tienen caderas y patas traseras minúsculas, que son huesos rudimentarios heredados de un organismo ancestral.

¿Y qué hay de nosotros, los seres humanos? Poseemos un hueso caudal reducido: **el coxis, vestigio de una cola**. Además, tenemos músculos que erizan cada pelo del cuerpo cuando sentimos frío, ¡es la llamada "piel de gallina"! Este fenómeno es homólogo

al erizamiento del pelo de otros mamíferos, que indica alarma o amenaza.

Como vimos, estas estructuras y muchas otras se analizaron también en los fósiles. Esto permitió identificar formas intermedias entre diversos grupos, como el caso del "pez con patas", ejemplo de la transición entre vertebrados acuáticos y terrestres. Recordá, además, que en los últimos tiempos el análisis de ADN permitió establecer relaciones de parentesco más precisas entre organismos actuales y organismos extintos.



## EvaluadOs

**12.** Reúntete con un compañero o compañera. Cada uno elija los temas del capítulo que más le hayan llamado la atención o le hayan interesado.

**13.** De manera individual, respondé en tu carpeta las consignas.

- a) Explicá por qué te importaron los temas que elegiste en la actividad 12.

- b) ¿Cuáles son los conceptos clave de cada tema?

**14.** Intercambiá las respuestas con tu compañero o compañera.

- a) ¿Hubo coincidencias en alguno de los temas elegidos? ¿En qué se basó cada uno para elegirlos?

- b) Compara tus respuestas con las de tu compañero o compañera.



Autoevaluación



Audiorresumen

Buscalos en el

Espacio TIC



# 2

## La evolución y la selección natural



▲ **La piel con manchas** les permite a las jirafas pasar inadvertidas entre los árboles y mantenerse lejos del acecho de sus predadores. A lo largo de la evolución de la especie, esta característica ha sido favorecida.

### LAS PRIMERAS EXPLICACIONES

**L**a idea de que los organismos pueden cambiar a lo largo del tiempo es muy antigua. Sin embargo, ha habido distintas explicaciones sobre cómo se producen los cambios. En el siglo v a.C., el filósofo griego Empédocles consideraba que los seres vivos provenían de la unión de órganos aislados que se unían al azar. Así, juntando brazos y cabezas surgían algunas combinaciones poco convenientes o monstruosas que no sobrevivían, y persistían solo las formas más adecuadas. Un siglo después, el pensador Epicuro aseguraba que, en los animales, los órganos o partes del cuerpo poco utilizados se debilitaban, mientras que los más usados se desarrollaban y crecían, y de esta manera los organismos cambiaban.

Alrededor de 2.000 años más tarde, en el siglo xviii, uno de los primeros naturalistas que propuso que una especie podía transformarse en otra fue el conde de Buffon, quien pensaba que los simios se habían originado a partir del ser humano por "degeneración", del mismo modo que el burro había "degenerado" a partir del caballo. También por esos años, el médico y naturalista Erasmus Darwin (abuelo de Charles) planteaba que los animales podían cambiar en respuesta a su ambiente y que estos cambios podían ser heredados por sus crías.

A principios del siglo xix, una nueva teoría sobre la evolución biológica fue propuesta por Jean-Baptiste Lamarck. En 1809, en su libro *Filosofía zoológica*, este naturalista y filósofo francés fue el primero que planteó un mecanismo evolutivo.

**“Nadie debe sentirse sorprendido por lo mucho que queda todavía inexplicado respecto al origen de las especies y variedades, si se hace cargo debido de nuestra profunda ignorancia respecto a las relaciones mutuas de los muchos seres que viven a nuestro alrededor”.**

Charles Darwin (1809-1882).

Naturalista inglés, padre de la teoría de la evolución por selección natural.



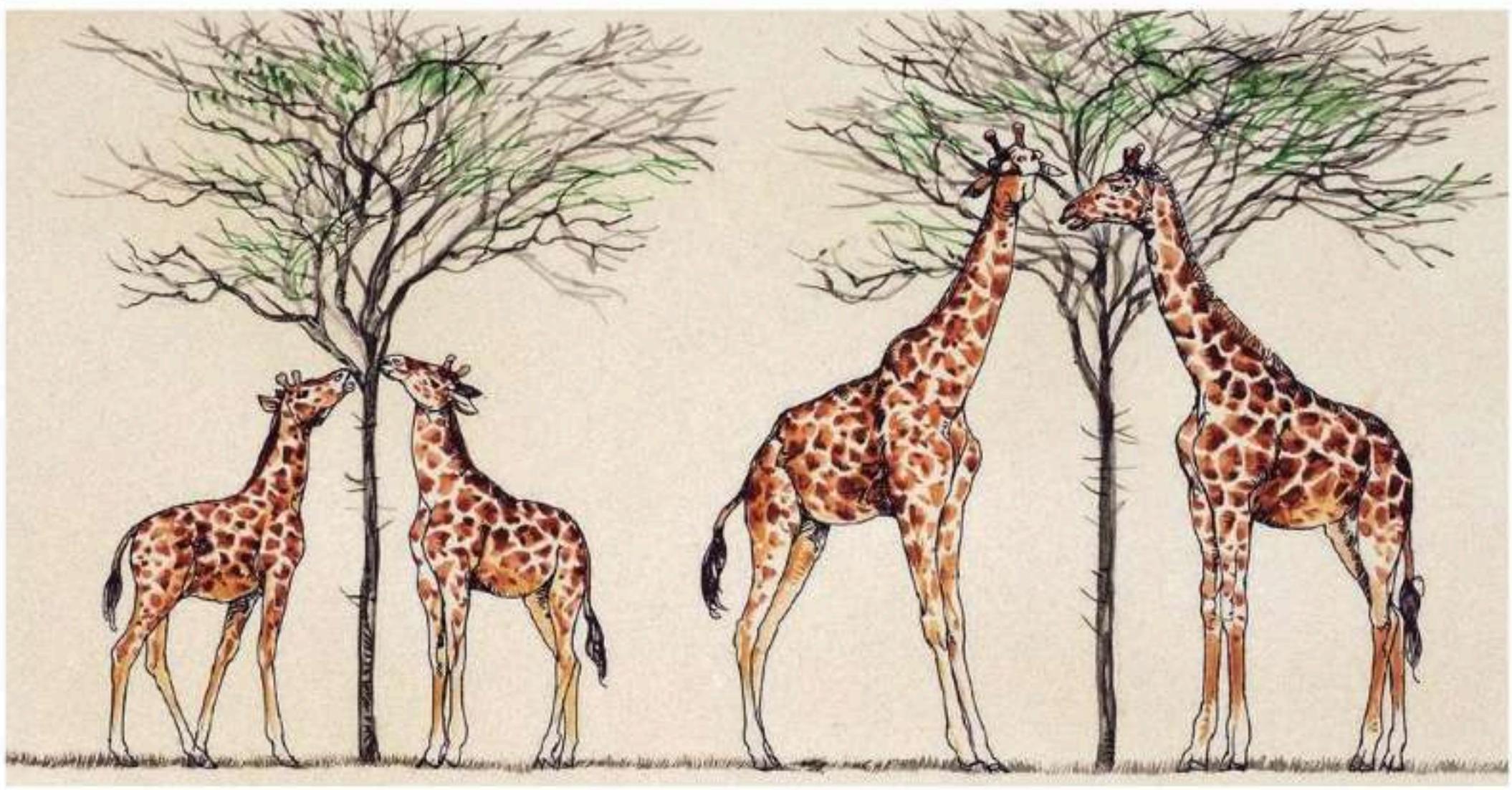
## LAMARCK Y LA EVOLUCIÓN

Su trabajo con protozoos e invertebrados marinos fósiles le mostró que había cambios en las especies a lo largo del tiempo y que estos cambios no eran bruscos, como proponía el catastrofismo, sino más bien **graduales**. Por lo tanto, las especies antiguas no se habían extinguido, sino que se habían modificado a través de un **proceso lento, gradual y continuo**, hasta convertirse en las especies actuales.

Lamarck estaba convencido de que los organismos unicelulares –las formas de vida más simples y sencillas– se originaban por generación espontánea a partir de materia inerte. Luego, estas formas “inferiores” de vida, y debido a una tendencia interna y natural, se volvían cada vez más complejas o “superiores” por acción de un impulso interno. De esta manera asomó la primera explicación de cómo una especie podía transformarse en otra, estableciéndose un tipo de sucesión, desde formas sencillas hasta complejas.

Pero este mecanismo evolutivo presentaba un problema: si todos los organismos cambiaban por un impulso interno hacia formas más complejas, ¿por qué no terminaban siendo similares? La respuesta de Lamarck a esta pregunta fue su gran aporte: el resultado dependía del ambiente en el que cada ser vivo crecía y se desarrollaba.

Al igual que otros naturalistas, Jean-Baptiste estaba asombrado por las adaptaciones que presentaban algunos organismos al ambiente. ¿Cómo surgían esas adaptaciones? Él interpretó que se producían por una necesidad de cambio que tenían los organismos para adaptarse al ambiente. El medio externo cambiante imponía a los organismos nuevas condiciones que **producían el uso y desuso** de ciertas partes del cuerpo. Los órganos más utilizados se desarrollaban más para un mejor uso, mientras que los que no eran tan utilizados se atrofiaban hasta que finalmente desaparecían. Estas características modificadas por el hábito eran **caracteres adquiridos**, producto de la interacción del organismo con su ambiente.



**Lamarck sostiene que la jirafa había tenido que estirar su cuello** tanto como podía para conseguir el alimento en las ramas más altas de los árboles. Luego, había transmitido esa característica a sus descendientes.

## LA HERENCIA DE LOS CARÁCTERES ADQUIRIDOS

Como buen zoólogo, Lamarck conocía muchas especies con características muy llamativas. Por ejemplo, explicó por qué los topos del género *Spalax* son ciegos; en esta especie, los ojos ni siquiera pueden abrirse, ya que están cubiertos por piel con pelos. De hecho, estos roedores cavan galerías subterráneas guiándose por el olfato en vez de la vista. Para el científico, esto se debía a que, como son de hábitos totalmente subterráneos, estos animales no utilizaban los ojos, lo que produjo el desuso de estos órganos y su atrofia. Incluso en su libro utiliza ejemplos en seres humanos y explica cómo el volumen del estómago está íntimamente relacionado con la dieta de la persona.



Topo del género *Spalax*.

Para completar su hipótesis sobre cómo era el mecanismo evolutivo, Lamarck adoptó la idea de que los **caracteres adquiridos eran heredables**, es decir, pasaban de una generación a otra.

Lamarck fue el primer evolucionista que planteó una teoría completa de la evolución biológica: los caracteres adquiridos surgen por la necesidad de adaptarse al



Los brazos alargados y las uñas curvas del perezoso, según Lamarck, eran producto del hábito de este animal de permanecer colgado.

medio y luego estos se pasan a los descendientes. Por lo tanto, no solo establecía la existencia de cambios en los organismos. Planteaba, además, que para formar nuevas especies era fundamental que las variaciones individuales fuesen heredadas por los descendientes, es decir, que pasaran de una generación a la siguiente.

Esta teoría no fue bien recibida por la mayor parte de los naturalistas de la época. Si bien aceptaban la herencia de los caracteres adquiridos y coincidían en que existía una fuerza natural hacia la perfección, cuestionaban la falta de pruebas.

Pero había algo más: las ideas propuestas en esta teoría se oponían a las concepciones fijistas de Cuvier (de las que hablamos en el capítulo 1). Cuvier gozaba de mucho prestigio en esa época y atacaba la postura de Lamarck. Así, las **ideas evolucionistas** quedaron "guardadas" hasta varios años después, cuando volverían de la mano de Charles Darwin.



### Vale comprender

- Leé estas páginas y defini con tus palabras qué es un carácter adquirido según Lamarck.  
Ahora, resolvé la consigna:

*Pablo practica desde hace dos años fisicoculturismo y ha logrado cambiar la apariencia de su cuerpo. Ha ganado masa muscular, ha perdido grasa y ha marcado sus músculos.*

- ¿Puede considerarse el nuevo físico de Pablo como una característica adquirida? ¿Por qué?
- Si Pablo tiene hijos, ¿les transmitirá esta característica? Expícalo en una oración.

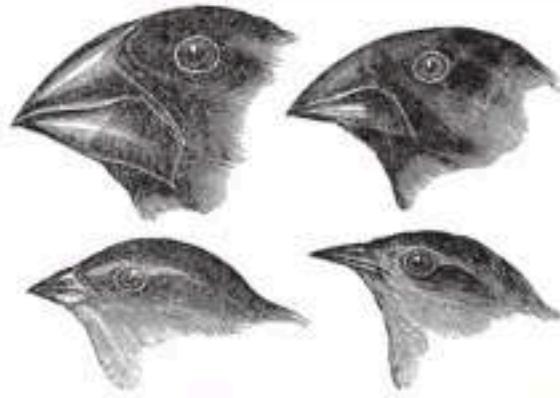
# TODO guna empezó o pregunta



Por qué son diferentes los pinzones de las Galápagos?



**1836** - Navegué con el Beagle rumbo a Australia y, luego, al sur de África. Ya de regreso en Inglaterra, le llevé ejemplares de las aves encontradas en Galápagos al ornitólogo John Gould, quien me confirma que se trata de pinzones.

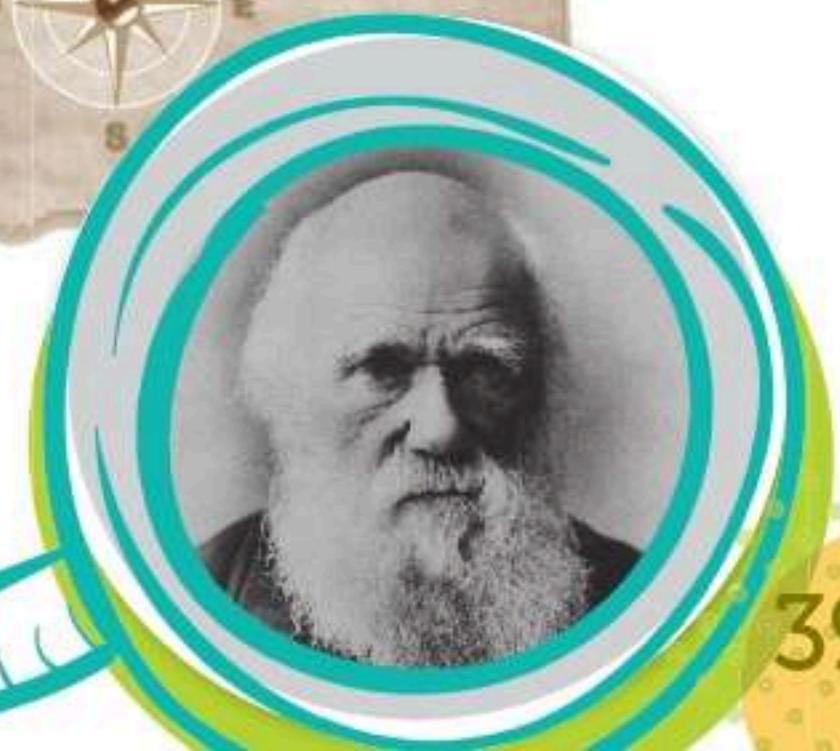


**1835** - Llegué a las islas Galápagos. Me llama la atención la diversidad de pájaros que, a pesar de ser muy similares, tienen ciertas características particulares: unos se alimentan de insectos, otros, de semillas; algunos, de néctar, y sus picos presentan diferentes formas y tamaños.

Dos años después de la muerte de Lamarck, y conocedor de sus ideas evolucionistas, un joven naturalista inglés, Charles Darwin, emprendería un viaje que sería fundamental en la historia de la biología. Su diario de viaje podría haber sido así...



¿Cómo siguió esta historia? Darwin comenzó a preguntarse a qué podían deberse las diferentes características observadas en los pinzones. Y esa pregunta lo condujo, trasladándola a otras especies y luego de años de estudio, a plantear su **teoría de la evolución**.



# LA INFLUENCIA DE MALTHUS

Cuando Darwin volvió a Inglaterra, en 1836, había acumulado muchas observaciones y preguntas, además de ejemplares de animales y plantas que había enviado a especialistas para su reconocimiento y descripción. El joven naturalista no solo dudaba de la inmutabilidad de las especies, sino que además estaba dispuesto a buscar nuevas explicaciones a todas las preguntas que había acumulado.

Entre los académicos que Darwin conocía estaba Charles Lyell. Este geólogo –como vimos en el capítulo 1– proponía que tanto los cambios geológicos del pasado como los actuales se producen gradualmente, en largos períodos y por la acción de los mismos factores ambientales. Darwin extrapoló este principio a los seres vivos, y propuso que **los cambios en las especies también eran graduales** y, si Lyell tenía razón, había habido tiempo suficiente para que ocurrieran.

En 1838 leyó un libro sobre demografía humana escrito por el economista inglés Thomas Malthus. Entre otras ideas, este autor planteaba que la población humana crecía a un ritmo mayor que el alimento, razón por la cual, tarde o temprano, este no alcanzaría para todos. Esta idea de un **recurso limitado** por el cual competir fue novedosa para esa época.

Darwin pensó que lo publicado por Malthus podía aplicarse a otras poblaciones, como la de los pinzones, en la que la lucha por la subsistencia podría favorecer a aquellos que tuvieran las características más adecuadas. Le tomó alrededor de veinte años expresar sus ideas acerca de la **evolución de los organismos**. En ese tiempo se dedicó a leer, estudiar y recolectar más pruebas.

A pesar de que tenía **pruebas** o **evidencias** que avalaban su teoría, Darwin no terminaba de animarse a publicarla. Recién en 1858, después de recibir una carta y un manuscrito de un prestigioso naturalista, geógrafo y explorador inglés, llamado Alfred Russell Wallace, de-

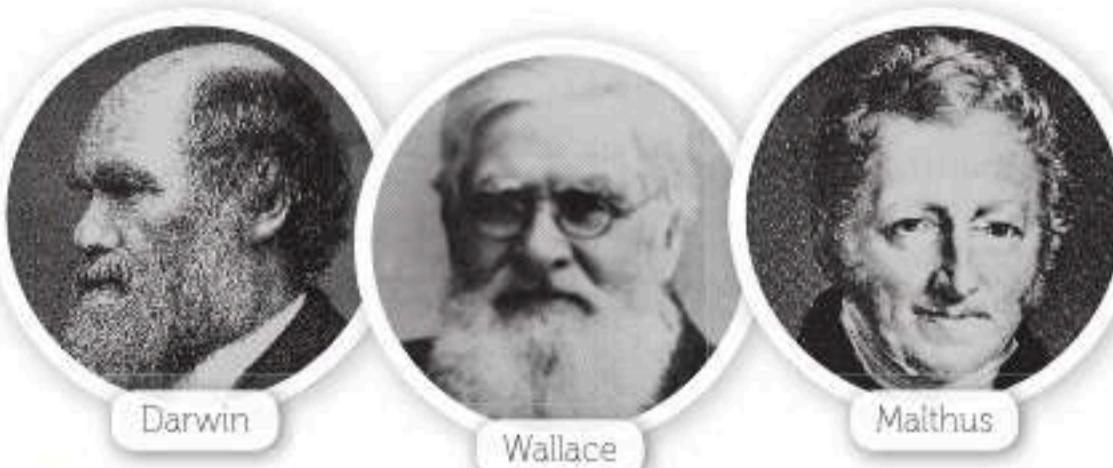
EN CIENCIA LA INFORMACIÓN OBTENIDA POR MEDIO DE PRUEBAS O EVIDENCIAS, ADEMÁS DE ACUMULARSE, DEBE SER COMUNICADA. ASÍ, LOS CONOCIMIENTOS ADQUIRIDOS POR UN CIENTÍFICO PODRÁN SER UTILIZADOS POR OTROS PARA GENERAR NUEVO CONOCIMIENTO.

cidió dar a conocer sus ideas al resto de la comunidad científica.

## DARWIN Y WALLACE

Wallace se hallaba estudiando la distribución de animales y plantas en la India. Al igual que Darwin, acostumbraba recolectar fósiles y muestras de animales y plantas, y también había leído a Malthus. Había observado muchas diferencias entre los mamíferos del continente asiático y los de Australia. Decidió comunicarle sus ideas a Darwin, quien, después de leer el manuscrito, le escribió a su amigo Lyell: "Jamás supe de coincidencia más total... toda mi originalidad... quedará en nada".

Los trabajos de Darwin y Wallace se presentaron en forma simultánea ante la prestigiosa Sociedad Linneana de Londres. Ambos naturalistas habían encontrado el **principio de la selección natural**. Darwin se vio obligado a publicar su obra completa cuanto antes y, un año más tarde, el libro *El origen de las especies por medio de la selección natural* fue dado a conocer a la sociedad inglesa. Wallace reconoció el valor de esta publicación.



Darwin

Wallace

Malthus

**Tanto Darwin como Wallace llegaron a plantear la selección natural** luego de haber leído el ensayo de Malthus. Este planteaba que la población humana crece a mayor velocidad que la producción de alimentos, y eso genera competencia para sobrevivir.



## Vale comprender

2. ¿Cuál fue la importancia del contacto de Wallace con Darwin? Elegí una opción y argumentala.
  - Incentivó a Darwin a presentar su obra.
  - Concluyó las mismas ideas que Darwin sobre el origen y la evolución de las especies.
  - Ambos científicos habían leído a Malthus.

# LA SELECCIÓN NATURAL

A lo largo de su viaje de cinco años, Darwin recolectó muestras de una gran variedad de rocas, animales, plantas y diversos fósiles. Pero volvamos al tema de los pinzones. Para Darwin, fue clave el aporte de John Gould, quien estableció que se trataba de catorce variedades (especies) distintas de estas aves. Algunos pinzones eran pequeños; otros, mucho más grandes. Había unos con pico corto y fuerte que comían semillas grandes y duras; otros, cuyo pico era más fino y en punta, se alimentaban de semillas pequeñas o de insectos, y los que se alimentaban de néctar tenían el pico delgado y curvo. Otros pinzones de pico delgado se alimentaban de la parte carnosa de los cactus. Así, la forma y el tamaño de sus picos parecían estar adaptados al tipo de alimento presente en cada una de las islas.

Ahora bien, volvamos a la pregunta inicial: ¿cómo se había originado tal diversidad de pinzones? Además de las evidencias ya mencionadas en el capítulo 1 (registro fósil, anatomía comparada, embriología, etc.), a Darwin le llamaron la atención otros aspectos que le permitieron explicar esa diversidad.

Pinzón que se alimenta de semillas.



Pinzón que se alimenta de flores de cactus.



## LA SELECCIÓN ARTIFICIAL

Uno de estos aspectos, según Darwin, era la variedad de razas de animales domesticados y de granja. Para entender el origen de estas razas, él mismo crió palomas, y fue así como comprendió que los criadores seleccionaban para que se reprodujeran aquellos individuos que poseían alguna característica que les interesa- ba, de modo tal que la cría heredara esa característica.

A esta práctica se la conocía como **selección artificial**. Si este proceso de selección era repetido durante varias generaciones, se obtenía una nueva raza. A Darwin se le ocurrió que en la naturaleza podía ocurrir un proce- so similar, pero en este caso la selección la realizaba el ambiente mediante determinados factores, razón por la cual la denominó **selección natural**.

Por ejemplo, supongamos que en una granja hay un grupo de vacas que produce más leche que las demás. Los tambores solo dejan reproducirse a esas, y al cabo de varias generaciones es posible tener una población de vacas en la que la mayoría presente esa caracte- rística. Estamos ante un caso de selección artificial.

Ahora bien, supongamos que el precio de la leche baja. Entonces las vacas son abandonadas en el monte. Al tener ubres enormes, producen mucha leche, pero, a la vez, esto no les facilita la vida silvestre. A la larga, solo los ejemplares de ubres de menor tamaño lograrán sobrevivir y dejar descendencia. Tras muchas generacio- nes, esta población de vacas tendrá ubres más peque- ñas. Esto es la selección natural.



Tanto en la ganadería como en la agricultura se seleccionan aquellos organismos que presentan las características buscadas para su producción.

La selección artificial funciona entonces como la selección natural en períodos muy cortos.

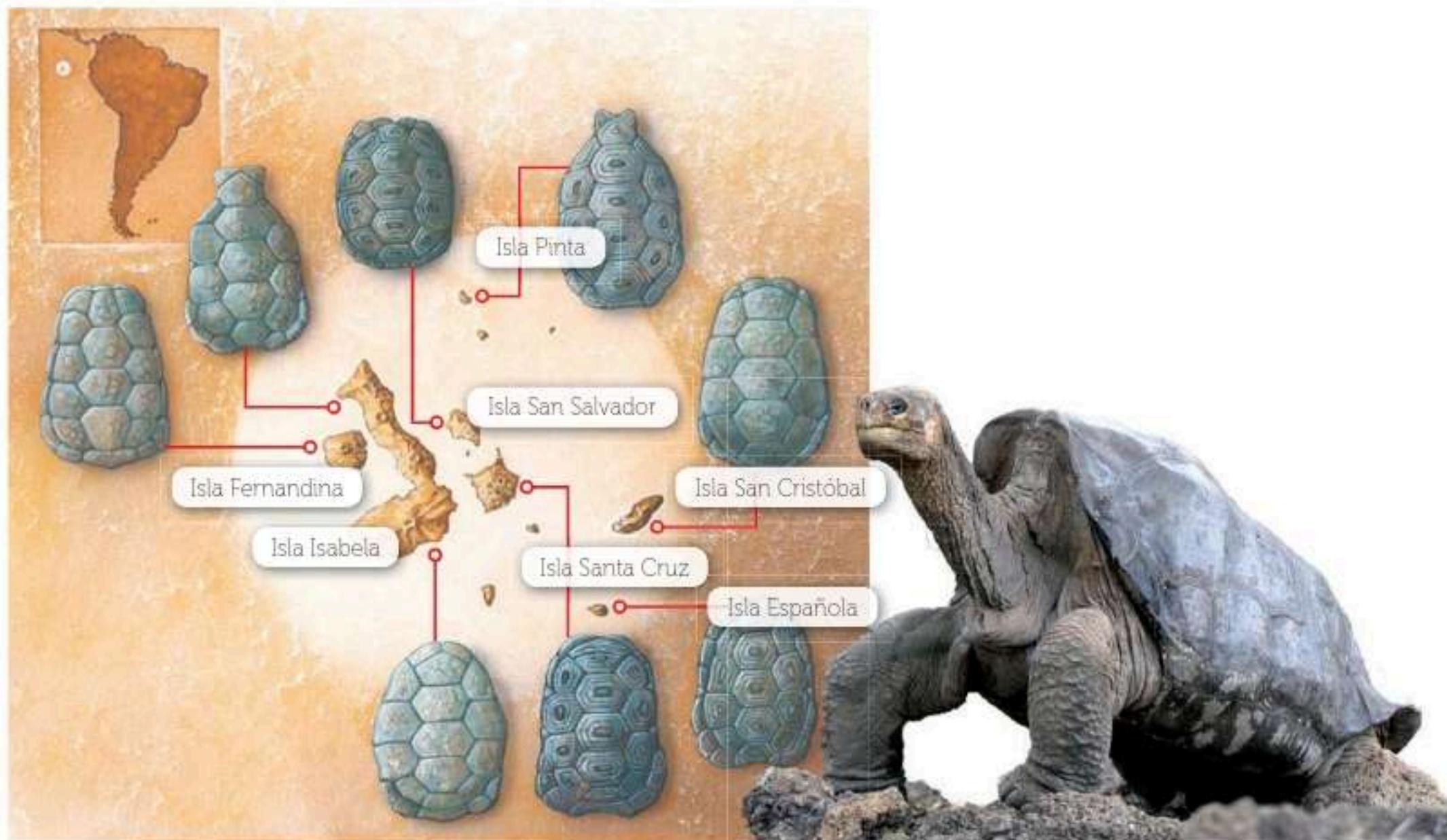
©Kevin Schafer

## LA UBICACIÓN GEOGRÁFICA

Otro de los aspectos que tuvo en cuenta Darwin fue la **ubicación o distribución geográfica** de las especies que vimos en el capítulo 1. No solo los pinzones lo obsesionaron, también las tortugas de las Galápagos. Los nativos de las islas sabían que eran diferentes de una isla a otra, incluso eran capaces de reconocerlas ¡con solo mirar la forma de su caparazón! Estos datos y el hallazgo de fós-

iles de mulitas gigantes, parecidas a las actuales, hicieron que Darwin pensara que las diferentes especies podrían haber surgido a partir de una única población original.

En el caso de los pinzones, supuso que todas descendían de un tipo ancestral de pinzón que habría migrado desde el continente, y que las distintas poblaciones se habrían ido diferenciando gradualmente durante el largo periodo de aislamiento en cada una de las islas.



## LA SUPERVIVENCIA DEL MÁS APTO

Darwin pensaba que si la selección artificial había logrado en unos pocos cientos o miles de años producir especies nuevas, ¿qué no podría hacer la naturaleza con mucho más tiempo?

Ahora bien, ¿cómo se producía esa selección natural? Como vimos, las ideas de Malthus le hicieron pensar que la lucha por los alimentos podía actuar como un mecanismo que favorecía a los individuos más eficientes. En el caso de los pinzones, supuso que, al ocupar las islas, probablemente se reprodujeron hasta sobrepasar la provisión de semillas, y, dada la lucha por la subsistencia planteada por Malthus, solo las aves mejor adaptadas para conseguir determinado tipo de alimento, o aquellas capaces de alimentarse de otros recursos, pudieron sobrevivir. Un ave que tuviera un pico levemente más

delgado y largo podría alimentarse de néctar o de insectos... otros picos más fuertes y gruesos serían útiles para triturar las semillas más duras. Así, los organismos sobrevivientes y sus descendientes se multiplicarían y, al cabo de varias generaciones, cada isla presentaría una población de un tipo particular de pinzón, adaptado al alimento existente.

Si relacionamos estas ideas, obtenemos que, si los individuos de una población son diferentes y los recursos son limitados, **el ambiente es el que selecciona a los individuos mejor adaptados** a esta condición, y estos, al reproducirse, transmiten las características adaptativas a su descendencia. Al igual que lo pensaba Lamarck, para Darwin la participación del ambiente era fundamental, pero creía, a diferencia de aquel, que el ambiente no impulsaba los cambios en los seres vivos, sino que los seleccionaba.



## LA VARIABILIDAD

El hecho de pensar a los seres vivos como parte de poblaciones le permitió a Darwin llegar a determinadas conclusiones. Se dio cuenta de que los individuos que forman una población no son todos iguales, sino que existen variaciones entre ellos, de tamaño, de sexo, de resistencia a condiciones adversas, etc., lo que significa que las poblaciones poseen **variabilidad**.

¿Qué tiene que ver con la evolución de las especies? En la naturaleza, salvo nosotros, los humanos, los seres vivos no pueden abrigarse si desciende mucho la temperatura o cambiar su dentadura para acceder al alimento disponible, por mencionar solo algunas de las posibles situaciones. Por lo tanto, si no cuentan con las características o estructuras corporales que les permitan sobrevivir en ese ambiente, probablemente mueran. Si todos son iguales, tal vez ninguno sobreviva. Si, en cambio, hay alguno diferente, con alguna capacidad distinta que le otorgue alguna ventaja respecto de los otros, puede ser que la naturaleza lo "seleccione" y sobreviva.

Es decir, el proceso de selección natural requiere la existencia previa de variabilidad entre los individuos de una población. Los mecanismos que generan la variabilidad **dependen del azar, no del ambiente**.

## LA PRESIÓN AMBIENTAL

Supongamos que en una oscura cueva habitan animales ciegos, como ciertas víboras. En algún momento, puede suceder que nazca alguna que no lo sea totalmente. ¿Podrá esta víbora utilizar su vista para procurarse alimento más fácilmente que las demás? Probablemente eso dependa de los recursos alimenticios disponibles.

Como ves, para que actúe la selección natural es preciso que haya una situación ambiental que favorezca a algunos (los más aptos) más que a otros (los que tienen menos ventajas en esas condiciones). ¿Comprendés ahora la importancia que tuvieron para Darwin las ideas de Malthus? Si los alimentos son abundantes y no hay lucha por la supervivencia, probablemente no existirá la presión del ambiente que seleccione a los más aptos.

Por lo tanto, la **presión del ambiente** no hace que un ser vivo se adapte, el organismo



posee o no esa ventaja previamente. El ambiente actúa seleccionando a aquellos que mejor estén adaptados a las nuevas condiciones.

## LOS CARÁCTERES HEREDABLES

Para que haya evolución, no basta con que un organismo tenga ciertas características ventajosas, es imprescindible que esas características se transmitan a sus descendientes. Si en la selva nace una cebra con un deficiente sentido del olfato, probablemente no sea capaz de encontrar alimentos ni de oler a sus predadores... y si no tiene descendientes, esa nueva característica se perderá. Si, por el contrario, naciera una cebra con el sentido del olfato más desarrollado, eso le daría ciertas ventajas, y así podría llegar a la edad reproductiva y dejar descendencia. Si esa nueva característica es heredable, tal vez la próxima generación de cebras tenga un mejor sentido del olfato, que nuevamente podría ser ventajoso. Así, luego de muchas generaciones, podría existir toda una población de cebras con esa nueva característica.

Dentro de una misma especie de mariquita asiática se pueden observar distintas coloraciones de las alas.

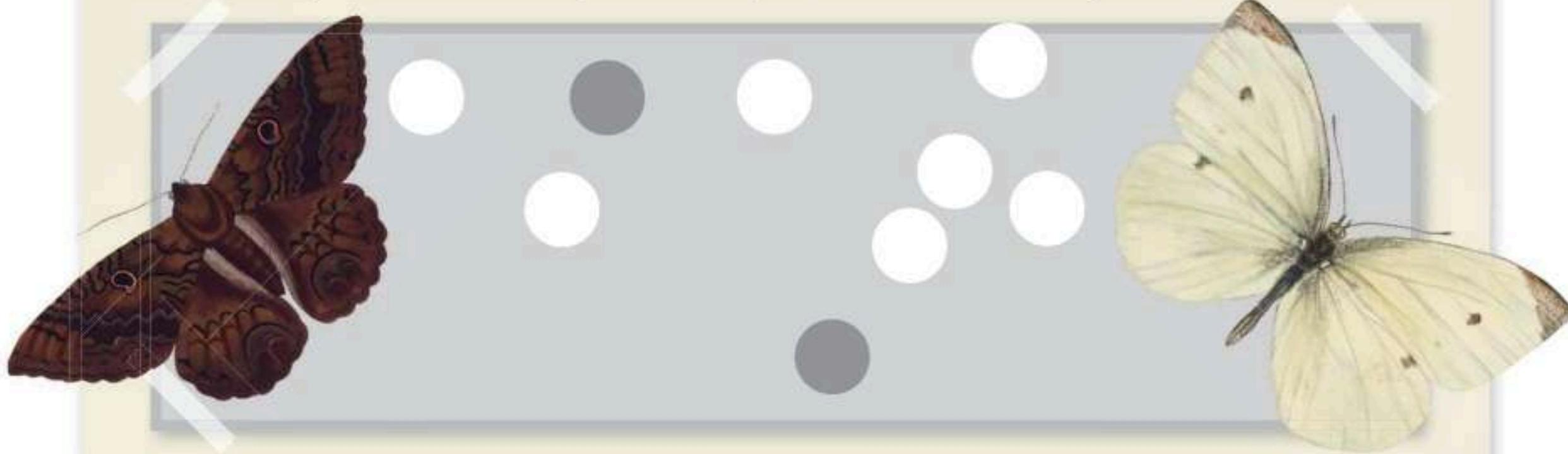
### Vale comprender



3. Debido al desmonte, una región selvática presenta, con el tiempo, un clima menos húmedo. Para muchas especies de animales, esta nueva condición ambiental se convierte en desfavorable.
  - a) ¿Podría ocurrir que en la variabilidad que presenta una población no haya individuos que puedan resistir las nuevas condiciones adversas? ¿Qué ocurriría con la población en este caso?
  - b) Si, en cambio, algunos individuos pueden tolerar las nuevas condiciones ambientales, ¿está bien decir que se adaptaron o que presentan adaptaciones? ¿Por qué?

## CONSTRUIR MODELOS

- Prestá atención al siguiente texto. A fines del siglo XVIII, las mariposas que se posaban sobre los troncos de los abedules eran claras, mientras que las de color oscuro eran cazadas rápidamente por las aves. Luego de la Revolución industrial, esto se revirtió. ¿Se te ocurre por qué?
- ¿Cómo hacen los científicos para estudiar en el laboratorio una situación que observan en la naturaleza, como la de las mariposas de los abedules? ¿Se te ocurre representar esa situación de alguna forma? ¿Cuál?



Algunos procesos biológicos pueden ser estudiados mediante **modelos** o **simulaciones**. Son representaciones que permiten trabajar conceptos abstractos en forma práctica, describir o explicar fenómenos, y predecir resultados. Se supone que los modelos deben ser más simples que la realidad y tener en cuenta ciertas condiciones para que los resultados obtenidos puedan ser contrastados con lo que ocurre en la naturaleza.



### HORA DE HACER CIENCIA



- En grupo, construyan un modelo que simule el proceso de selección natural que observaron los científicos con las mariposas. Van a necesitar una cartulina gris y una blanca, una perforadora para papel y un cronómetro.
  - Corten las cartulinas por la mitad. Perforen una de las mitades de cada cartulina para obtener 30 círculos de cada color (cada uno representa una mariposa).
  - Coloquen la cartulina gris sobre una mesa y desparaplen 30 círculos grises y 30 blancos. Armen una tabla donde registren la cantidad inicial de círculos de cada color.
  - Para simular la captura de las presas, uno del grupo toma el rol de "predador" e intenta capturar durante 10 segundos la mayor cantidad de círculos posible, levantando uno por vez.
  - Al finalizar el tiempo, el resto del grupo cuenta los círculos de cada color que se capturaron y calculan cuántos quedaron en la cartulina. Anotan en la tabla los resultados.
    - ¿Cuáles fueron capturados en mayor proporción? ¿A qué se debe?
    - ¿Cómo pueden comparar esta simulación con el caso de las mariposas de la Revolución industrial?

#### Para seguir investigando:

- Repitan la experiencia anterior con los círculos que quedaron sobre la cartulina, duplicando su cantidad (simulan que las mariposas se reprodujeron).
- Anoten los resultados y vuelvan a intentarlo las veces que quieran. ¿Qué ocurre con la proporción de colores a lo largo de las generaciones? ¿Por qué esta experiencia es útil para simular la selección natural?

# ESPECIES Y POBLACIONES

**A** los individuos que vemos iguales en aspecto los consideramos de la misma especie. Pero esto no siempre resulta tan claro. Por ejemplo, perros tan diferentes en aspecto como el chihuahua y el gran danés son de la misma especie.

Por eso, los científicos tienen en cuenta también otra característica. Consideran de la misma especie a los individuos que pueden dar descendencia fértil, es decir, que pueden reproducirse.

Por lo tanto, el concepto de **especie** está relacionado con la posibilidad de reproducción: si los organismos son de la misma especie, es porque tienen generalmente un parecido físico y, además, pueden reproducirse entre sí. Más allá de su aspecto externo, son similares en su material genético y, al reproducirse entre ellos, mantienen sus características a lo largo de las generaciones.

Una definición, tal vez la más conocida y útil, fue propuesta por Ernst Mayr en 1942: los miembros de una misma especie pueden reproducirse y dejar descendencia fértil, pero están aislados reproductivamente de otras especies. En la actualidad, para clasificar una especie se



**Una de las características** que distinguen a estos ciervos axis de otras especies de ciervos es que de adultos no pierden las manchas blancas que tienen de cervatillos.

utilizan, además, caracteres estructurales, bioquímicos y genéticos.

A su vez, se define **población** como un conjunto de individuos de una misma especie que comparten un mismo lugar al mismo tiempo. Los individuos y las poblaciones tienen características distintas.

Si prestamos atención a la población de la especie humana, observaremos que, si bien todos nos parecemos, somos diferentes en algunos de nuestros rasgos físicos, en comportamientos e incluso en características que no se ven a simple vista. Algunas personas serán más altas, con diferente tipo y color de pelo y ojos, e incluso alguno de los que nos cruzamos podría ser diabético o del grupo sanguíneo B, pero no nos dariamos cuenta de eso simplemente mirándolo. Es decir que en una población existe variabilidad en las características morfológicas, fisiológicas y de comportamiento de sus individuos, y esto es válido para todas las especies.



©Rob Daly

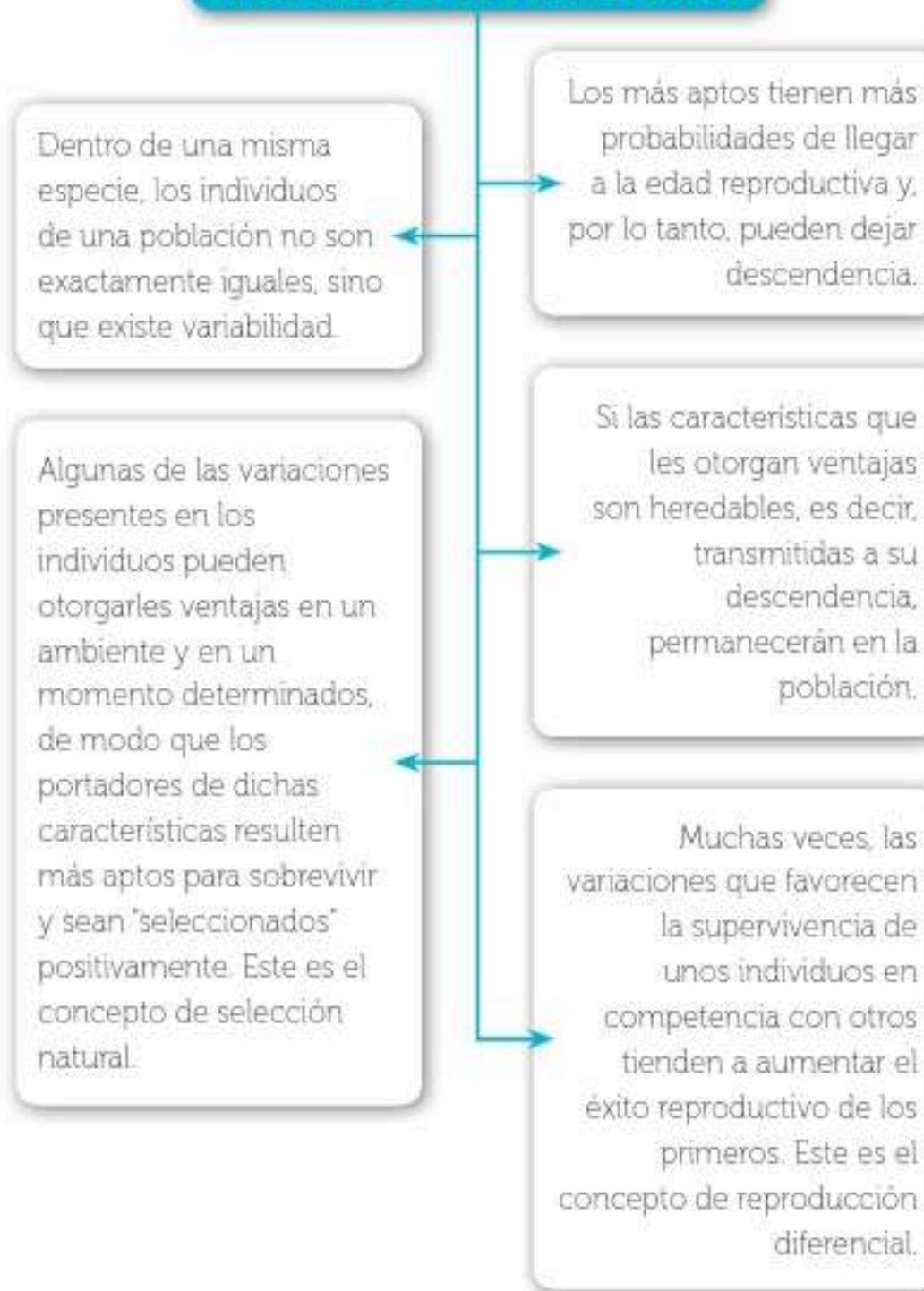
**Las poblaciones presentan variabilidad.** Una persona es alta o baja, no ambas cosas, pero en una población puede haber personas altas y bajas. Lo mismo ocurre con la información genética que heredamos de nuestros padres.

¿Te acordás de lo que planteaba Malthus? Los individuos que integran una población compiten entre sí por recursos. El alimento es un recurso, pero también lo son las parejas reproductivas o los sitios para anidar o esconderse. En las poblaciones, los individuos compiten por los recursos para crecer o reproducirse. A esta conclusión llegó Darwin después de sus observaciones y lecturas, ya que reconoció que hay una relación directa de los organismos con el ambiente en el que viven, crecen y mueren.

# LA TEORÍA DE LA EVOLUCIÓN

Como vimos, Darwin se tomó más de veinte años para reflexionar y elaborar su teoría de la evolución por selección natural y, finalmente, publicarla. Veamos algunos de sus aspectos fundamentales:

## Teoría de la evolución



Por lo tanto, para que pueda operar la selección natural hace falta que se den algunas condiciones; esto requiere la existencia previa de variabilidad (debida al azar) entre los individuos de una población. Aquellos con mayor éxito reproductivo serán los que dejen mayor cantidad de descendientes, es decir, se reproducirán más que otros, y transmitirán esas características a las siguientes

generaciones. Esto dará lugar a un lento cambio en una población durante cierto tiempo y originará finalmente la sustitución de una forma por otra.

A su vez, poblaciones diferentes de una misma especie se pueden distanciar y convertirse en especies distintas, fenómeno conocido como **especiación**.

¿En qué se diferencia esta teoría de la de Lamarck? Para ambos científicos, la participación del ambiente es fundamental, pero, en su teoría evolutiva, Darwin propone que no es el ambiente el que produce los cambios, sino el que los selecciona. Esto significa que probablemente tanto las variaciones individuales como las ambientales del pasado no son las que operan hoy.

Recordemos que la selección natural actúa sobre los organismos. El que no posea las características adecuadas para ese ambiente no sobrevivirá, y otro ser vivo que pertenezca a la misma especie y porte alguna variante ventajosa tal vez pueda hacerlo. Mientras tanto, la **evolución es un proceso que ocurre a nivel poblacional**, en el que los sucesivos cambios que se van acumulando en los individuos a lo largo del tiempo pueden hacer que esa población se constituya finalmente en una nueva especie.



El grueso pelaje y la grasa debajo de la piel les permiten a los osos polares habitar en lugares muy fríos, pero no aumentan sus posibilidades de supervivencia frente al ataque, por ejemplo, de una orca.



## Vale comprender

- Planteá un ejemplo de evolución de una especie de acuerdo con la teoría de Lamarck y, luego, reescribilo según la teoría de Darwin.

# LAS REPERCUSIONES DE LA TEORÍA

La publicación de *El origen de las especies* produjo grandes **controversias** a nivel científico, social, religioso y político. También hubo oposición entre varios científicos de la época. El más combativo de las ideas de Darwin fue el zoólogo inglés Richard Owen. ¿Los motivos? La teoría planteaba un proceso gradual que involucraba muchísimo tiempo. Recordá que en aquella época la edad de la Tierra se estimaba en unos pocos miles de años, tiempo insuficiente para explicar, según la nueva teoría, la gran cantidad de especies existentes.

Además, Darwin establecía que toda la diversidad biológica derivaba de una forma de vida ancestral, a partir de la cual la vida fue evolucionando hasta llegar al ser humano. Esto provocó enojo en gran parte de la sociedad de la época, que acusaba a Darwin de proponer a los monos como nuestros antepasados más cercanos.

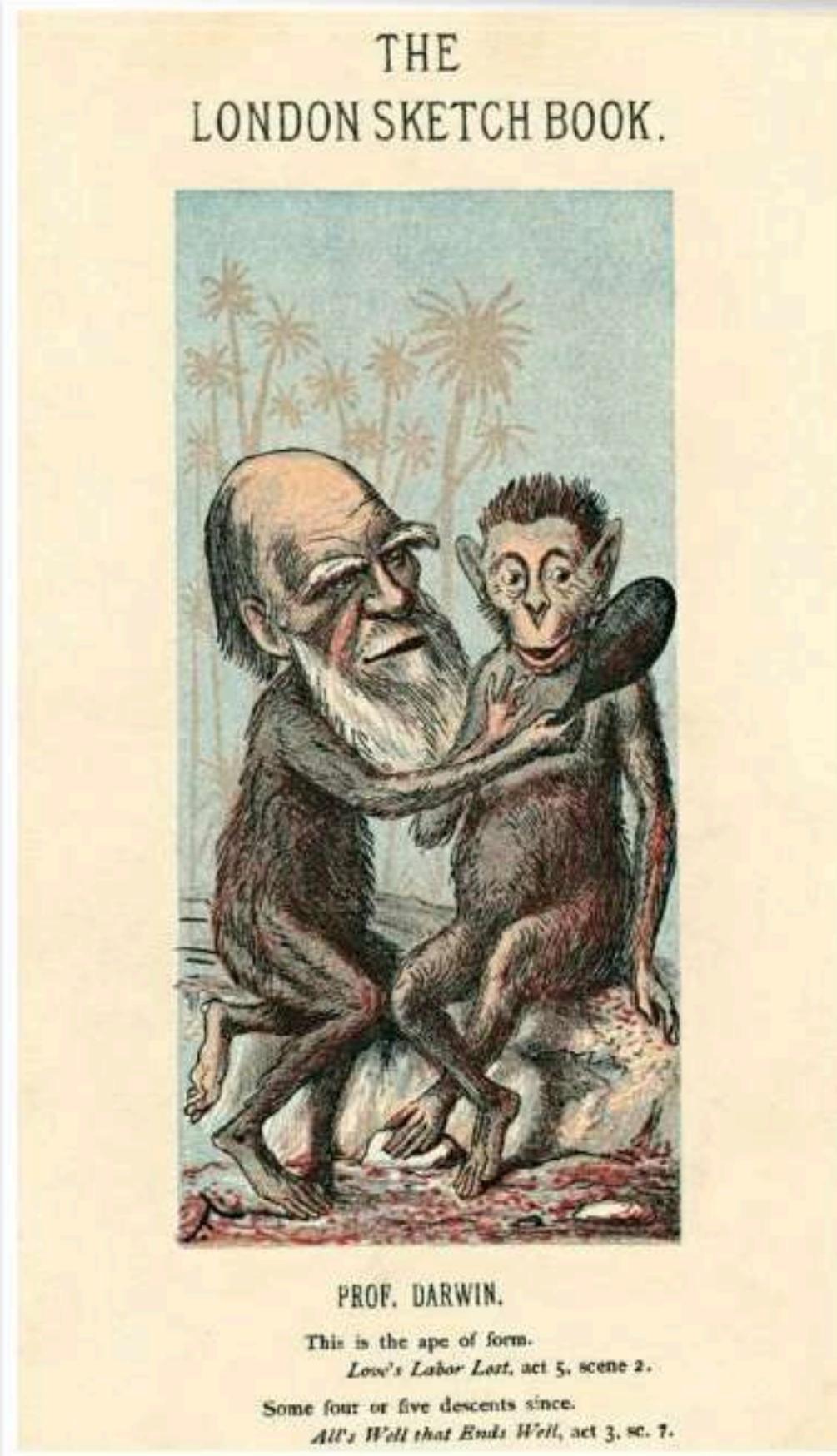
## LAS OBJECIONES A LA TEORÍA

En pocos años, sin embargo, la mayoría de los científicos aceptó que las formas de vida evolucionaban, aunque el mecanismo siguió siendo motivo de debate.

- Una de las objeciones a esta teoría era: ¿cómo se origina variabilidad en las poblaciones sin la influencia del ambiente? A diferencia de Lamarck, Darwin no creía que las variaciones en los seres vivos surgieran por un impulso vital que obligaba a la naturaleza a mejorar y hacer las formas de vida más perfectas, ni por voluntad o esfuerzo de los individuos por adaptarse al ambiente. Proponía que los cambios o variantes se originaban al azar.
- Otra objeción surgía de los fósiles: si la evolución implicaba cambios graduales, esto debería reflejarse en el registro fósil y encontrarse formas intermedias entre las especies extintas y las actuales, pero esto no es lo que se observaba. Darwin adujo que el registro fósil estaba incompleto, y que no todas las formas intermedias se habían fosilizado.
- Por último, si un ambiente en particular seleccionaba siempre a un mismo tipo de individuo, ¿no eliminaría esto la variabilidad con el paso de las generaciones? Se basaba en una suposición errónea, porque el ambiente cambia, no es constante durante largos períodos.

Pero Darwin no pudo explicar las causas de la variabilidad ni la forma en que las características adaptativas

AL ANALIZAR UNA **CONTROVERSIAS** CIENTÍFICA SE DEBE TENER EN CUENTA EL CONTEXTO HISTÓRICO Y CULTURAL EN EL QUE SE DESARROLLÓ EL CONOCIMIENTO CIENTÍFICO QUE LA GENERÓ.



**Caricatura de Charles Darwin** en 1879, que fue objeto de numerosas burlas. Una de las interpretaciones erróneas de lo propuesto por Darwin fue que el ser humano descendía del mono.

se transmitían a la descendencia. Simplemente porque, para esa época, todavía no se había descubierto el mecanismo de la herencia. Los primeros aportes sobre estos temas vinieron de la mano de Gregor Mendel en 1865, como veremos en el capítulo 9. Recién a mediados del siglo XX, con el conocimiento de las leyes de la herencia y de la estructura del ADN, pudieron realizarse diversos experimentos y observaciones que permitieron confirmar la teoría de la evolución por selección natural.

# PENSAMIENTO crítico



**6.** En estas páginas seguramente has leído acerca las diferentes posturas alrededor de las explicaciones de Darwin sobre la evolución de los organismos. ¡Tuvieron muchas repercusiones! Te proponemos que en grupo redacten un guion para una obra de teatro en la cual los actores discutan desde diferentes posturas la teoría de la evolución.

- a)** Entre los personajes del guion tienen que aparecer:
  - Un científico que acuerde con las teorías de Lamarck.
  - Owen.
  - Darwin.
  - Una persona a favor del creacionismo.
- b)** Les sugerimos que, además, investiguen en diversas fuentes acerca del contexto en el cual podría darse la obra. Costumbres, lugares en donde podrían ubicarse las escenas, indumentaria de los actores, etcétera.

**Elian cómo resolver:**

- c)** Una vez terminado el guion, ensayan una dramatización de la obra de teatro, que podrán estrenar en la feria de ciencias. También podrían filmarla y subir la producción al blog escolar. Pueden usar Blogger para armarlo.



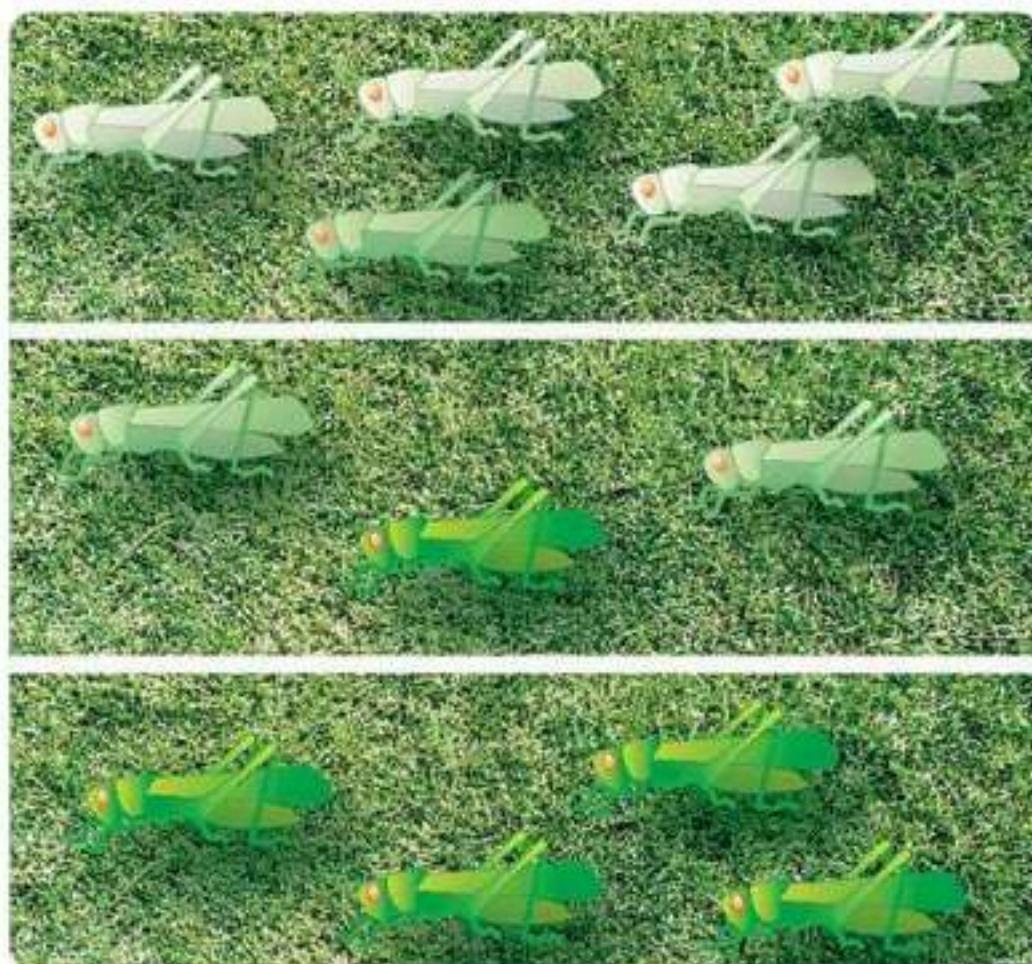
**7.** Imaginá con tu grupo una tapa y una contratapa para encuadrinar la obra de teatro que pensaron en la actividad 6. Para la tapa deberán seleccionar una imagen representativa. ¿Cuál sería? ¿Por qué? Diséñenla. Para la contratapa les proponemos un mapa conceptual explicativo. Podrán llevarlo adelante usando la herramienta C-map.



**8.** Leé en forma individual y luego resolvé.

Cuando un ambiente cambia, se producen nuevas necesidades en los organismos que lo habitan. Existe un impulso interno en los organismos vivos que genera nuevos órganos que se desarrollan progresivamente a medida que se usan. De la misma manera, ante la falta de uso, otros órganos se pierden o se atrofian.

- a)** ¿Qué pensador de la evolución podría sostener esta afirmación? ¿Por qué? ¿Estás de acuerdo con su postura?
- b)** ¿Con qué contraargumentarías esta afirmación? Podés nombrar algún científico protagonista de esta forma de explicar la evolución.
- c)** Observá la siguiente imagen. Muestra una población de langostas. ¿Qué epígrafe explicativo le pondrías si estuvieses de acuerdo con el primer argumento? ¿Y si estás de acuerdo con el segundo? ¿Por qué?



- d)** Te proponemos ahora que analices la siguiente situación: un compañero de aula considera que, debido a que Córdoba sufre un período de sequía, los sapos de dicha zona estarían engrosando sus pieles, con el fin de evitar las pérdidas de agua. ¿Estás de acuerdo con esa afirmación? ¿Por qué? ¿Qué argumentos usarías para sostener o refutar la idea? Escribilos.



# LAS ADAPTACIONES

Y a vimos que cuando Darwin reflexionó sobre las observaciones que realizó en las islas Galápagos, le llamó la atención el hecho de que cada especie de pinzones parecía estar adaptada a un tipo particular de alimento.

Lo mismo nos sorprendería analizar características de otras especies que resultan ser **adaptaciones**. Pero ¿qué es una adaptación? Es una característica que en algún momento surgió al azar y no forzada por el ambiente. Luego, y en determinadas condiciones ambientales, los individuos que poseían esa característica dejaron más descendencia, es decir, fueron seleccionados. Una adaptación aumenta las posibilidades de un organismo de sobrevivir y, por lo tanto, de reproducirse, y además es heredable.

Puede ser cualquier característica morfológica, funcional o de comportamiento que aumente la probabilidad de supervivencia y de éxito reproductivo de un organismo. En términos evolutivos, podemos decir que la adaptación de los organismos a su ambiente es el **resultado de la selección natural**. Se trata de un proceso lento y gradual, y a veces no es fácil establecer el proceso de selección que le dio origen.

¿Qué sucedería si un animal adaptado a zonas templadas, carente de reservas de grasa subcutánea, fuera depositado en el Polo Norte? Este animal no podría fabricar ese tipo particular de grasa y moriría de frío.

Entonces, es importante comprender que las características adaptativas no son buenas de por sí, sino que lo son en un ambiente determinado. Por eso decimos que los organismos "están adaptados", y no que "se adaptan".

## TIPOS DE ADAPTACIONES



### Adaptaciones fisiológicas

Ante la llegada del otoño, algunos árboles pierden sus hojas y disminuyen así su actividad. La retomarán en la primavera, con el aumento de las horas de luz y de temperatura. Son características que se relacionan con el funcionamiento de un organismo.

©Sandra Clegg



### Adaptaciones morfológicas

La forma del pico y del cráneo de los pájaros carpinteros les permite romper a picotazos la madera para extraer larvas de insectos y fabricar sus nidos. Estas adaptaciones son apreciables en el cuerpo de los seres vivos.



©Kryssia Campos

### Adaptaciones de comportamiento

Hay insectos, como las hormigas, que forman organizaciones en las que cada una realiza una tarea. En la imagen se observan hormigas obreras que transportan las hojas a sus nidos. Son cambios en las actividades que realizan los seres vivos.

## SELECCIÓN NATURAL Y RESISTENCIA

Sabemos que la selección natural se produce porque algunos individuos dentro de una población, los mejor adaptados, se reproducen más que los otros y, por lo tanto, dejan mayor descendencia. Pero esto no implica que el resto de los individuos de esa población no se reproduzcan, sino que su aporte a las futuras generaciones es menor.

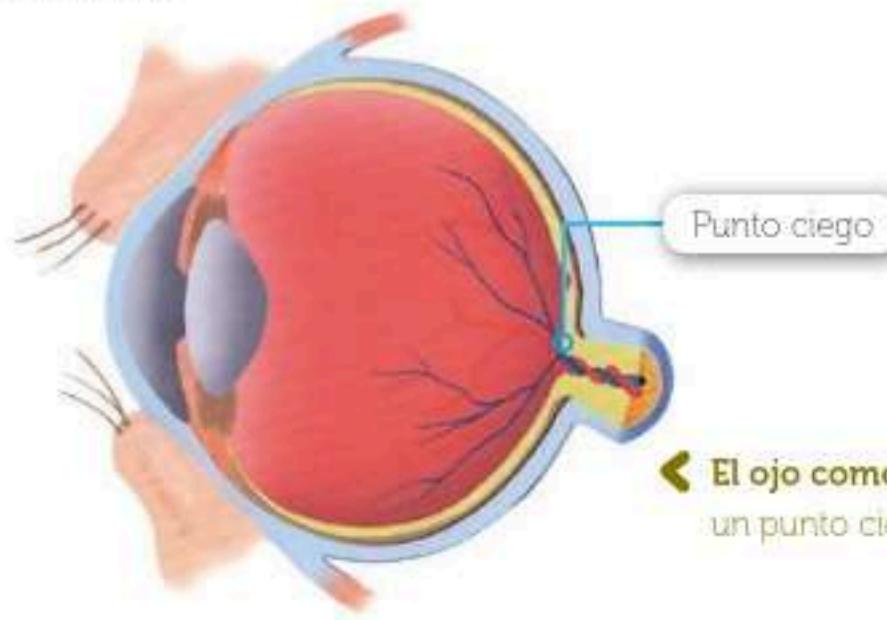
En el caso de la selección artificial, en la que el mecanismo de selección natural ocurre en períodos muy cortos, puede darse que los menos adaptados mueran. Pensemos, por ejemplo, que cuando usamos una sustancia tóxica para eliminar una plaga, dentro de esa población pueden existir individuos que sean resistentes; ellos serán los únicos sobrevivientes y los que se reproducirán. Es lo que ocurre con las poblaciones de cucarachas al aplicar insecticida, ya que algunas mueren y quedan vivas solamente las que son resistentes. Por lo tanto,

la resistencia no se adquiere durante la vida de los organismos, sino que la selección operó sobre la variabilidad previa de cucarachas que había en esa población.



## ADAPTACIONES Y LA "PERFECCIÓN" DE LOS SERES VIVOS

La adaptación de los organismos a su ambiente nos puede llevar al error de considerar que los seres vivos son "perfectos" o que toda estructura debe ser una "adaptación para algo". Darwin se preocupaba por encontrar explicaciones a las estructuras y los mecanismos considerados perfectos, y reconocía que muchos de ellos son imperfectos.



El ojo como órgano es complejo, pero no perfecto, ya que posee un punto ciego donde no se forman imágenes.

## ACLIMATACIÓN: UNA ADAPTACIÓN NO EVOLUTIVA

Es muy común confundir el término *adaptación* con *aclimatación*. Por ejemplo, si trasladamos una planta de un lugar soleado a otro más sombrío, esta cambiará su aspecto y producirá hojas más oscuras. Ante este hecho decimos que la planta "se adaptó" a las nuevas condiciones, pero lo cierto es que esto ocurrió durante la vida de la planta, y en ciertas condiciones. ¿A qué nos referimos? A que, si la planta queda totalmente a oscuras, morirá. También nosotros podemos adaptarnos, dentro de ciertos límites, a diferentes temperaturas y a diversas intensidades de luz.

Otro ejemplo que seguramente escuchaste es que cuando una persona se traslada a lugares de altura, suele apunarse (le falta el oxígeno y se descompone), y necesita pasar un tiempo en el lugar para sentirse bien de nuevo. En cambio, las personas que viven a grandes altitudes no padecen ese mal, llamado *mal de la montaña* o *soroche*, ya que su cuerpo se encuentra aclimatado. ¿Qué significa? El cuerpo compensa la falta de oxígeno aumentando la cantidad de glóbulos rojos, por lo tanto, puede captar más oxígeno y transportarlo por el organismo. Esta adaptación ocurre durante la vida del organismo, pero no se hereda.



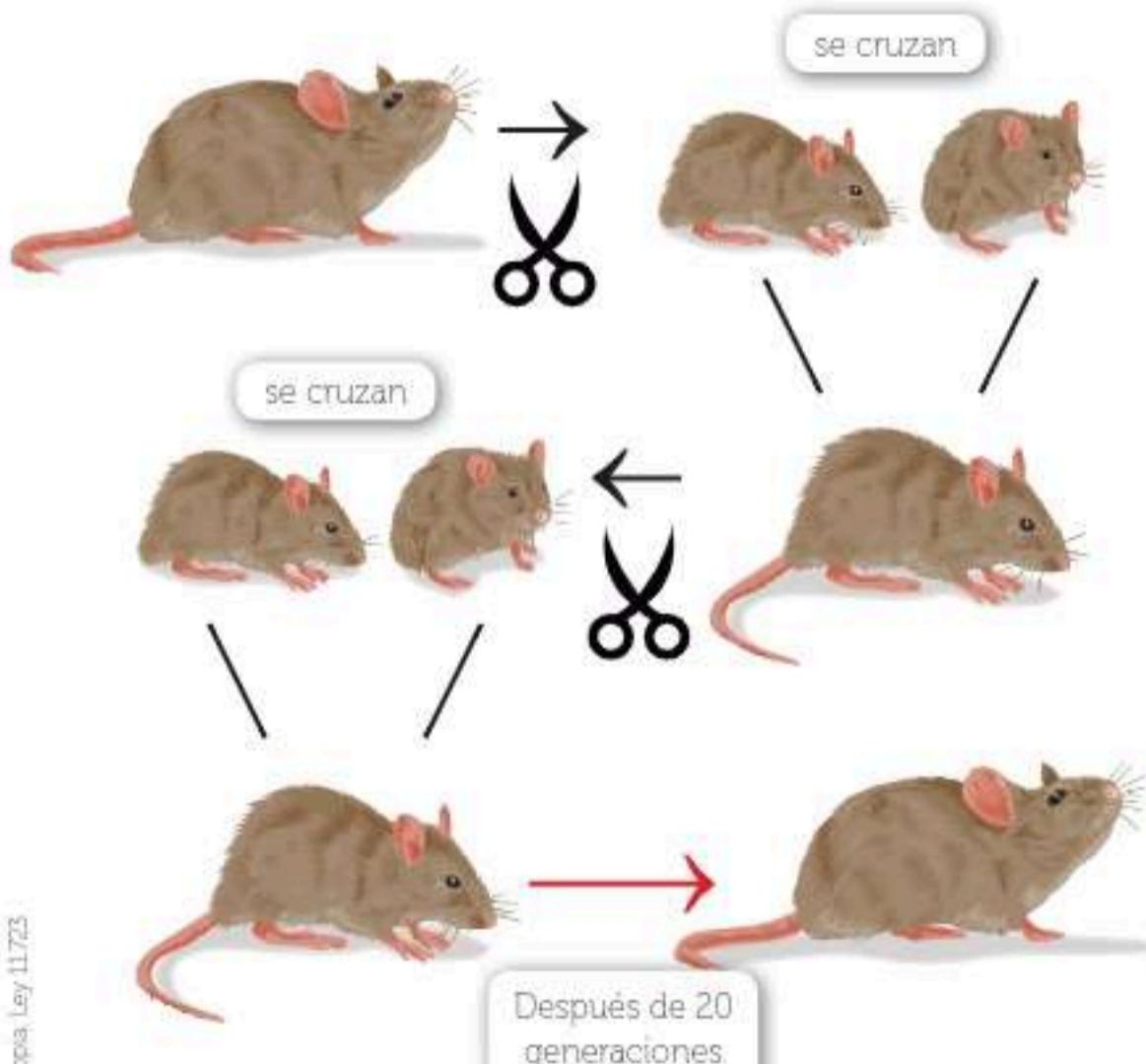
A medida que ascendemos sobre el nivel del mar, disminuye el oxígeno en el aire, y nuestro organismo debe aclimatarse a esa nueva condición.

# LA TEORÍA SINTÉTICA DE LA EVOLUCIÓN

Luego de la publicación de *El origen de las especies*, en 1859, se sucedieron importantes hallazgos que, lograron explicar las objeciones planteadas a la evolución por selección natural.

La herencia de los caracteres adquiridos, idea antigua y fuertemente arraigada, fue finalmente desestimada en 1883. Por ese entonces, el biólogo alemán August Weismann realizó diversos experimentos para demostrar que las características adquiridas durante la vida de un organismo no son heredadas por sus descendientes. Lo comprobó experimentalmente reproduciendo ratones y erizos, y llegó a la conclusión de que los organismos poseen dos clases de células: las **somáticas** y las **germinales**. Las somáticas son las que constituyen las diferentes células del cuerpo, mientras que las germinales dan origen a las células sexuales o gametos.

Las características adquiridas afectan el desarrollo de las células somáticas, razón por la cual no pasan a la descendencia.



Weismann les cortaba la cola a los ratones al nacer y los cruzaba para que se reprodujeran. Después de veinte generaciones, los ratones seguían naciendo con cola. Demostró así que los caracteres adquiridos en el transcurso de la vida de un organismo no serán heredados por sus descendientes.

A principios del siglo xx se descubrieron las **mutaciones** (alteraciones en el material genético), y los biólogos pudieron observar en el microscopio la separación de los cromosomas –material genético condensado– durante la formación de los gametos. Las “partículas” que Mendel mencionaba existían y estaban en los cromosomas, como veremos en detalle en el capítulo 9.

La evolución requiere cambios y variabilidad genética, pero a nivel de las poblaciones, ya que los individuos nacen y mueren con la misma información genética. Fue así como nació la genética de poblaciones, una disciplina encargada de describir la información genética presente en las poblaciones y de estudiar los cambios que en esta se producen a lo largo de las generaciones.

Esta serie de descubrimientos, que parecían inconexos, se integraron entre 1930 y 1940, y dieron origen a lo que se conoce como **teoría sintética de la evolución**.

Esta teoría, aceptada actualmente por la comunidad científica, propone que la evolución ocurre, principalmente de forma gradual, por cambios en el material genético acumulados en las poblaciones a lo largo de las generaciones. A los defensores de esta teoría se los llama **neodarwinistas**. Más integradora y explicativa, esta teoría propone que el ADN en las poblaciones varía en forma aleatoria, y no por acción del ambiente. Y sobre esta variabilidad actúa la selección natural, la cual se considera el principal mecanismo de la evolución.



## Vale comprender

9. Buscá la palabra “azar” en el diccionario.
  - a) Anotá la acepción que se vincula con el tema del capítulo.
  - b) Identificá en el texto de esta página dónde interviene el azar, y reescribi el párrafo reemplazando lo que corresponde por esa palabra.



# RESOLUCIÓN DE problemas

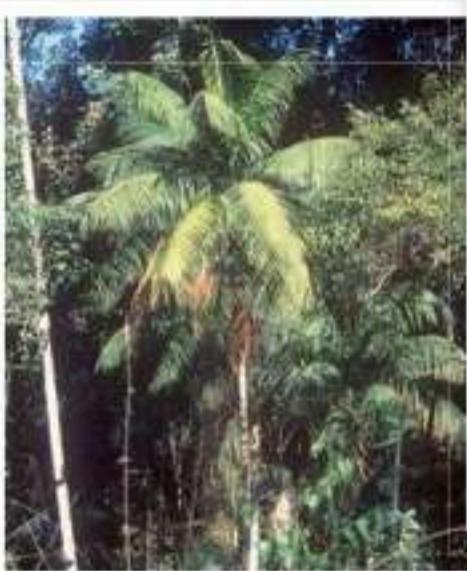


10. Suponé que tu escuela realiza anualmente un campamento científico en la selva misionera, del cual participás todos los años. A tu grupo le toca contar las mariposas que se pueden observar en determinada parcela usada para investigación. Con esos datos, y observando las imágenes, sacan sus conclusiones.

En el campamento de 1980 se contaron 94 mariposas verdes y 28 mariposas coloradas.

En el campamento del año 2000 se contaron 56 mariposas verdes y 58 coloradas.

En el 2019, ustedes pudieron contar 28 mariposas verdes y 89 mariposas coloradas.



La primera imagen corresponde a la parcela estudiada en 1980. La segunda corresponde al mismo lugar en 2019.

- ¿Qué les parece que puede haber influyendo en los diferentes resultados encontrados año tras año con las mariposas del lugar?
- Elaboren un texto explicativo de la situación con el cual podría acordar Charles Darwin. ¿Qué pensaría Lamarck de ese texto? Escriban la postura de Lamarck. Identifiquen con cuál acuerdan y por qué.
- Realicen un gráfico que muestre la variación de las poblaciones de mariposas coloradas y verdes en 1980, 2000 y 2019. Pueden usar ONLYOFFICE.



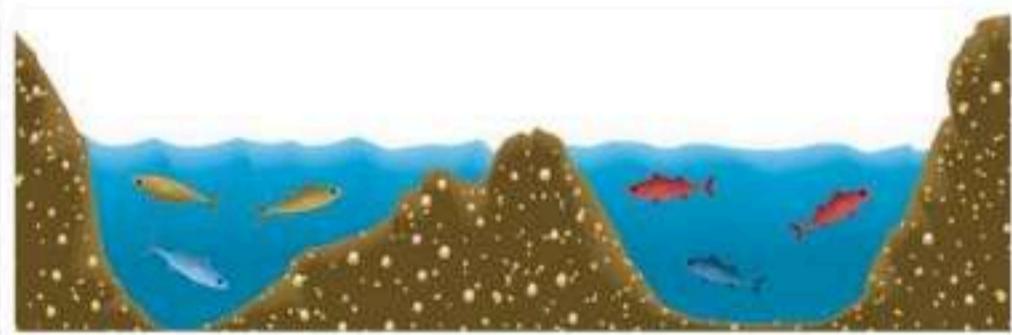
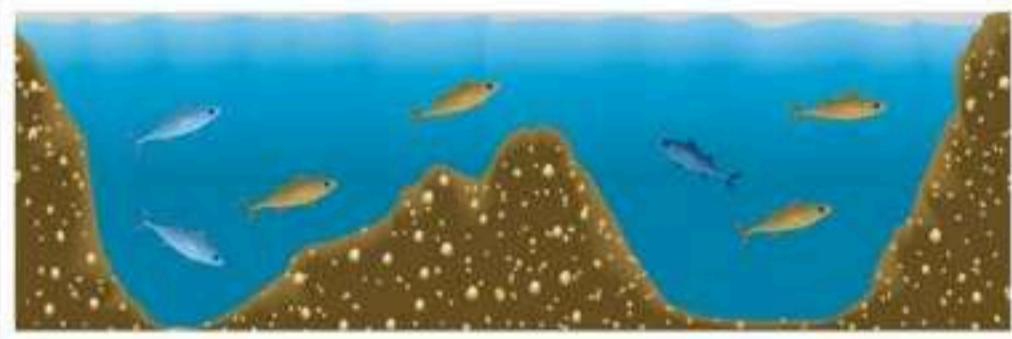
## EL ORIGEN DE NUEVAS ESPECIES

En el capítulo 1 hablamos de la gran diversidad biológica o biodiversidad que existe en nuestro planeta. Explicarla no es una tarea sencilla. Los biólogos se dedican a estudiar los mecanismos evolutivos capaces de generar especies en la actualidad, pero no pueden reproducir eventos históricos que ya pasaron. Ellos enuncian hipótesis sobre cómo dos especies surgieron a partir de otra especie ancestral, pero no pueden reproducir ese hecho. Entonces, lo que sí hacen es estudiar los procesos de especiación que están ocurriendo en este mismo momento, es decir, el mecanismo por el cual aparece una o más nuevas especies a partir de otra anterior.

Para que ocurra especiación, es necesario que dos o más poblaciones de la misma especie queden aisladas entre sí y que estas poblaciones difieran genéticamente lo suficiente como para que, en caso de encontrarse nuevamente, no puedan reproducirse entre sí.

¿Cómo surgen estas barreras de aislamiento reproductivo? Se han descripto y estudiado diversos tipos de especiación, pero uno de los más comunes es la **especiación alopátrica**.

El término *alopátrico* significa "diferente patria", ya que las especies diferentes se originan a partir de una población original que quedó separada geográficamente en dos. El tipo y la escala de aislamiento dependen del tipo de organismo.



En el caso de los peces, la barrera geográfica puede originarse por descenso del nivel del agua. De este modo, dos poblaciones de una misma especie de pez quedarán en sendos lados de la barrera. Si el aislamiento se mantiene en el tiempo, se terminan originando a un lado y otro de la barrera dos especies diferentes y nuevas.

El levantamiento de una montaña puede hacer que una población de individuos que solo puede vivir en tierras bajas quede dividida en dos **subpoblaciones** separadas por la formación montañosa.

En cada subpoblación pueden aparecer cambios en los individuos, de modo que dichas subpoblaciones difieran levemente. La selección natural actuará de distinta manera en cada subpoblación, e irán divergiendo hasta que en determinado momento las diferencias sean tales que, aunque los individuos pudieran volver a juntarse, ya no podrían repro-

ducirse. En este punto, podemos considerar que se trata de dos especies. Este modelo de especiación por aislamiento reproductivo es el propuesto actualmente para los pinzones de las islas Galápagos.

En la naturaleza, en muy pocos casos, también existe la posibilidad de reproducción entre especies diferentes, pero los organismos resultantes, o **híbridos**, son estériles o tienen una menor probabilidad de reproducirse. Este es el caso de las mulas, que nacen de la cría entre un burro (*Equus asinus*) y una yegua (*Equus caballus*). Las mulas no son fértiles y no pueden dejar descendencia.



Estas dos especies argentinas, el choique (o ñandú patagónico) y el ñandú, serían el resultado de un proceso de especiación alopátrica debido a diferencias entre la zona patagónica y la llanura pampeana.

El cereal **triticale** es un híbrido entre el trigo y la cebada obtenido en el laboratorio.

## EvaluáDOS

11. Copiá las siguientes consignas en una hoja y completalas. Luego, intercambialas con las de un compañero o compañera. Cada uno, lea atentamente lo que escribió el otro y comenten lo que crea conveniente. Si lo considerás necesario, después de leer las otras respuestas y los comentarios recibidos, podés modificar las tuyas.

- Los temas principales del capítulo son.....
- Un concepto que me resultó tal como lo pensaba, o exactamente al revés, es.....
- Para resolver la actividad 6, era necesario saber sobre las teorías de evolución y su historia debido a.....
- Fue productivo trabajar de manera colaborativa en la resolución del Vale hacer ciencia, porque.....



Buscalos en el

**Espacio TIC**



# 3

# Las primeras células

©Mark Ireland



En la Bahía Shark, en el oeste de Australia, se encuentran estromatolitos, asociaciones de microorganismos que están presentes en la Tierra desde hace alrededor de 3.500 millones de años.

## EL ORIGEN DE LA VIDA

Seguramente, mirando una peli, con un juego o charlando con tus amigos, apareció el tema de **cómo surgió la vida en el planeta**. No solo la de los primeros seres humanos, sino la de los primeros seres vivos. El origen de la vida ha sido, y lo es todavía hoy, un tema que despierta curiosidad.

A lo largo de la historia, los científicos han propuesto distintas explicaciones, algunas basadas en experimentaciones y otras, en creencias populares o religiosas. Ya los filósofos de la antigua Grecia, entre ellos Aristóteles, hace unos 2.000 años, creían que muchos seres vivos podían generarse espontáneamente a partir de la materia inerte, lo que se conoció posteriormente como **teoría de la generación espontánea**. Aristóteles sostenía que los animales, además de aparearse, podían surgir de la materia en descomposición, en la cual había una "fuerza vital" que permitía originar seres vivos cuando las condiciones eran adecuadas. Esta idea estuvo vigente durante mucho tiempo.

En el siglo xvii, muchos científicos seguían pensando que los gusanos que aparecían en la carne en mal estado se originaban a partir de la propia carne. Pero algunos no estaban convencidos de esta idea. Entre ellos se encontraba el médico italiano Francesco Redi, quien diseñó un experimento para comprobar que los seres vivos no se generaban a partir de la materia en descomposición, sino que provenían de otros seres vivos.

“La cuestión relativa al origen de la vida pertenece al grupo de los problemas más importantes y básicos de las ciencias naturales. Toda persona, cualquiera que sea su nivel cultural, se plantea este problema más o menos conscientemente”.

Alexander Oparin (1894-1980).  
Bioquímico ruso que estudió el origen de la vida.



## EL EXPERIMENTO DE REDI

¿Qué hizo Redi? Colocó trozos de carne dentro de frascos de vidrio: uno abierto; otro cubierto por una tela delgada y otro herméticamente cerrado. Luego de un tiempo, observó que los gusanos (larvas de moscas) aparecían solo sobre la carne del frasco abierto, al que podían entrar las moscas.

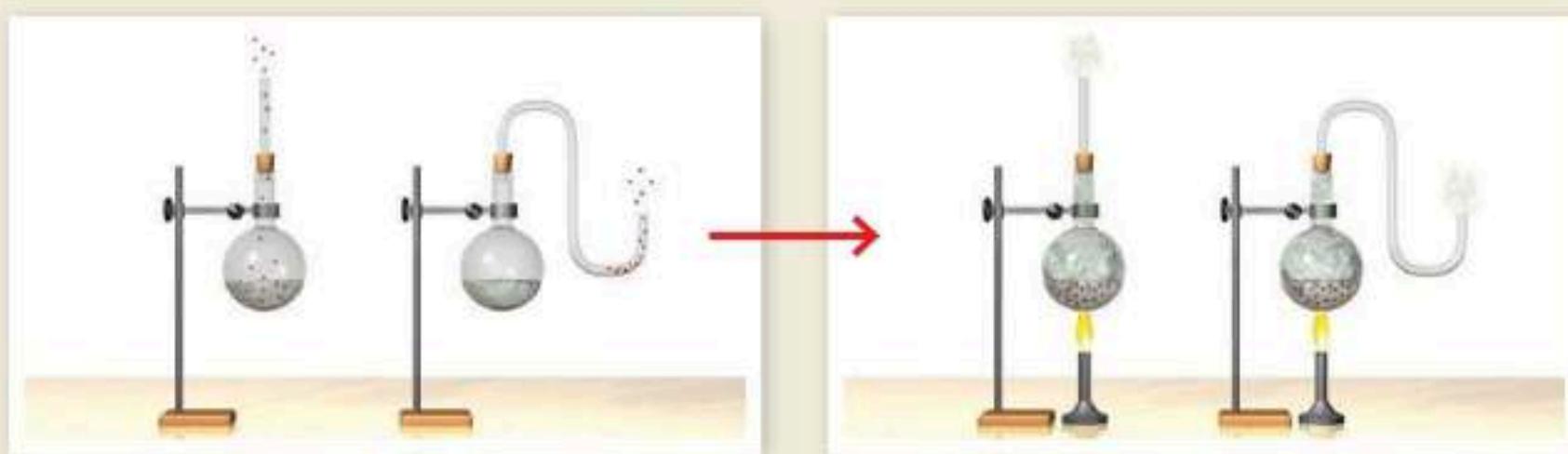
Frente a esta evidencia, Redi sostuvo que los gusanos no provenían de la carne en mal estado, sino de los huevos que las moscas habían depositado sobre la carne; por lo tanto, los gusanos provenían de otros seres vivos, en este caso, las moscas. A partir de esta experiencia, la teoría de la generación espontánea fue perdiendo cada vez más fuerza.

En 1745, el inglés John Needham realizó otra experiencia. Distribuyó un caldo líquido nutritivo en diversos frascos, los puso a hervir durante treinta minutos y luego tapó todos los frascos con corchos. Al cabo de unos días observó con el microscopio muestras de los frascos. ¡Estaban repletos de microorganismos! Entonces, si los caldos estaban hervidos, y a través del corcho supuestamente no podía pasar nada, ¿de dónde se originaban los microorganismos? La conclusión a la que arribó Needham fue contundente: “A pesar de que se esterilicen los medios de cultivo, los microorganismos aparecen espontáneamente”. Como verás, la discusión continuaba, y la corriente del “principio vital”, también conocida como **abiogénesis**, tardó muchos siglos en ser desterrada.



## EL EXPERIMENTO DE PASTEUR

Fue recién a mediados del siglo xviii cuando el químico francés Louis Pasteur, por medio de un sencillo pero muy efectivo experimento, logró refutar finalmente las ideas de la generación espontánea.



En el experimento, Pasteur colocó al calor balones de vidrio con caldos contaminados con microbios. Estos recipientes tenían cuellos diferentes (uno recto y uno curvo).

Luego de eliminar los microorganismos por calor, al tiempo crecían nuevamente en el balón de cuello recto (entraban desde el aire), mientras que en el de cuello de cisne, los microorganismos quedaban atrapados (no podían pasar del aire al caldo) y el líquido permanecía estéril.

Este experimento demostró de manera contundente que ni siquiera los microorganismos podían aparecer de manera espontánea. La corriente de la abiogénesis perdió sustento y fue dejada de lado para siempre. Pero si bien este experimento logró comprobar que todo ser vivo, incluso los microscópicos, proviene de otro ser vivo, aún quedaba un interrogante por resolver: ¿cómo se originó la vida en la Tierra?

# LA APARICIÓN DE LA VIDA EN LA TIERRA

Luego de que los resultados experimentales obtenidos por Pasteur eliminaran por completo la idea de la generación espontánea, el interrogante de cómo apareció en la vida en la Tierra cobró fuerza entre los científicos, que ya sabían que los seres vivos no surgen de la materia orgánica en descomposición.

Existen explicaciones basadas en fundamentos religiosos que sostienen que el origen de todo lo existente es a partir de un Dios creador, postura denominada creacionismo. Pero desde el punto de vista científico, a partir del siglo XX se trabaja con dos hipótesis posibles: la panspermia y la síntesis prebiótica.

En 1908, el químico sueco Svante August Arrhenius propuso la hipótesis de la panspermia (del griego *pan*, "todo", y *spermia*, "semilla"), según la cual la vida no se habría originado en nuestro planeta, sino que llegó desde el espacio exterior. ¿Cómo? Según Arrhenius, la vida en la Tierra se originó a partir de esporas (estructuras reproductivas de las bacterias) que llegaron hasta nuestro planeta desde otros lugares del cosmos; por ejemplo, algún meteorito pudo haber traído consigo estas formas reproductivas que encontraron aquí las condiciones adecuadas para desarrollarse.

©Pete Saloutos



▲ Ingreso de un meteorito a nuestro planeta.



## Vale comprender

1. Revisá el texto de esta página y resolvé las consignas.
  - a) Subrayá aquellas palabras de las que desconozcas su significado.
  - b) Buscalas en el diccionario y escribí en tu carpeta la acepción que más se ajuste al tema que se trata en la página.
  - c) Intentá reemplazarlas en el texto donde las marcaste.

EN LA CONSTRUCCIÓN DEL CONOCIMIENTO CIENTÍFICO ES NECESARIO PONER A PRUEBA LAS HIPÓTESIS PARA SOSTENERLAS. EN EL CASO DE SU VERACIDAD, O BIEN RECHAZARLAS MEDIANTE ARGUMENTOS VÁLIDOS.

Esta hipótesis tiene varias críticas: algunos astrofísicos sostienen que ninguna forma de vida, incluidas las esporas, podrían resistir las condiciones que reinan en el vacío, como las temperaturas extremadamente bajas o la radiación cósmica. Pero investigaciones posteriores han dado un nuevo empuje a esta hipótesis, debido a que se han encontrado moléculas orgánicas en cometas. Estas nuevas observaciones han dado origen a una nueva rama de la ciencia, la exobiología, que es la búsqueda de vida en el espacio exterior. Los exobiólogos sostienen que quizás sabiendo si hay vida en otros planetas podremos saber cómo se originó la vida en el nuestro.

El avance en la tecnología permite explorar cada vez mejor todo lo que proviene del espacio. Las sondas espaciales son ejemplos.

Sin embargo, esta hipótesis no explica cómo se originó la vida en el cosmos, cómo resistieron estas células las condiciones desfavorables durante la travesía espacial o el intenso calor al caer el meteorito en la Tierra.

La otra hipótesis planteada acerca del origen de la vida en el planeta es la de la hipótesis de evolución química o síntesis prebiótica. Es la más aceptada actualmente en la comunidad científica y la que veremos en detalle en las próximas páginas. Fue propuesta inicialmente por el biólogo inglés Thomas Huxley, y retomada a principios del siglo XX por el biólogo inglés John Burdon S. Haldane y por el bioquímico ruso Alexander Oparin. De acuerdo con esta hipótesis, la vida sería el resultado del largo proceso de evolución química de las moléculas en el transcurso de miles de millones de años.



# RESOLUCIÓN DE problemas



2. Imaginate que llevás adelante una investigación relacionada con la existencia de vida tal como la conocemos, pero fuera del planeta Tierra, y recibís la siguiente noticia.

## El rover *Curiosity* halla moléculas orgánicas durante sus perforaciones en Marte

El rover *Curiosity* de la NASA ha hallado moléculas orgánicas en rocas sedimentarias de 3.000 millones de años de antigüedad cercanas a la superficie de Marte, por lo que en un pasado remoto puede ser que el planeta tuviera las condiciones necesarias para la vida, según ha revelado hoy la NASA. El vehículo de exploración espacial realizó perforaciones en unas rocas sedimentarias que se encuentran en cuatro zonas del cráter Gale. Estas rocas sedimentarias, denominadas *lutitas*, se formaron gradualmente hace miles de millones de años a partir del sedimento que se acumuló en el fondo de un antiguo lago. [...]

"*Curiosity* no ha determinado la fuente de estas molé-

culas orgánicas", explica Jennifer Eigenbrode, del Goddard Space Flight Center de la NASA y la principal autora de un estudio que ha sido publicado el 8 de junio en *Science* [...]. "La superficie marciana está expuesta a la radiación procedente del espacio. Tanto la radiación como los productos químicos fuertes descomponen la materia orgánica. Hallar antiguas moléculas orgánicas en los cinco centímetros superiores de roca que fue depositada cuando Marte pudo ser habitable es un buen augurio para aprender la historia de las moléculas orgánicas en Marte con las futuras misiones que perforarán a mayor profundidad", afirma Eigenbrode.

Fuente: Alec Forssman, 7/6/18 (<https://bit.ly/2Jxx2Tl>).

- a) Despues de leer la noticia, ¿podrías decir qué condiciones tendrías en cuenta para pensar que es posible la vida en un planeta determinado? Armá una lista.
- b) Teniendo en cuenta la información obtenida en la consigna anterior, ¿en qué otros lugares del Universo, además de Marte, buscarías indicios de vida si fueseas científico? Si es necesario, tendrás que investigar en otras fuentes.
- c) Imaginate que en tu laboratorio te piden que plantees cuáles serían las ventajas de que la primera célula proviniese del espacio exterior. Conjeturá al menos tres posibilidades.
- d) Elaborá un informe que comprenda las respuestas de todas las consignas anteriores. Incluí cómo se relacionaría la idea del ancestro común si se probara la hipótesis de que la vida proviene del espacio exterior. Podés hacer el informe con Open Office.
3. Al trabajar con un tema nuevo.
- Consultás en la biblioteca escolar.
  - Buscás en internet sobre el tema.
  - Investigás en todas las fuentes disponibles (biblioteca, sitios de internet, etc.).



# LA TIERRA PRIMITIVA

Una de las primeras preguntas que se plantearon los científicos para estudiar el comienzo de la vida fue cómo era el paisaje inicial del planeta. Se estima que hace aproximadamente 4.600 millones de años, cuando se formó el planeta Tierra, las condiciones de la atmósfera y del planeta, además de ser muy hostiles, eran totalmente distintas de las que hoy conocemos y, paradójicamente, si bien fueron necesarias para el origen de la vida, si hoy existieran esas mismas condiciones, la vida en el planeta se extinguiría.

Para empezar, se estima que la temperatura de la Tierra era altísima, tan elevada que casi provocaba la fundición de las rocas de la superficie terrestre. Además, nuestro planeta se encontraba sujeto al bombardeo de enormes meteoritos que provenían del cosmos, que chocaban con la superficie terrestre y la erosionaban, y provocaban cráteres de grandes dimensiones. Como consecuencia de estos impactos, se habría generado una gran actividad volcánica que liberó gases a la atmósfera, y así se acumularon hidrógeno, dióxido de carbono, metano, amoniaco, dióxido de azufre y vapor de agua. Estas sustancias formaron una atmósfera primitiva que retuvo el calor del Sol, con el consiguiente aumento de la temperatura.

Por otro lado, este intenso calor y el constante bom-

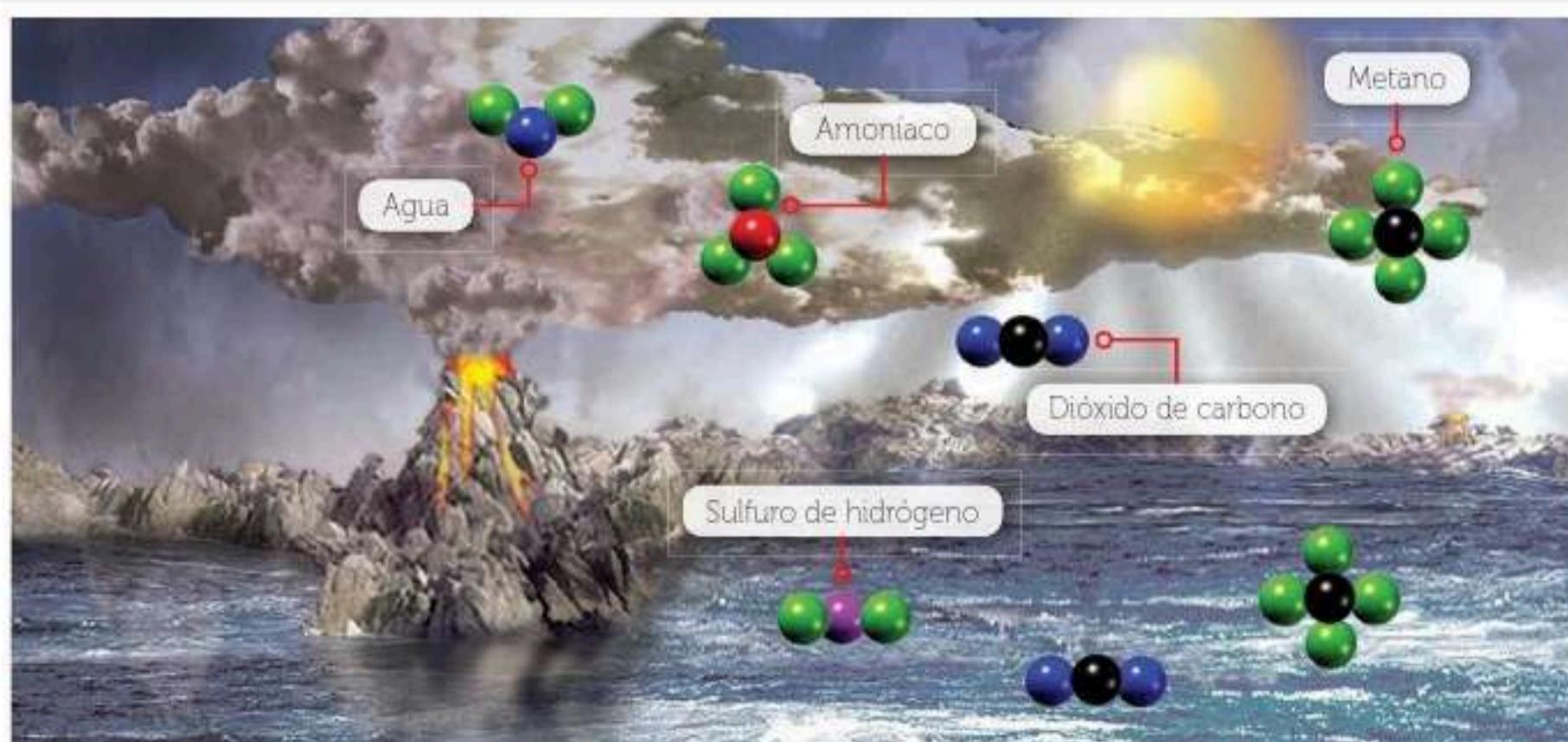
bardeo con meteoritos hacían que todos los materiales sobre la superficie terrestre estuvieran fundidos, en estado líquido. Los metales más pesados, como el hierro y el níquel, se desplazaron hacia el interior del planeta, donde aún permanecen en estado fluido, mientras que los materiales menos densos, como la sílice (componente principal de la arena), flotaban sobre ellos.

A la vez, la atmósfera primitiva era muy distinta de la actual. Por lo pronto, no había oxígeno libre, sino que este elemento químico se encontraba combinado con otros elementos formando dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) y vapor de agua ( $\text{H}_2\text{O}$ ); también había metano ( $\text{CH}_4$ ), amoniaco ( $\text{NH}_3$ ), sulfuro de hidrógeno ( $\text{SH}_2$ ) y nitrógeno ( $\text{N}_2$ ).

A medida que la temperatura empezó a descender, el vapor de agua pasó al estado líquido y comenzó a precipitar en forma de lluvia, lo que provocó la formación de grandes masas de agua líquida sobre la superficie de la Tierra. De esta manera se formaron los primeros mares, ríos y océanos. Probablemente este fue el escenario donde surgieron las primeras células que dieron origen a la gran biodiversidad que se conoce en la actualidad.

Si queremos imaginar cómo era el planeta en aquellas épocas, tenemos que hacerlo observando las erupciones volcánicas y los géiseres, que arrojan agua en estado de vapor que proviene del interior de la Tierra, y a eso agregarle descargas eléctricas y lluvias de meteoritos. ¿Te parece posible que la vida comenzara en esas condiciones? Aparentemente, hace 3.800 millones de años se dieron las condiciones para que sucediera.

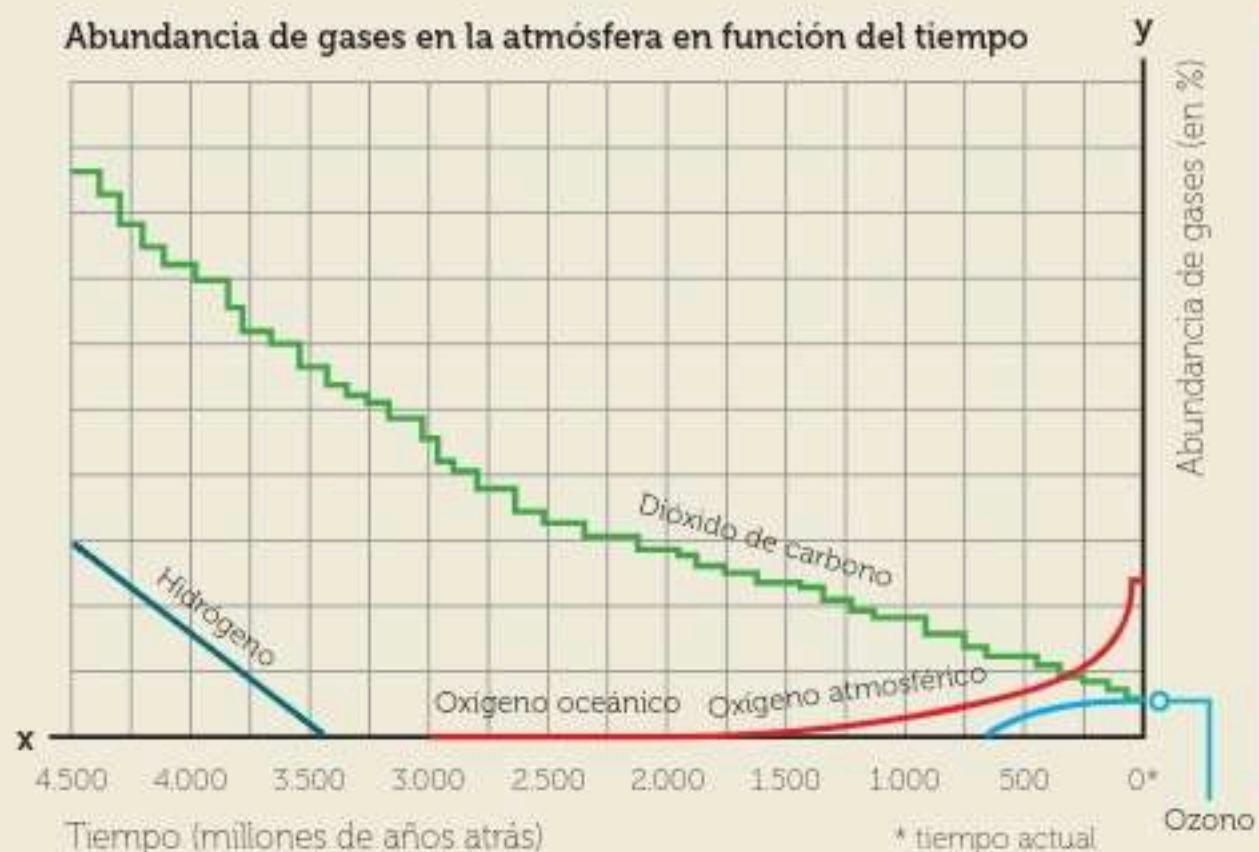
Hidrógeno	
Carbono	
Nitrógeno	
Oxígeno	
Azufre	



Las imágenes representan las características que supuestamente tenía la Tierra hace millones de años. El impacto de meteoritos sobre la superficie terrestre habría favorecido la erupción de los volcanes, que liberaron gases a la atmósfera.

### ANALIZAR GRÁFICOS

- Observá el siguiente gráfico. ¿Con qué tema del capítulo se relaciona? ¿Qué información aporta, según vos?



- El título indica qué es lo que el gráfico está mostrando.
- Las referencias son información adicional. En general, se colocan al costado del gráfico.
- Hay dos ejes, uno vertical o **eje de ordenadas (y)** y otro horizontal o **eje de abscisas (x)**. La leyenda de los ejes indica qué se está observando, por ejemplo, abundancia de gases y tiempo.
- En cada eje se coloca la unidad de medida que se está graficando (por ejemplo, millones de años atrás).
- En los ejes se coloca una escala para dividir el espacio en las unidades que se requieran (por ejemplo, 1 cm corresponde a 10%).

Los **gráficos** son una herramienta muy útil para expresar resultados e interpretarlos. Hay distintos tipos de gráficos: los lineales, los de barras y los de torta son los más utilizados. En un gráfico lineal, el encuentro entre dos valores que se corresponden, uno del eje **y** con uno del eje **x**, es el punto de intersección. Cada línea se forma por la unión de todos los puntos de intersección. Cuando **interpolamos** en un gráfico, lo que hacemos es elegir un valor de uno de los ejes y ver con qué valor del otro eje se encuentra en la linea o curva dibujada.



### HORA DE HACER CIENCIA



- En grupo, analicen el gráfico que está al inicio de esta página y reconozcan en él los datos de título, referencias, ejes, etcétera.
  - ¿Qué gases abundaban al principio en la atmósfera terrestre? ¿Cuáles aumentaron con el tiempo? ¿Cuáles se mantuvieron y cuáles disminuyeron? Comuniquen en un párrafo la información que han podido obtener del gráfico.
  - En una hoja cuadriculada, construyan un gráfico lineal con los datos de la siguiente tabla sobre la abundancia del gas nitrógeno en la atmósfera. Usen la misma escala que tiene el gráfico de la página. No olviden colocar todos los datos necesarios en el gráfico para que pueda ser interpretado.

Abundancia del gas nitrógeno en la atmósfera										
% Abundancia	25	35	41	52	60	68	74	78	78	
Millones de años atrás	4.500	4.000	3.500	3.000	2.500	2.000	1.500	1.000	500	0

- Comparen el gráfico que construyeron con el que está en esta página. ¿Podrían haber graficado los datos de la tabla en el gráfico que está en esta página? ¿Por qué? Expliquen cómo lo hubiesen hecho.
- Completen el texto iniciado en **a)**, indicando qué pasó con el porcentaje de nitrógeno en la atmósfera desde los inicios del planeta hasta la actualidad.

# TODO **g**una empezó **o** pregunta



Cómo surgieron  
los primeros seres  
vivos



¿Cuál fue su principal aporte? Exponer ante la Sociedad Botánica Rusa sus ideas sobre cómo surgió la vida en la Tierra (1938).

¿Cuál fue su explicación? A partir de los gases de la atmósfera primitiva –sin oxígeno y sin capa de ozono que filtrase los rayos ultravioleta– se produjeron reacciones químicas que generaron algunas moléculas orgánicas sencillas (compuestas principalmente por carbono e hidrógeno). Estas reacciones ocurrieron “ayudadas” por la energía de descargas eléctricas naturales, como los rayos de las tormentas, las radiaciones solares y las altas temperaturas. Luego, las moléculas orgánicas fueron arrastradas por la lluvia hacia los océanos. Este ambiente resultó ser el caldo primitivo o sopa primigenia en el que las primeras moléculas orgánicas reaccionaron entre sí y formaron moléculas más complejas, que dieron origen a los coacervados, antecesores de los primeros seres vivos.

¿Quién se lo preguntó? Alexander Oparin.

¿Cuándo? Desde muy chico, cuando observaba y colecciónaba las plantas de su pueblo cercano al río Volga, en una zona rural de Rusia.

¿Y qué hizo? Estudiar bioquímica y fisiología vegetal (estudio del funcionamiento de las plantas) en la Universidad de Moscú... y no dejar de pensar en su pregunta.

¿Quién influyó en sus ideas? Charles Darwin y la teoría de la selección natural.



# LA HIPÓTESIS DE OPARIN Y HALDANE

¿Qué características tenían los **coacervados** que imaginó Oparin? Se trataba de un conjunto de moléculas complejas rodeadas por una membrana. Podés imaginártelos como una gotita de agua que encierra otras sustancias. Según este científico, con el tiempo surgieron las primeras células a partir de estos coacervados.

Así, Oparin explicó la aparición de los primeros seres vivos a partir de un proceso de generación espontánea, en el que ciertos componentes sencillos serían los "ladrillos básicos" para la conformación de componentes orgánicos más complejos. Pero... ¿era el único que tenía esa idea? No. Simultáneamente, el biólogo inglés John Haldane aportó una hipótesis muy similar, aunque no conocía la de Oparin.

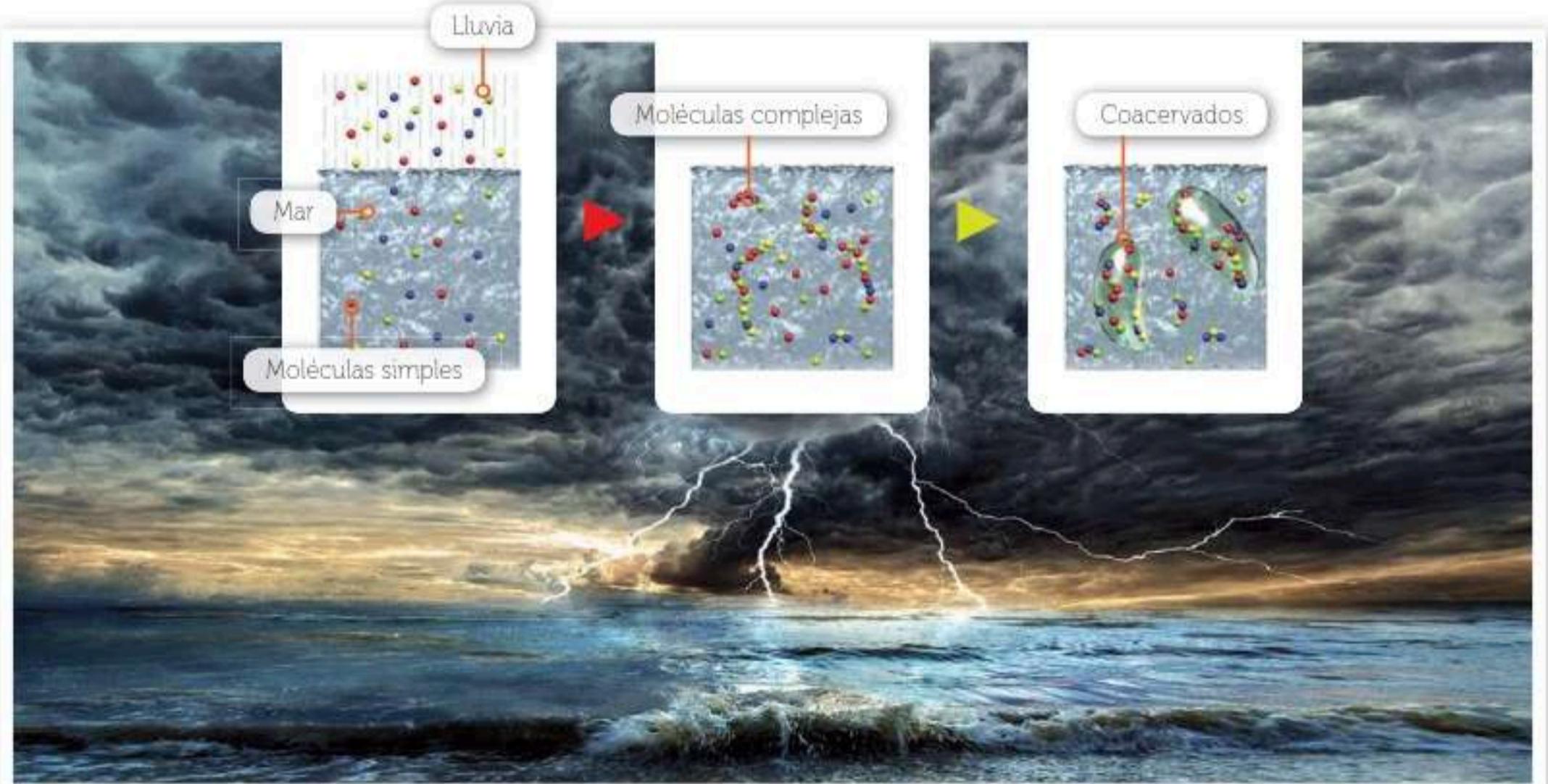
Hoy sabemos que los **seres vivos actuales no se forman espontáneamente**, sino que se originan a partir de seres vivos preexistentes. Pero en el caso de los primeros organismos que habitaron la Tierra, que eran unicelulares como las bacterias actuales, parece que fue de ese modo, es decir, a partir de la materia sin vida. En la actualidad, si bien quedan cuestiones por resolver, la **hipótesis de los coacervados** propuesta por Oparin y Haldane, también

llamada **hipótesis de la síntesis prebiótica**, es una de las más aceptadas por la comunidad científica.

Repasemos: ambos propusieron que, en algún momento de la historia de la Tierra, pudieron formarse una serie de moléculas orgánicas a partir de gases inertes presentes en la atmósfera primitiva. Para elaborar esta hipótesis, estos científicos se basaron en estos supuestos:

- Las moléculas muy sencillas, como el agua ( $\text{H}_2\text{O}$ ), el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), el amoniaco ( $\text{NH}_3$ ) o el nitrógeno ( $\text{N}_2$ ), se habrían combinado formando moléculas un poco más complejas, como los aminoácidos, los ácidos grasos o los azúcares simples.
- Luego de un largo proceso de evolución molecular, de la combinación de estas sustancias habrían surgido otras moléculas aún más complejas, como las proteínas, los lípidos y los ácidos nucleicos.
- Finalmente, estas moléculas se habrían asociado generando estructuras rodeadas de una membrana (coacervados) capaces de autoduplicarse, que luego de miles de millones de años habrían originado las primeras células.

Cuando Oparin propuso su hipótesis, no fue bien recibida por sus colegas y generó mucho revuelo en la comunidad científica. Los científicos querían ponerla a prueba. En especial, alguien en la historia se encargaría de cumplir con la puesta a prueba. Segui leyendo...



Según la **hipótesis de Oparin y Haldane**, en un momento, la temperatura del planeta disminuyó y el vapor de agua se condensó, de modo que se formaron los mares. La lluvia arrastró los gases de la atmósfera y los minerales de la corteza hacia los mares, y junto con las tormentas eléctricas se crearon las condiciones que favorecieron la formación de moléculas, las cuales se fueron asociando hasta formar los coacervados, precursores de las primeras células.

# LA EXPERIENCIA DE MILLER

La hipótesis de los coacervados de Oparin fue puesta a prueba mediante la experiencia realizada por el químico estadounidense Stanley Miller. En 1953, como parte de su tesis doctoral dirigida por Harold Urey, Miller llevó a cabo la construcción de un modelo que intentaba representar las condiciones de la Tierra primitiva planteadas por Oparin.

Observá la ilustración. En un circuito como el de la imagen, Miller incluyó vapor de agua y los demás gases que se consideraban presentes en la atmósfera primitiva: hidrógeno, metano y amoniaco. Con descargas eléctricas, simuló las tormentas y la exposición a los rayos ultravioleta que Oparin había considerado indispensables para la aparición de la vida.

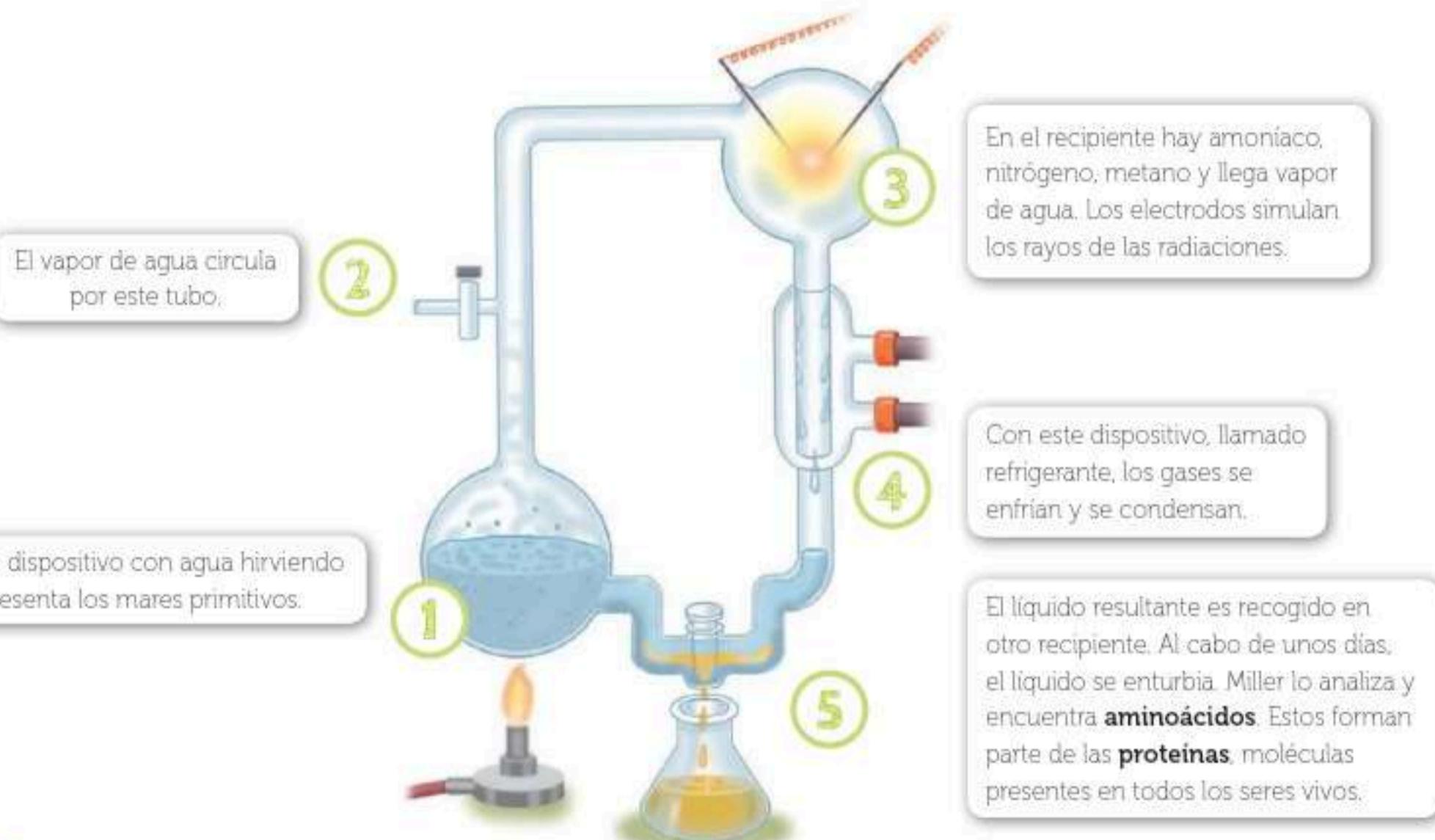
¿Qué creés que sucedió? Al poner en funcionamiento este sistema, se obtuvieron aminoácidos, moléculas orgánicas complejas que son las unidades que forman



▲ Stanley Miller en el laboratorio.

las proteínas. Pero... ¿no esperábamos seres vivos como producto de la experiencia de Miller?

Aunque en su modelo no llegaron a formarse seres vivos, se concluyó que en las condiciones propuestas por él se formaron moléculas orgánicas que bien pudieron ser las precursoras de los organismos vivos. Este experimento logró que la hipótesis no se desechara.



## Vale comprender

5. ¿Dónde aparece la palabra "modelo" en el texto que acabás de leer? Justificá su uso en ese caso.
6. Redactá un párrafo en el cual expliques qué probó el experimento de Miller.
7. Los científicos opinan que Miller comprobó "parcialmente" la hipótesis de Oparin y Haldane. ¿Estás de acuerdo con esta afirmación? ¿Por qué?

# LOS PRIMEROS ORGANISMOS

Es imposible saber con certeza cómo fueron los primeros organismos. Por lo pronto, no dejaron fósiles como prueba de su existencia, por lo que los científicos deben guiarse por otro tipo de evidencias. ¿Se te ocurre alguna? A partir de muchas investigaciones, han obtenido algunas "pistas".

Empecemos por recordar a los coacervados que mencionamos en páginas anteriores. Estas hipotéticas estructuras son consideradas por algunos científicos como antecesoras de las primeras células. Recordá que este proceso podría haberse dado en el caldo primitivo de los océanos, donde se formaban sustancias orgánicas complejas.

Si bien existen muchas otras hipótesis acerca de las primeras estructuras, nos enfocaremos en la hipótesis de los coacervados.

Los coacervados, entonces, podrían haberse formado a partir de estas moléculas, generando algo similar a una membrana que rodeaba moléculas de agua. En el interior de estas estructuras habrían ocurrido reacciones químicas que dieron lugar a la formación de sistemas, cada vez más organizados, que realizaban un permanente intercambio de materia y energía con el medio. ¿Cómo hacían ese intercambio? Lo veremos más adelante, pero gracias al intercambio con el medio, los coacervados se habrían hecho más complejos, hasta constituirse como células.

## CARACTERÍSTICAS DE LAS CÉLULAS PRIMITIVAS

Estas células primitivas debieron tener ciertas características distintivas que les permitieron sobrevivir.

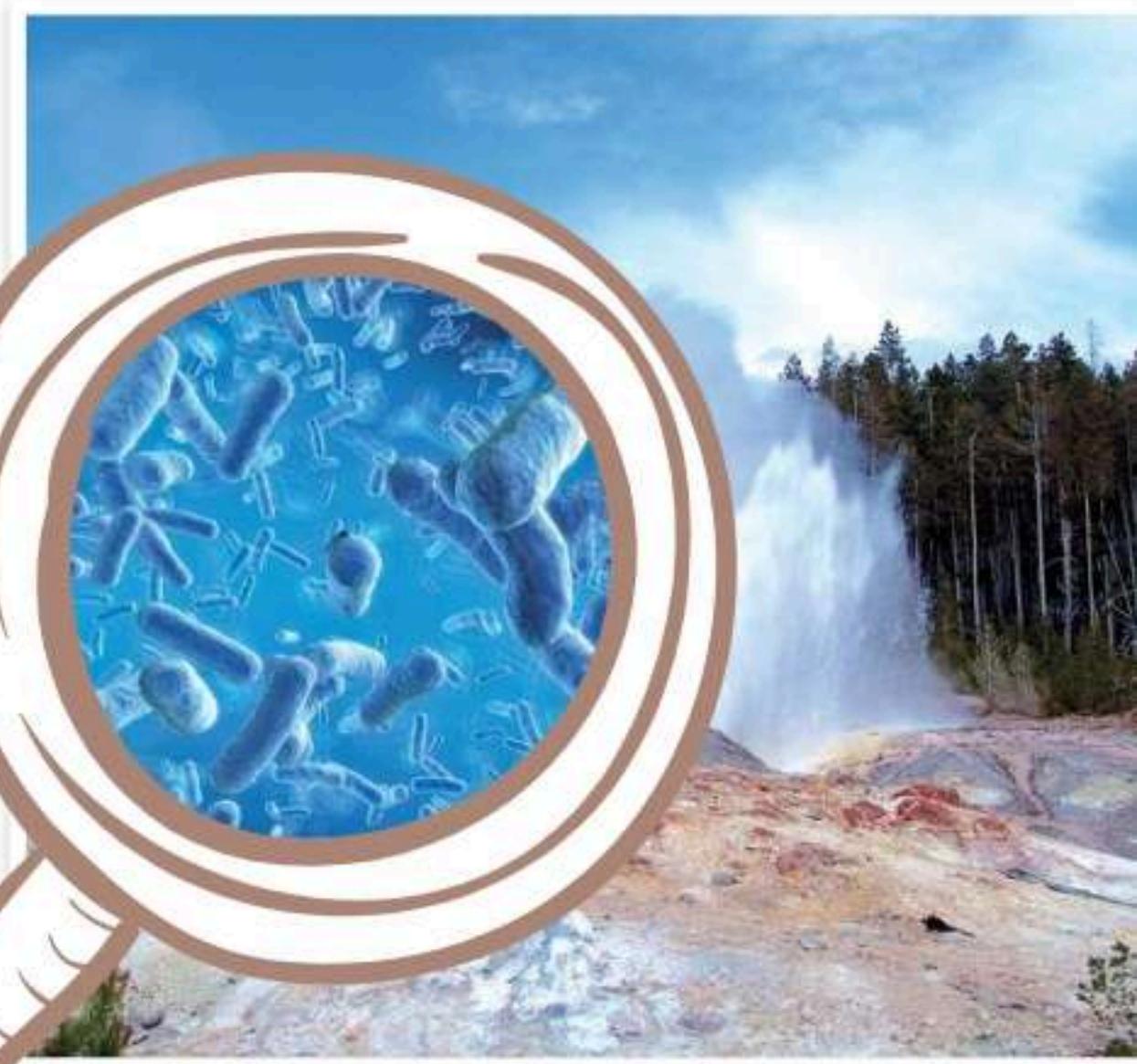
- Intercambiar moléculas con el medio a través de una membrana –que funcionaba como un filtro– que seleccionaba aquellas moléculas que podían pasar.
- Manejar en forma efectiva la energía obtenida y así conservar su estructura. Para esto debieron ser capaces de controlar la energía de las reacciones que se producían en su interior.

- Nutrirse a partir de sustancias existentes en aquella "sopa primitiva". Recordá que nutrirse significa incorporar sustancias, aprovecharlas y eliminar los desechos que se producen.
- Sobrevivir en ausencia de oxígeno, debido a que durante esa época la atmósfera carecía de este gas de forma libre.
- Soportar altas temperaturas.

¿Y qué habría ocurrido con las células primitivas si no hubiesen tenido la capacidad de generar otras semejantes, es decir, si no hubiesen podido reproducirse y originar otras de características similares? Claro, habrían desaparecido inmediatamente.

¿Existen organismos con alguna característica similar a dichas células?

En la actualidad, y aunque te parezca extraño, existen organismos capaces de soportar temperaturas extremadamente altas. Se trata de las **bacterias termófilas** –las veremos más adelante–, y es muy probable que las células primitivas se hayan parecido a ellas.



En la imagen se observan géiseres en el Parque Nacional Yellowstone, en los Estados Unidos. Se trata de emanaciones de aguas termales donde es posible hallar bacterias que soportan temperaturas superiores a los 90° C.

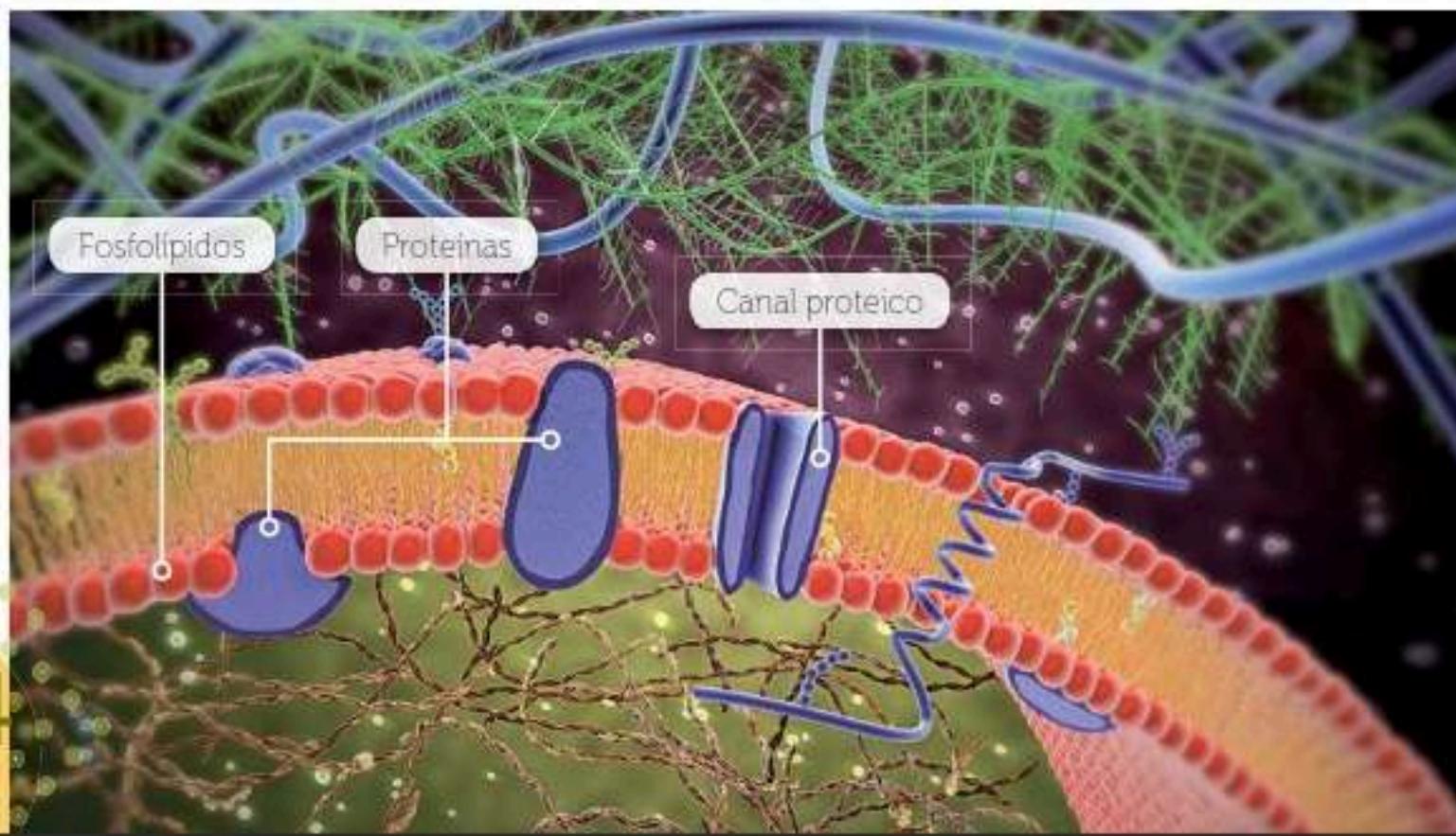
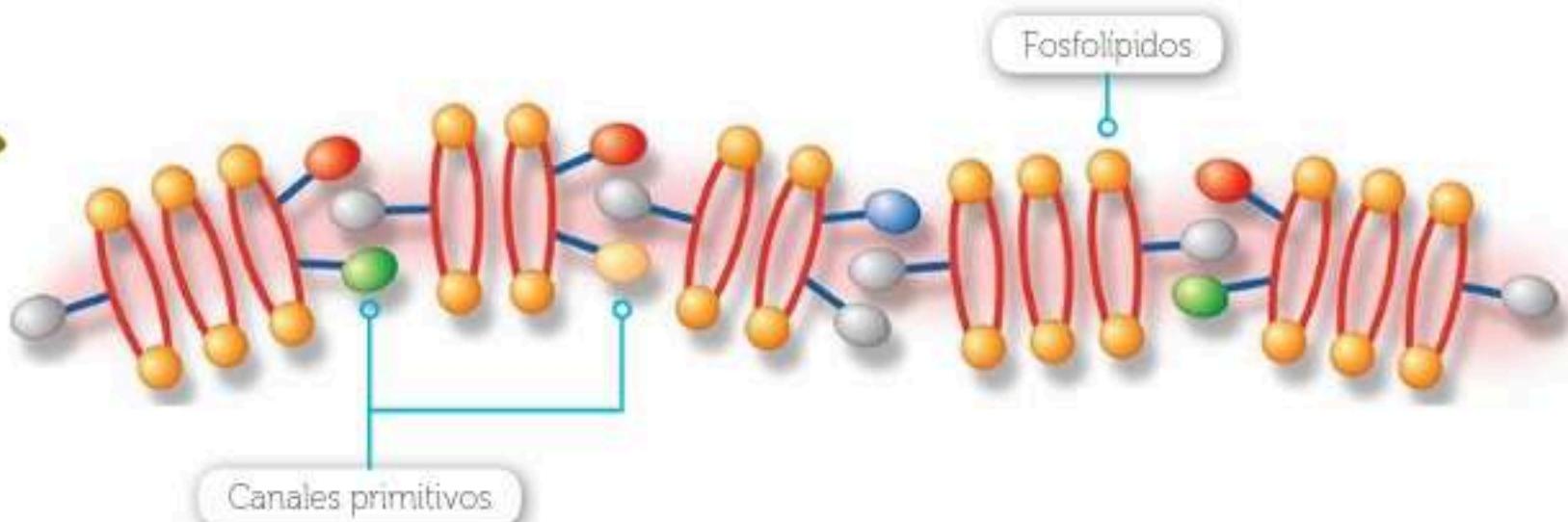
## LA IMPORTANCIA DE DELIMITAR EL MEDIO INTERNO

Según la hipótesis de Oparin, una de las características más importantes de los coacervados habría sido la de presentar una **membrana** que limitaba su medio interno de su medio externo. Pero ¿por qué este límite fue tan importante? Porque permitió que se formaran entidades independientes cada vez más organizadas.

Todas las células actuales están rodeadas por una membrana que las separa del medio externo. Las células necesitan incorporar diferentes sustancias desde el exterior para nutrirse. Y también expulsar otras. Por eso, una membrana que conforme un ser vivo debe tener **permeabilidad selectiva**, es decir que debe dejar pasar determinadas sustancias e impedir el pasaje de otras. De esta manera, cada célula mantiene estable su medio interno.

¿Te parece que las membranas actuales son iguales a las que formaron parte de las células primitivas? Veamos. Según los científicos, a medida que diferentes tipos de membranas se formaban, quizás hayan ido surgiendo algunos inconvenientes. Por ejemplo, las reacciones químicas que ocurrían en su interior no habrían sido posibles a menos que aquellas sustancias que antes se tomaban directamente del medio atravesaran la membrana. Si esta hubiera sido totalmente impermeable, no habría sido de mucha utilidad, y quizás por eso haya desaparecido.

**Possible membrana** de los primeros organismos. Se piensa que no deben haber sido muy ordenadas, y que presentaban solo canales primitivos para el intercambio de sustancias con el medio.



Seguramente permanecieron y se reprodujeron con mayor facilidad aquellas células cuyos tipos de membranas sirvieron como límite con el exterior, pero que, por otra parte, tuvieron la capacidad de dejar pasar a través de ellas moléculas de interés.

Las membranas actuales de las células son muy diferentes entre sí, pero todas realizan algunas funciones en común; por ejemplo, limitan el interior del exterior, favoreciendo el intercambio de materiales entre un lado y el otro según sea necesario. Esto permite que regulen las concentraciones del interior con respecto al exterior celular.

En la actualidad se conoce cuáles son los materiales que conforman las membranas: lípidos, proteínas y carbohidratos (azúcares). Pero... ¿cómo llegaron a agruparse y formar los conglomerados? Existen algunas hipótesis que dicen que, además de las tormentas, quizás fueron atraídos por alguna piedra o superficie mineral en la que las reacciones químicas se dieron con mayor frecuencia. La pirita es un mineral que se encuentra en los estratos más antiguos de la Tierra y que, según algunas hipótesis, podría haber oficiado como superficie para la formación de las estructuras celulares primitivas. Podría haber actuado como soporte o base para la formación de estos antecesores.

Las membranas biológicas **actuales** dejan pasar sustancias a través de canales proteicos más complejos, como muestra el modelo. Algunas sustancias también atraviesan la membrana en la zona de los fosfolípidos.

# LA EVOLUCIÓN DE LAS FORMAS DE NUTRICIÓN

Aunque todavía no se tenga un modelo exacto sobre cómo fueron las primeras células que poblaron la Tierra, se cree que eran microscópicas y, como acabamos de ver, rodeadas por una membrana a través de la cual intercambiaban materia y energía con el medio. Ahora bien, ¿cómo se nutrían las primeras células?

Para responder a esta pregunta, resulta útil observar los organismos que conocemos en el presente para comparar e imaginar cómo eran en el pasado, sobre el cual no tenemos evidencias.

Como habrás visto en años anteriores, los organismos se clasifican, según la forma de nutrirse, en autótrofos y heterótrofos.

Los **autótrofos** son capaces de fabricar sus propios **nutrientes** a partir de la materia inorgánica que toman del ambiente, y de la energía del entorno. Si la energía proviene del Sol, se denominan autótrofos fotosintéticos, mientras que si proviene de la degradación de compuestos inorgánicos se llaman quimioautótrofos.

Los **heterótrofos**, en cambio, no fabrican sus nutrientes, sino que los obtienen de otros seres vivos.

Luego, a través de la respiración celular, las células obtienen energía a partir de la degradación de sus nutrientes (la materia orgánica). En el caso de los heterótrofos, podemos diferenciar dos grupos según su capacidad de

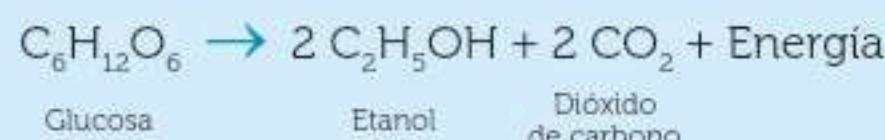
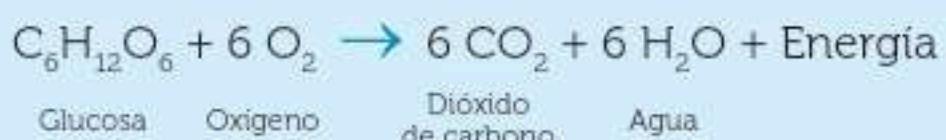
utilizar oxígeno en la degradación de sus nutrientes: los que necesitan este gas (aerobios) y los que no lo requieren (anaerobios o fermentadores).

Si pensamos en la composición de la atmósfera primitiva, sin oxígeno, podemos deducir que los primeros organismos podían prescindir de este nutriente y muchos científicos creen que tampoco elaboraban su propio alimento.

Las sustancias ingresaban en los organismos unicelulares a través de la membrana celular, y luego estos nutrientes se degradaban en ausencia de oxígeno, de modo que se obtenía energía que les permitía realizar sus funciones vitales. Por lo tanto, muchos científicos sostienen la **hipótesis heterótrofa**, según la cual las primeras células que surgieron sobre la Tierra eran heterótrofas y anaerobias. Las células de este tipo, entonces, obtenían energía de los nutrientes por medio de la fermentación, como lo hacen algunas bacterias actuales.

Otra hipótesis para explicar cómo era la nutrición de las primeras células es la **autótrofa**. Los científicos que adhieren a esta idea sostienen que en el caldo primordial o sopa primigenia no habría habido suficiente cantidad de moléculas orgánicas como para abastecer a las primeras células y aportar energía para su reproducción, hasta la llegada de la fotosíntesis.

Por lo tanto, junto con los heterótrofos anaerobios habrían coexistido organismos autótrofos, más precisamente quimioautótrofos, que obtenían la energía a partir de la transformación química de algunos compuestos inorgánicos presentes en la corteza terrestre. Con esa energía sintetizaban los compuestos orgánicos.



En un organismo heterótrofo aerobio, el nutriente (glucosa) en presencia de oxígeno genera dióxido de carbono, agua y energía.

En un organismo heterótrofo anaerobio, el nutriente en ausencia de oxígeno se descompone en etanol, dióxido de carbono y energía. En ambos casos, el dióxido se libera y la energía es aprovechada por el organismo.



## Vale comprender

8. Subrayá los conceptos principales y elaborá un resumen.
9. Compará en una oración las diferencias en la respiración entre un organismo heterótrofo aerobio y uno anaerobio.
10. Completá el siguiente párrafo: *Según la hipótesis ....., los primeros organismos unicelulares habrían coexistido con organismos unicelulares ..... que obtenían energía de la transformación de compuestos inorgánicos.*

# COMUNICACIÓN



## 11. Lee este artículo y resolvé las consignas.

Un grupo de científicos del Laboratorio de Investigaciones Microbiológicas de Lagunas Andinas (LIMLA) descubrió en la zona de la Puna salteña un ecosistema único en el mundo, ya que contenía estromatolitos modernos. Los estromatolitos son asociaciones de bacterias y algas que forman rocas orgánicas. Su surgimiento se estima en forma coetánea a la aparición de la Tierra hace unos 3.500 millones de años. Se sostiene que los estromatolitos liberaron oxígeno ( $O_2$ ) a la atmósfera y crearon la capa de ozono, lo que facilitó la transformación del planeta de ser hostil a la vida, a un ambiente apto para ella, tal como lo conocemos hoy.

Por otro lado, los estromatolitos presentan un particular interés en el estudio de la vida en otros planetas, ya que se intuye que esta podría iniciarse si se desarrollan este mismo tipo de estructuras, que son reminiscencias de la tierra arcaica. Sin ir más lejos, se propuso la presencia de estromatolitos fósiles en Marte como parte de las investigaciones que buscan encontrar rastros de vida en ese planeta. Estas exploraciones constituyen el objetivo de misiones espaciales futuras. La NASA trabaja y realiza estudios en el lugar más parecido a Marte que hay en la Tierra, que es, justamente, el desierto de la Puna, entre Chile y la Argentina, donde la radiación UV (rayos ultravioletas) es altísima, no hay nutrientes disponibles y la amplitud térmica, es decir, los cambios de temperatura entre el día y la noche es inmensa. [...]

Fuente: <https://bit.ly/2mq5tSy>

- a) Elaborá una presentación en la que puedas contar a través de imágenes lo que dice el texto.

**Elegí cómo resolver:**

- Armar una presentación digital.
- Armar una lámina en papel.
- Armar una maqueta.

- b) Investigá si existe alguna legislación que proteja estos ambientes tan particulares en los que se desarrollan. Incluí esto en la presentación del punto anterior.

12. Pensá y elaborá un texto que deje clara tu opinión con respecto a esta pregunta: ¿podría desarrollarse en Marte la vida tal cual la conocemos? ¿Por qué lo creés así?

## EVOLUCIÓN DE LAS CÉLULAS QUIMIOAUTÓTROFAS

Es probable que las bacterias quimioautótrofas usaran como fuente de energía sulfuro de hierro y sulfuro de hidrógeno (también llamado ácido sulfídrico), dos compuestos que eran muy abundantes en la corteza terrestre. Actualmente, esta hipótesis se vio respaldada porque en la lava de los volcanes, en las aguas termales y en los géiseres viven –como vimos– bacterias llamadas **extremófilas**, capaces de soportar altas temperaturas y, además, pueden tolerar los vapores que liberan algunas de estas formaciones, por ejemplo, de ácido sulfídrico.

De acuerdo con la idea de la selección natural, a partir de las bacterias quimioautótrofas habrían ido apareciendo los diversos tipos de células. En algún momento habrían surgido organismos capaces de captar la energía que proviene del Sol y convertirla en energía química, y, así, realizar la **fotosíntesis**, liberando oxígeno a la atmósfera (**células autótrofas fotosintéticas**). El oxígeno empezó a acumularse en la atmósfera y, finalmente, surgieron las **células heterótrofas aerobias**, es decir, las que usan el oxígeno para respirar. ¿Qué sucedió a continuación? Un aumento constante de la diversidad de seres vivos, que han ido colonizando los distintos ambientes hasta el presente.

Como vimos, entre los primeros seres vivos que crecieron en el planeta se encuentran los **estromatolitos**, que viven en condiciones extremas. ¿Por qué se los considera fósiles vivientes? Porque constituyen los organismos más antiguos del planeta que tienen representantes vivos en la actualidad.



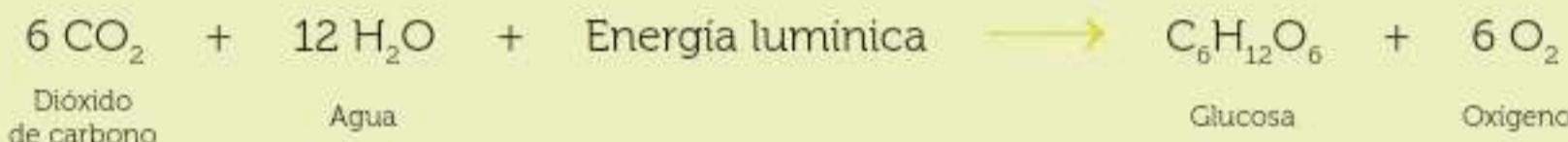
Estromatolitos en lagunas a 4.000 m de altura en la Puna.

# LAS PRIMERAS CÉLULAS FOTOSINTÉTICAS

Los científicos creen que las primeras células que realizaron fotosíntesis eran un tipo especial de bacterias que utilizaban, en lugar de agua, sulfuro de hidrógeno para la síntesis de materia orgánica, más precisamente, para sintetizar la molécula de glucosa.

Luego de varios millones de años surgió la fotosíntesis que realizan los seres fotoautótrofos en la actualidad, en la cual el agua y el dióxido se combinan en presencia de energía lumínica y, como producto de este proceso, se obtienen glucosa y oxígeno.

Con la aparición de la fotosíntesis, la atmósfera comenzó a enriquecerse con oxígeno. Esto posibilitó la aparición de células aerobias, es decir, que utilizan oxígeno para degradar las moléculas orgánicas y, de esta manera, obtener energía. Pero, a su vez, permitió la formación de la capa de ozono, de fundamental importancia para la vida sobre la Tierra tal cual la conocemos, dado que evita que nos lleguen los rayos ultravioleta y nos dañen.



### Ecuación general de la fotosíntesis.

# Evaluados

- 13.** De manera individual, buscá en el diccionario la palabra "síntesis"; encontrarás distintas acepciones. Elegí la que consideres que corresponde al uso que se le da en esta página, y aplicala en una oración. Dásela a leer a un compañero o compañera y consultale si acuerda con la acepción que usaste en la oración. ¿Hubo coincidencia?

**14.** Elegí uno de los temas del capítulo e identificá las palabras clave. Luego elaborá, para cada una, una pregunta cuya respuesta tenga que incluir, necesariamente, esa palabra. Dale las preguntas al mismo compañero o compañera y, luego de la devolución, evalúá si comprendió y aplicó las palabras que esperabas.

**15.** Entre los dos, analicen por qué los científicos consideran que la fotosíntesis marcó un proceso clave en la evolución de la vida. Escriban cada uno de ustedes sus ideas, compárenlas y luego júntenlas en un solo texto para compartir con otros compañeros.



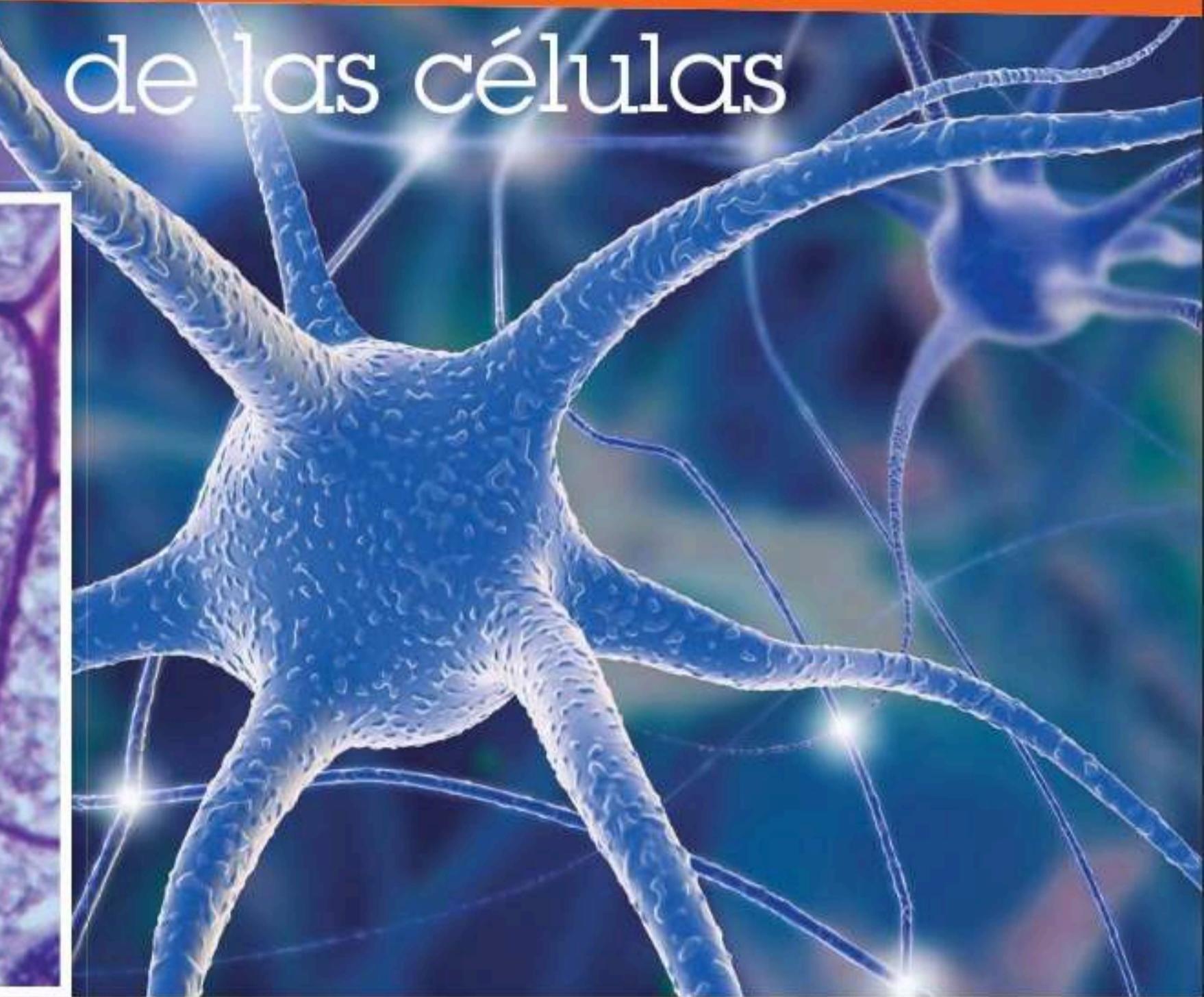
**Las cianobacterias son organismos fotosintéticos unicelulares** que habrían surgido hace más de 2.500 millones de años, a partir de los cuales se habrían originado el resto de los seres fotosintéticos.



# 4

## La estructura de las células

Sección II ■ La célula: origen, estructura y funciones



Hay distintos tipos de células cuya estructura y forma se relacionan con la función que tienen en un organismo.

### LA DIVERSIDAD DE CÉLULAS

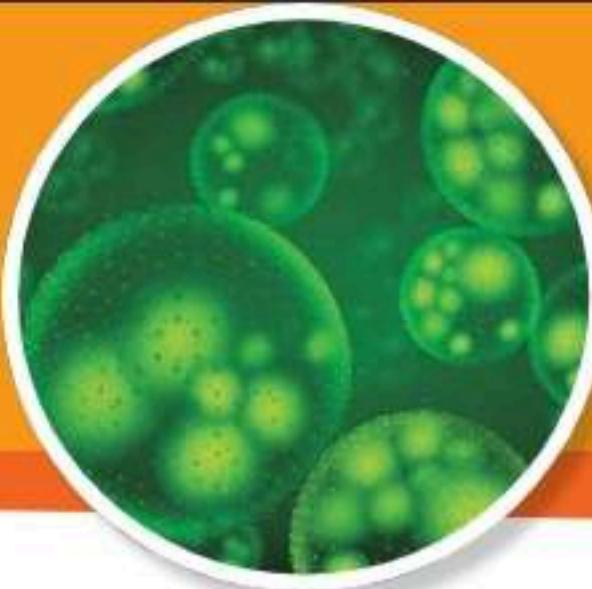
Observá las imágenes de esta página, que muestran dos tipos de células; unas pertenecen a las hojas de las plantas y las otras, al sistema nervioso (son neuronas). Sin bien su forma es muy distintas, comparten entre sí y con todas las células ciertas características. ¿Cuáles? Todas las células tienen una **membrana celular o plasmática**, que separa el interior de la célula del exterior. Ese interior contiene al **citoplasma**, formado por agua y diversas sustancias, y también **material genético**.

¿Tenés idea de cuántos tipos de células existen? Muchísimos. Existen diferentes formas de clasificarlas, y aunque puedan encontrarse diferencias y semejanzas entre ellas, es posible distinguir dos grandes grupos, de acuerdo con si llevan el material genético libre en el citoplasma o envuelto por una membrana formando un núcleo. En el primer caso, hablamos de **células procariotas** (sin núcleo), y en el segundo caso, de **células eucariotas** (con núcleo).

Tené presente que, salvo las bacterias que están formadas por células sin núcleo, el resto de los organismos unicelulares y pluricelulares está constituido por células eucariotas.

“La primera fusión celular, precursora de la fecundación, podría haber sido consecuencia del canibalismo: un microorganismo se comió a otro sin digerirlo”.

Lynn Margulis (1938-2011).  
Bióloga estadounidense impulsora de la teoría endosimbiótica.



## LAS CÉLULAS PROCARIOTAS

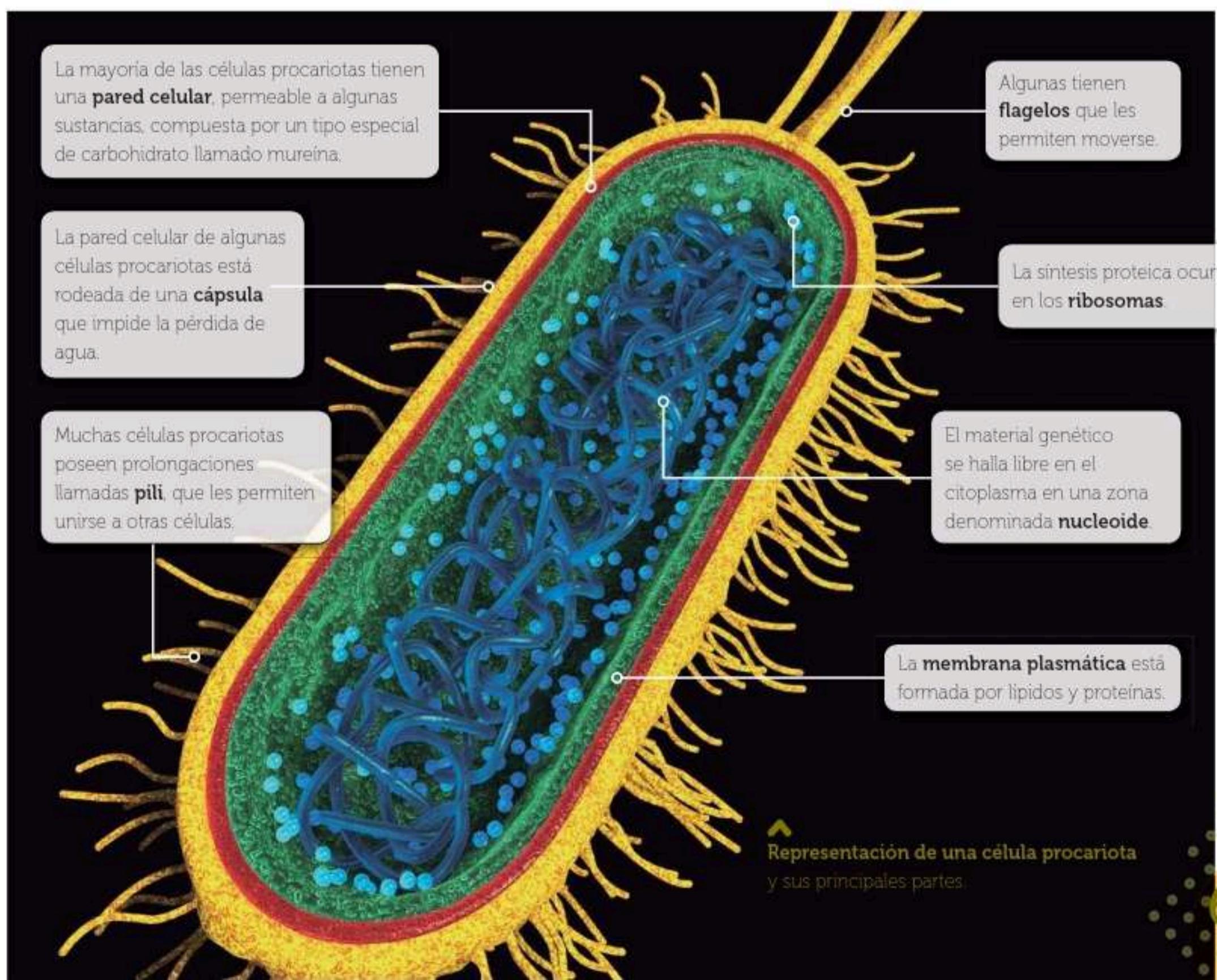
Los organismos constituidos por células procariotas se denominan **procariotes** y son todas las bacterias. Representan el grupo de seres vivos más antiguo que pobló la Tierra, son los más abundantes y los que han colonizado la mayor diversidad de ambientes: salinas, volcanes, aguas termales, témpanos de hielo; prácticamente no hay ningún lugar del planeta que no pueda ser habitado por ellos. Si, ¡hay bacterias en todas partes!

Los científicos afirman que el éxito evolutivo de los procariotes, además de que pueden sobrevivir en cualquier tipo de hábitat, se debe a que están adaptados para

obtener energía tanto en presencia de oxígeno como en su ausencia, y a que tienen una elevada tasa de reproducción.

La célula procariota es muy sencilla y mide solo unos pocos micrones (recordá que el micrón es la millonésima parte del metro), motivo por el cual la cabeza de un alfiler puede alojar miles de este tipo de células. Como vimos, carecen de núcleo, es decir, el material genético se encuentra libre en el citoplasma, sin estar rodeado por una membrana. No poseen orgánulos (estructuras especializadas), con excepción de los **ribosomas**, que son los únicos orgánulos comunes con las células eucariotas.

Ahora bien, ¿cómo son en detalle las células procariotas? Para saberlo, observá el esquema y leé con atención sus referencias.



# LA DIVERSIDAD DE CÉLULAS PROCARIOTAS

Aunque las células procariotas son relativamente sencillas, el grupo de los organismos formados por ellas o procariontes no lo es. Debido a los avances científicos en el campo de la bioquímica, la biología molecular y la genética, se logró, además de descubrir la complejidad de las bacterias, interpretar las relaciones evolutivas que existen entre ellas.

A partir de estas investigaciones, se incluyó a las bacterias en dos dominios: Archaea, donde se encuentran las arqueobacterias, y Bacteria, al cual pertenecen las bacterias verdaderas (eubacterias), como vimos en el capítulo 1.

Existen diferencias bioquímicas y genéticas entre los dos dominios. Este dato es muy importante y permite a los científicos suponer que, si bien en un primer momento las arqueobacterias y las eubacterias siguieron un mismo camino evolutivo, a lo largo del tiempo se fueron separando, de modo que ya no pueden ser agrupadas en el mismo dominio.

## LAS ARQUEOBACTERIAS

Actualmente se sabe que las arqueobacterias son el grupo "más antiguo" dentro de los procariontes. Las ar-

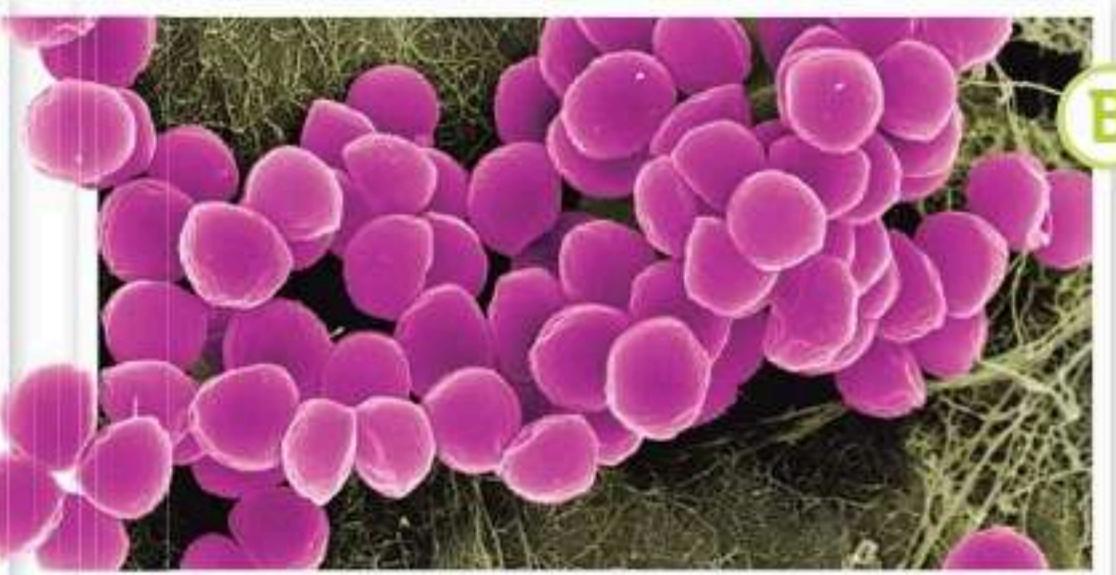
queobacterias actuales están representadas por las bacterias halófitas (viven en condiciones extremas de salinidad), las metanógenas (son anaerobias y se pueden encontrar en los pantanos y en el intestino grueso de los seres humanos) y las termoacidófilas (como vimos, viven en los géiseres, emanaciones de agua termal que salen del interior de la Tierra). Por vivir en ambientes de condiciones fisicoquímicas tan adversas, se clasifica a las arqueobacterias como organismos extremófilos.

## LAS EUBACTERIAS

El grupo de las eubacterias es "más moderno", y seguramente te serán más familiares porque habrás oido hablar de ellas, ya que varias causan enfermedades que podemos llegar a padecer los seres humanos. Estos organismos pueden presentar distintas formas: los bacilos, que se asemejan a bastones; los cocos, que son esféricos; los espirilos, que son como hélices espiraladas.

Algunos ejemplos de las eubacterias son *Clostridium tetani*, que es una bacteria anaerobia y heterótrofa, causante de la enfermedad del tétanos, y bacterias que pertenecen al género *Streptococcus* (estreptococo), que se alojan en la garganta y provocan anginas. Además de bacterias heterótrofas, existen eubacterias autótrofas, como las cianobacterias, que son aerobias y viven en el medio acuático.

La diversidad de formas de nutrición que se observan en las bacterias ha sido una de las características que les ha permitido conquistar diversos ambientes.



Bacilos (A) y cocos (B) vistos con microscopio electrónico.



### Vale comprender

1. Elaborá un mapa conceptual con la información de esta página.
2. Identificá aquellos términos que refieren a características que se usan para clasificar bacterias.

# LAS CÉLULAS EUCA RIOTAS

Hasta ahora estudiaste que las primeras células que comenzaron a habitar el planeta eran muy sencillas, del tipo procariota, y que habitaban en ambientes extremófilos (como las arqueobacterias actuales). Pero varios miles de millones de años después (aproximadamente hace 2.100 millones de años), a partir de un complejo proceso evolutivo, surgió un nuevo tipo de célula: la célula eucariota, mucho más compleja que la célula procariota. Excepto las arqueobacterias y las eubacterias, el resto de los seres vivos –incluidos los seres humanos– está formado por células eucariotas.

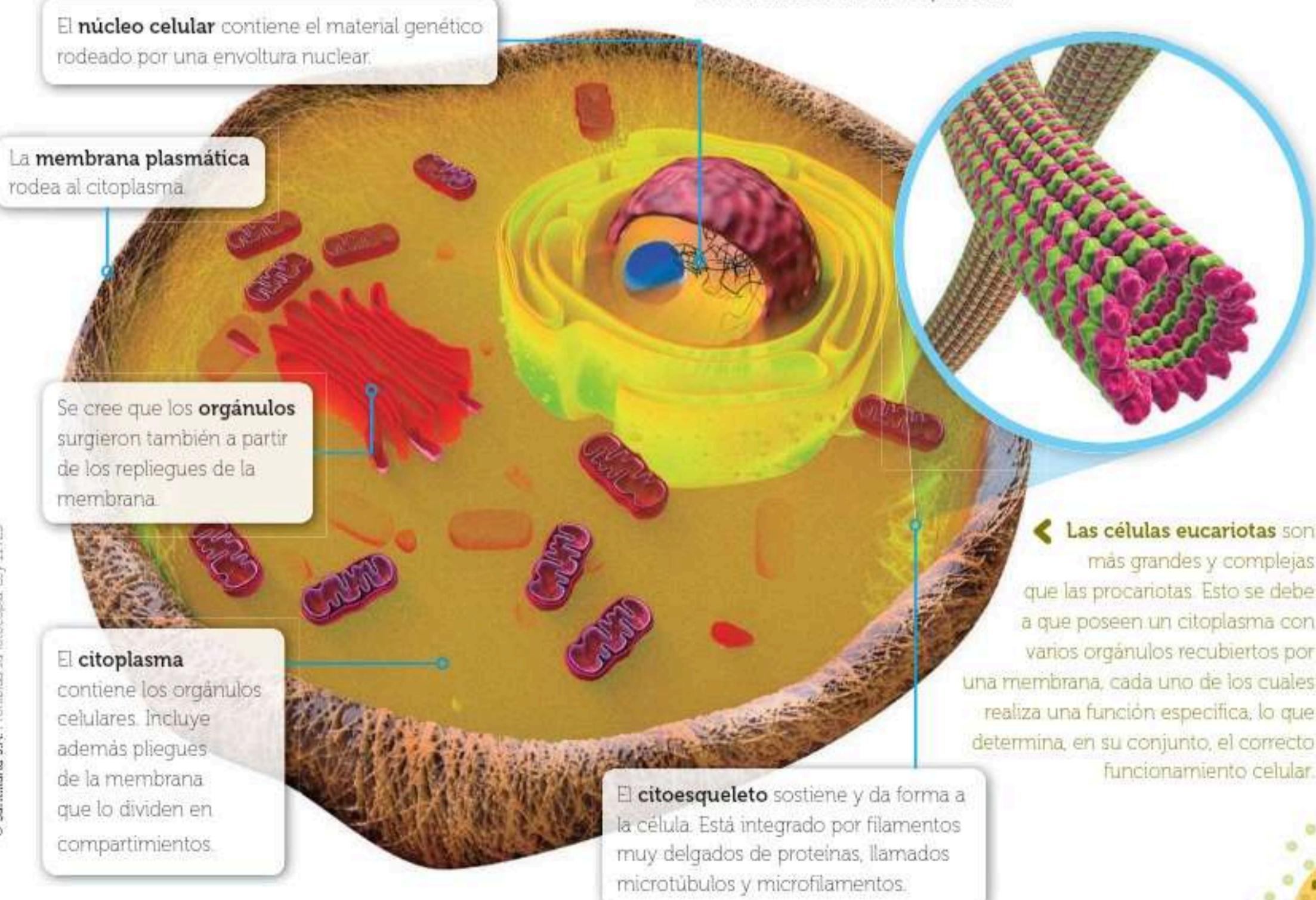
La gran diferencia entre ambos tipos de células es que en las eucariotas el material genético está rodeado por una envoltura que lo separa del citoplasma, lo que constituye el **núcleo celular**. En estas células, el citoplasma se define como la región situada entre la membrana plasmática y la envoltura nuclear, y en el cual se encuentran varias estructuras con distintas funciones, como veremos enseguida.

El **núcleo celular** contiene el material genético rodeado por una envoltura nuclear.

El citoplasma está dividido en compartimientos por una serie de membranas. Es probable que estos compartimientos en la célula eucariota hayan aparecido por las invaginaciones de la membrana plasmática de un ancestro procariota. Según suponen los científicos, los pliegues membranosos aumentarían la superficie de contacto con el medio, lo que facilita el intercambio de materia. Con el tiempo, los compartimientos membranosos se especializaron y comenzaron a llevar a cabo funciones específicas, es decir, dieron origen a los **orgánulos celulares**. Esta nueva organización incrementó la eficacia del funcionamiento celular.

Otra característica de las células eucariotas es que el citoplasma contiene una red muy delgada de filamentos de proteínas, que en conjunto constituyen un soporte para los orgánulos denominado **citoesqueleto** (esqueleto de la célula). Este, además de mantener la forma de la célula, le otorga resistencia mecánica y participa en el movimiento celular y en el de los orgánulos.

Su función es particularmente importante en las células animales, donde no existe una **pared celular** que da consistencia a las células. Pero ¿qué es la pared celular? ¿En qué tipo de células está presente? Seguí leyendo y vas a encontrar la respuesta.



## LAS CÉLULAS EUCA RIOTAS VEGETALES Y ANIMALES

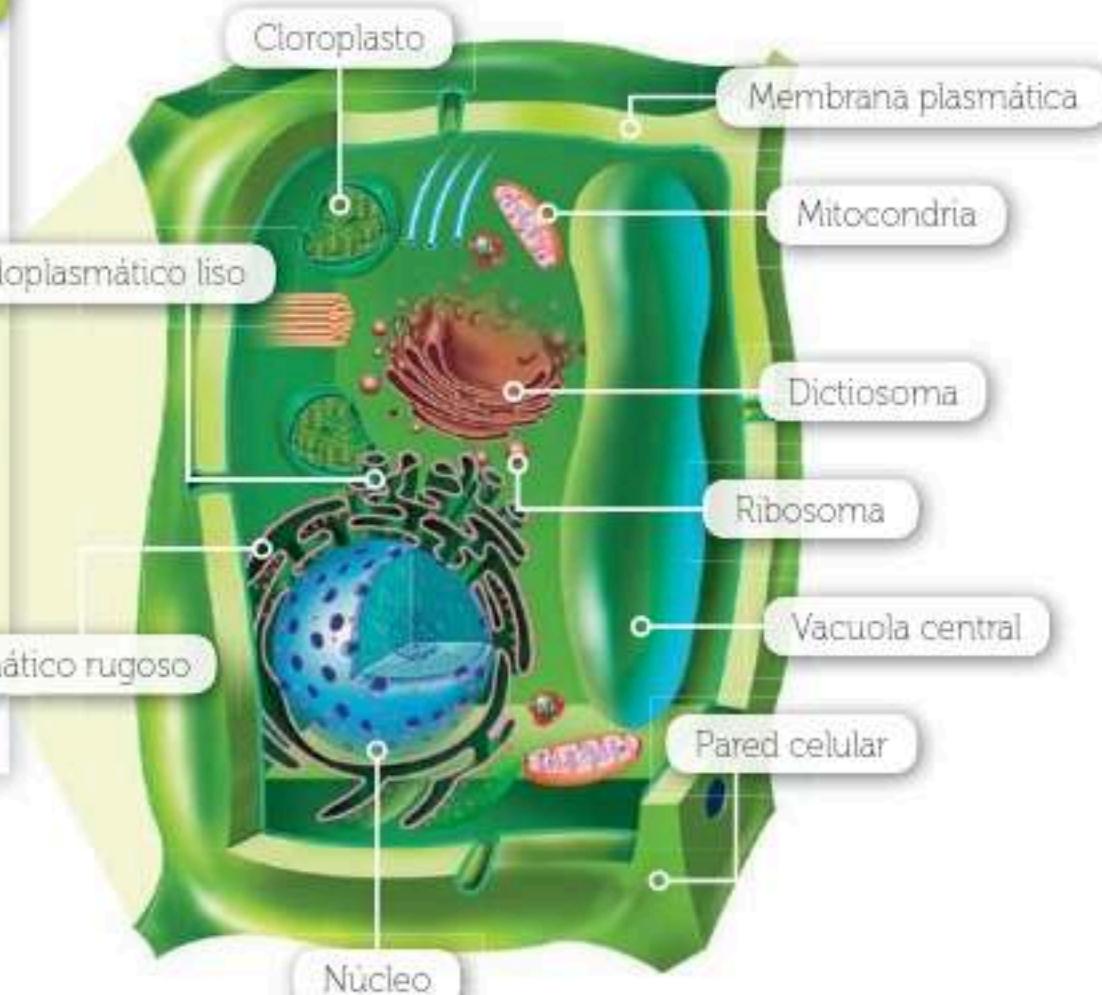
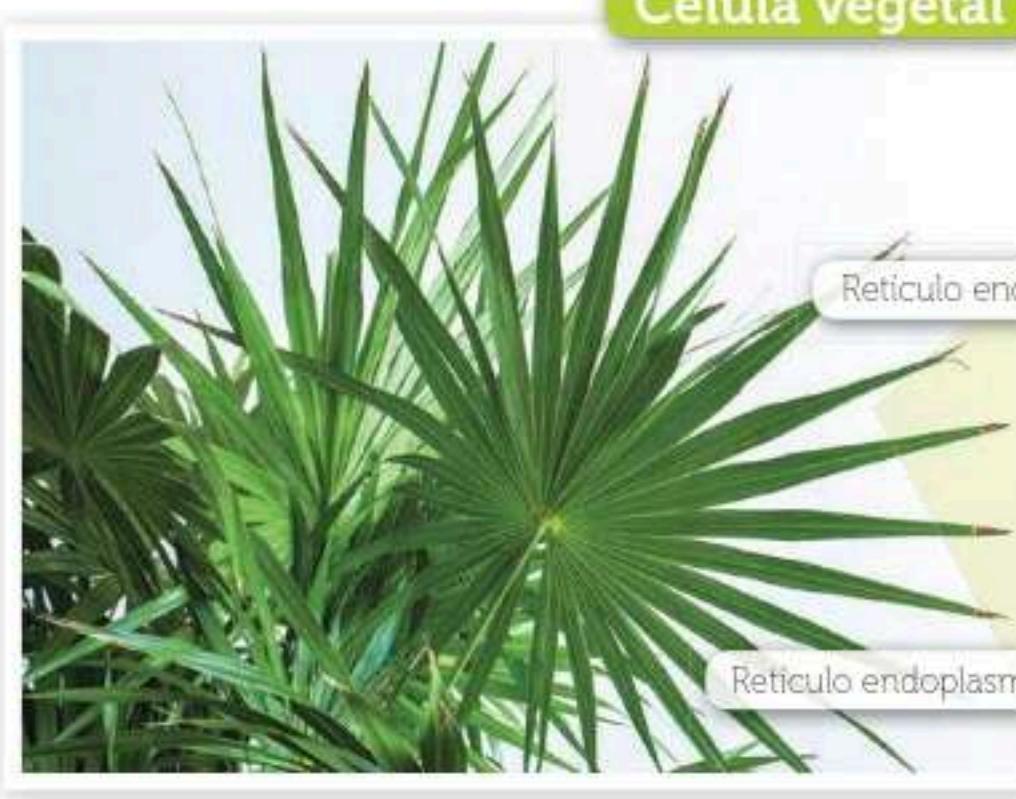
¿Te parece que todas las células eucariotas son iguales? ¡Claro que no! Se las puede dividir en dos grandes grupos: las células vegetales y las células animales. Pero, además, hay una gran variedad dentro de cada uno de estos grupos, ya que existen diferentes tipos de formas, lo cual está muy relacionado con la función que cumplirán esas células.

Varios componentes son comunes tanto para las células vegetales como para las animales, pero algunos

son exclusivos de cada tipo de células y tienen que ver con la función que ellas cumplen.

Si observás con detenimiento el esquema de la célula vegetal y el de la animal, te vas a dar cuenta, por ejemplo, de que **solo las células vegetales tienen pared celular**, que aunque es delgada, es muy fuerte, y su función principal es mantener el volumen y la forma de la célula; mientras que **los lisosomas y el centriolo solo están presentes en las células animales**. Los centriolos cumplen un papel muy importante en la división celular.

En las próximas páginas vas a estudiar en detalle la función que cumplen los distintos orgánulos, tanto en las células vegetales como en las animales.



## LOS ORGÁNULOS DE LAS CELULAS EUCA RIOTAS

En la página anterior observaste el esquema de una célula eucariota vegetal y el de una célula eucariota animal. Con excepción de los cloroplastos (exclusivos de células vegetales) y los lisosomas (solo en células animales), otros orgánulos, como las mitocondrias, ambos tipos de retículo (liso y rugoso), los ribosomas, el complejo de Golgi y las vacuolas son comunes a ambos tipos de células eucariotas.

Ahora bien, ¿cuáles son los orgánulos presentes tanto en las células animales como en las vegetales y cuál es su función? Veamos...

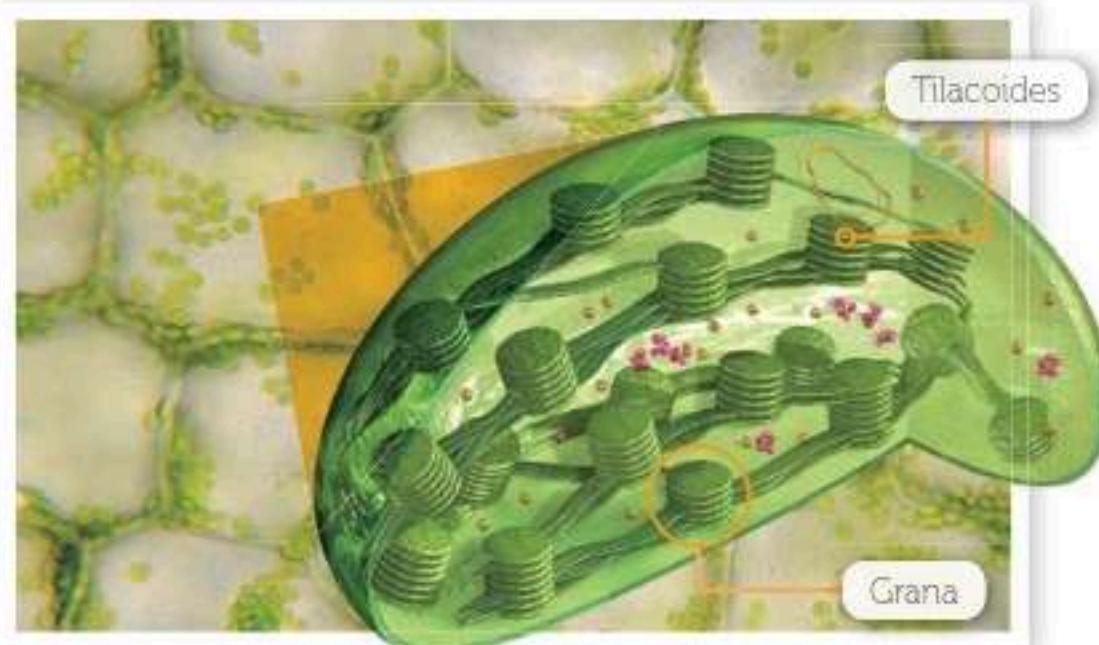
- Los **ribosomas** son orgánulos sin membrana, donde ocurre la síntesis de proteínas. Son los únicos orgánulos que se encuentran también en las células prokariotas.
- El **retículo endoplasmático** es un conjunto de sacos (bolsas membranosas) aplanados y tubos a través de los cuales circulan sustancias en el interior celular, que se conectan con la envoltura nuclear. Existen dos tipos de retículo: el liso (REL), en el cual se sintetizan lípidos, y el rugoso (RER), que tiene ribosomas adosados.
- El **complejo de Golgi** (llamado "dictiosoma", en las células vegetales) está formado por sacos aplanados y apilados donde se "empaquetan", dentro de pequeñas vesículas, las sustancias que provienen del retículo endoplasmático y se redistribuyen.
- Las **vacuolas** almacenan desechos o sustancias de reserva, como agua, sales y azúcares. En la célula vegetal, por lo general, hay una de gran tamaño. En la célula animal hay mayor cantidad y son más pequeñas.

En las células animales hay también **lisosomas**, pequeñas "bolsitas" que contienen enzimas que (como las enzimas que actúan en nuestro sistema digestivo) intervienen en la digestión celular; es decir que participan en la transformación de moléculas complejas a moléculas sencillas.

Hay dos orgánulos que, además de estar rodeados externamente por membrana, también presentan en su interior un sistema de membranas y material genético (ADN). Nos referimos a las mitocondrias y los cloroplastos. Estos últimos, a diferencia de las mitocondrias, como vimos, se encuentran solo en las células eucariotas vegetales. Veamos un poco más...

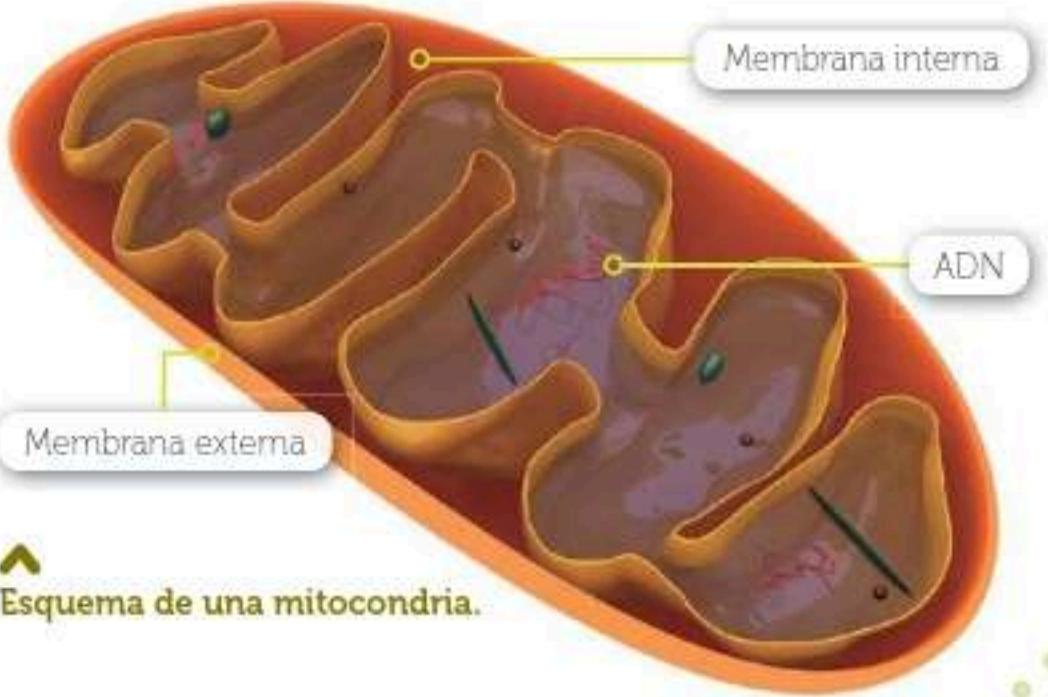
## CLOROPLASTOS Y MITOCONDRIAS

¿Te acordás de la fotosíntesis? Los **cloroplastos** son los orgánulos en los que ocurre este proceso, por el cual la célula sintetiza glucosa (alimento) utilizando la energía lumínica. La membrana interna del cloroplaso se dispone en láminas apiladas, denominadas tilacoides, donde se hallan los pigmentos. Estos están suspendidos en un líquido, el estroma, donde además hay ADN y ribosomas. ¿Dónde se hallan los pigmentos que captan la luz para la fotosíntesis? En los tilacoides.



Esquema de un cloroplaso y células con cloroplastos vistos con microscopio.

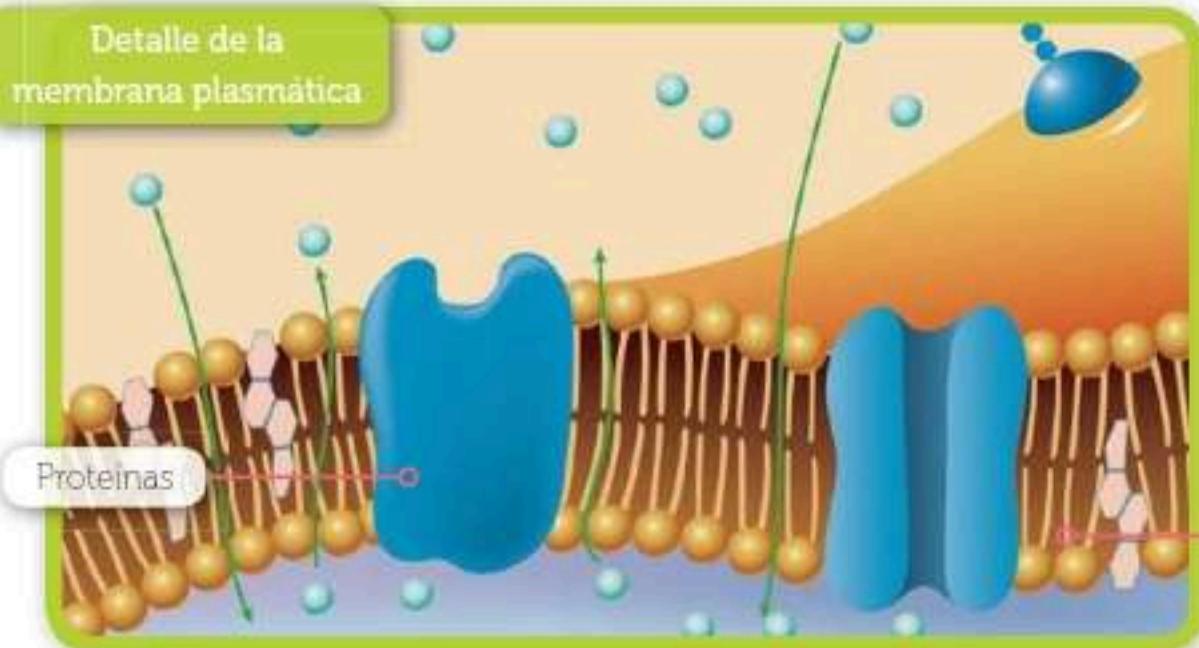
Las **mitocondrias** son los orgánulos en los que se lleva a cabo la respiración celular. Este proceso consiste en un conjunto de reacciones químicas a partir de las cuales se degradan moléculas orgánicas y, como producto de esta degradación, las células obtienen energía. Las mitocondrias son muy pequeñas y poseen una doble membrana, que delimita un espacio en el cual se encuentra ADN (más adelante vamos a ver la importancia de esta estructura en el estudio de la evolución celular).



Esquema de una mitocondria.

# LA MEMBRANA CELULAR

Cuando los científicos comenzaron a investigar la estructura y la función de la membrana celular o plasmática de las células actuales, creían que esta era rígida y similar a un colador, ya que todas las sustancias químicas que fueran de menor diámetro que sus poros podrían atravesarla. Pero este modelo tenía un inconveniente: ¿cómo se incorporaban o se eliminaban de las células partículas de mayor tamaño? Ante esta dificultad, se pensó en **modelos** alternativos de membrana, hasta que en 1972, los científicos Seymour J. Singer y Garth Nicholson propusieron el **modelo de mosaico fluido** que hasta el momento es el que mejor se adapta para explicar el funcionamiento de la membrana plasmática. Los avances en el campo de la microscopía electrónica fueron fundamentales para el desarrollo de este modelo, porque permitieron describir la composición química de la membrana celular, que está estrechamente relacionada con su función. Ellos establecieron que estaba formada por unas moléculas llamadas proteínas y por fosfolípidos (lipidos con fósforo). También vieron que la mayoría de las membranas poseen en su cara externa carbohidratos, que sirven para el reconocimiento de la célula de otras células o agentes externos.

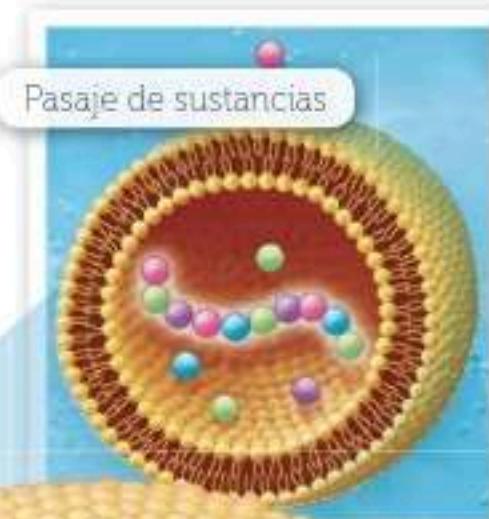


Este modelo propone que la membrana celular, lejos de ser rígida, posee componentes que se encuentran en permanente movimiento, por lo que puede **"estirarse o contraerse"** haciendo que la célula cambie por pocos segundos su forma característica. Por ejemplo, las proteínas que se encuentran inmersas en la bicapa pueden desplazarse a través de los fosfolípidos y participar en el pasaje de partículas.

Tené en cuenta que la mayoría de las partículas que atraviesan la membrana e ingresan a la célula son nutrientes necesarios para su normal funcionamiento, mientras que las que salen, como el dióxido de carbono que se produce con la respiración celular, son desechos que la célula ya no requiere.

El tránsito de moléculas entre la célula y su medio ocurre debido a una delicada y minuciosa selección a través de la membrana que, a veces, implica un gasto de energía, y en otras ocasiones, una deformación de la célula. Esta característica de la membrana, que permite el transporte de determinadas sustancias hacia el interior y el exterior de la célula, se denomina, como vimos en el capítulo 3, permeabilidad selectiva.

PARA ENTENDER CÓMO FUNCIONAN CIERTAS ESTRUCTURAS, EN CIENCIA SE ELABORAN **MODELOS**, QUE PERMITEN INTERPRETAR CON MAYOR CLARIDAD. LOS MODELOS SE BASAN EN DATOS OBTENIDOS PREVIAMENTE.



El esquema muestra la **membrana plasmática** de una célula, compuesta por una doble capa de fosfolípidos, denominada **bicapa lípídica**, con proteínas "incrustadas" en ella, algunas de las cuales la atraviesan.

# RESOLUCIÓN DE problemas



3. En capítulos anteriores entendiste de qué se trata un modelo y cuál es la utilidad que se le da desde las ciencias. Ahora te invitamos a que te imagines que sos parte de un equipo de científicos que pretende construir un modelo que represente la membrana plasmática. Tiene que ser visible al ojo humano y construirse con materiales de descarte.
- a) ¿Qué componentes de la membrana plasmática deberían estar presentes? ¿Con qué materiales los representarías? ¿Por qué? (Observá la imagen a pie de página para ayudarte.)
  - b) Intentá armar el modelo. ¿Qué dificultades advertís en su construcción? ¿Qué alternativas encontrás para resolverlo?
  - c) Obtené fotos de cada una de las etapas de construcción del modelo. Elaborá un epígrafe explicativo que tenga en cuenta: la etapa de construcción, las características de la membrana plasmática y la función de sus componentes.
  - d) Teniendo en cuenta los puntos b) y c), elaborá un instructivo y un gráfico para que cualquiera pueda reconstruir el modelo en otra ocasión.
4. Unos meses más tarde, el mismo equipo de científicos recibe un subsidio económico para diseñar una versión digital del modelo elaborado con materiales de descarte. En él se espera ver el funcionamiento de la membrana plasmática.
- a) Elaborá un *stop motion* con los materiales a disposición en el que se explique alguna función de la mem-

brana plasmática. En caso de ser necesario, buscá un compañero para trabajar en equipo.

- b) Escribi un guion para acompañar el video del punto a. Grabalo en la computadora y agregalo al video.
- c) Subí tu video al blog de la escuela o del grado. Mirá los videos elaborados por los demás compañeros y hacé comentarios constructivos sobre ellos.



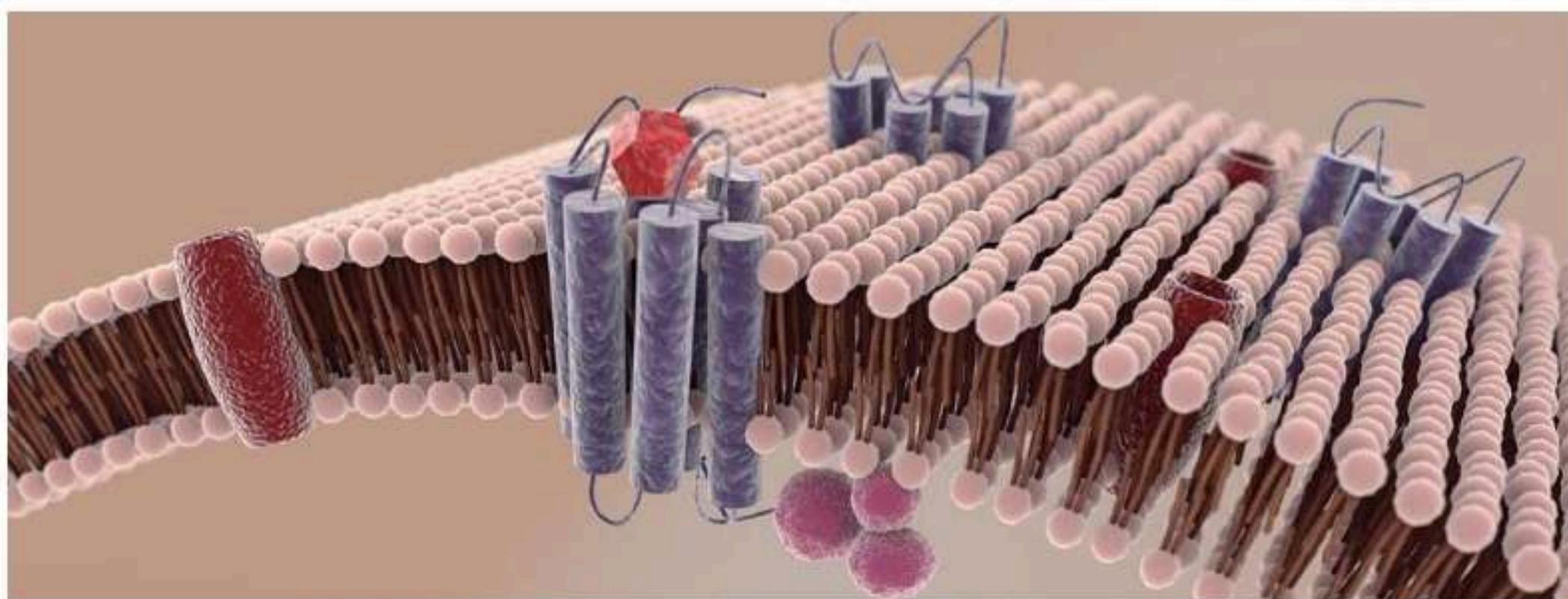
Aprender a aprender

5. Utilizar herramientas digitales para este tipo de actividades:

- Te facilita realizar la tarea.
- Te complica hacer la tarea.
- No te gusta utilizarlas.
- Te interesa aplicarlas.

6. Suponé que trabajás como divulgador científico y te piden que prepares una exposición con maquetas sobre la célula.

- a) ¿Cuál sería la principal distinción que harías entre los tipos celulares?
- b) ¿Qué orgánulo vinculado con la nutrición autótrofa no puede faltar en la maqueta de la célula vegetal?
- c) ¿Qué orgánulo vinculado con la generación de energía tiene que estar representado tanto en la célula animal como en la vegetal?
- d) Si durante la exposición te consultan sobre la síntesis de proteínas, ¿qué orgánulo deberías tener representado?



# EL NÚCLEO CELULAR

Por lo que se sabe hasta ahora, en el caso de las primeras células que existieron sobre el planeta, el material genético se encontraba libre en el citoplasma, o sea que eran células procariotas. Posteriormente aparecieron otros tipos celulares en los que el material genético se presentaba envuelto y protegido por una membrana especial, diferente de la que limita con el exterior; este fue el origen de las células eucariotas. ¿Cómo ocurrió? Más adelante veremos cuál es la hipótesis que sostiene la mayoría de los científicos.

Ahora bien, cuando hablamos de **material genético** nos referimos específicamente al ácido desoxirribonucleico, más conocido como ADN; forma parte de un grupo particular de compuestos químicos, los ácidos nucleicos. El ADN cuenta con la información necesaria para coordinar el funcionamiento de la célula. Además, esa información es transmitida a todas las células que de ella provengan.

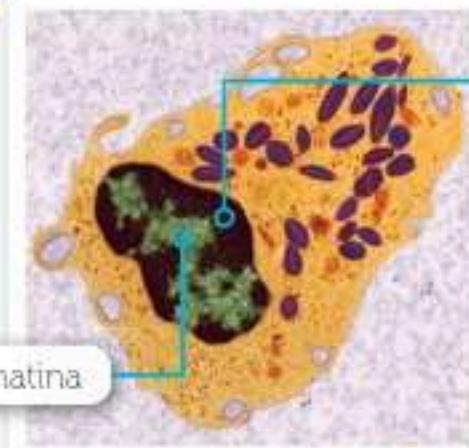
Existe otro tipo de ácido nucleico presente en las células, el **ácido ribonucleico o ARN**, que cumple una función

primordial en la expresión de la información genética. Por ejemplo, el ADN tiene la información para que se forme una proteína específica, necesaria, por ejemplo, para la membrana. ¿Cómo se llega de esa información a la síntesis (formación) de esa proteína en particular? A través del trabajo conjunto del ADN y el ARN.

En las células eucariotas, el ADN se encuentra dentro del núcleo celular enrollado (como un ovillo) y asociado con proteínas; en ese estado se denomina **cromatina**. Durante la división celular se compacta y forma los **cromosomas**. Que el material genético de una célula se encuentre de una forma u otra depende del momento del ciclo vital de la célula y de las funciones que esté llevando a cabo en esa instancia.

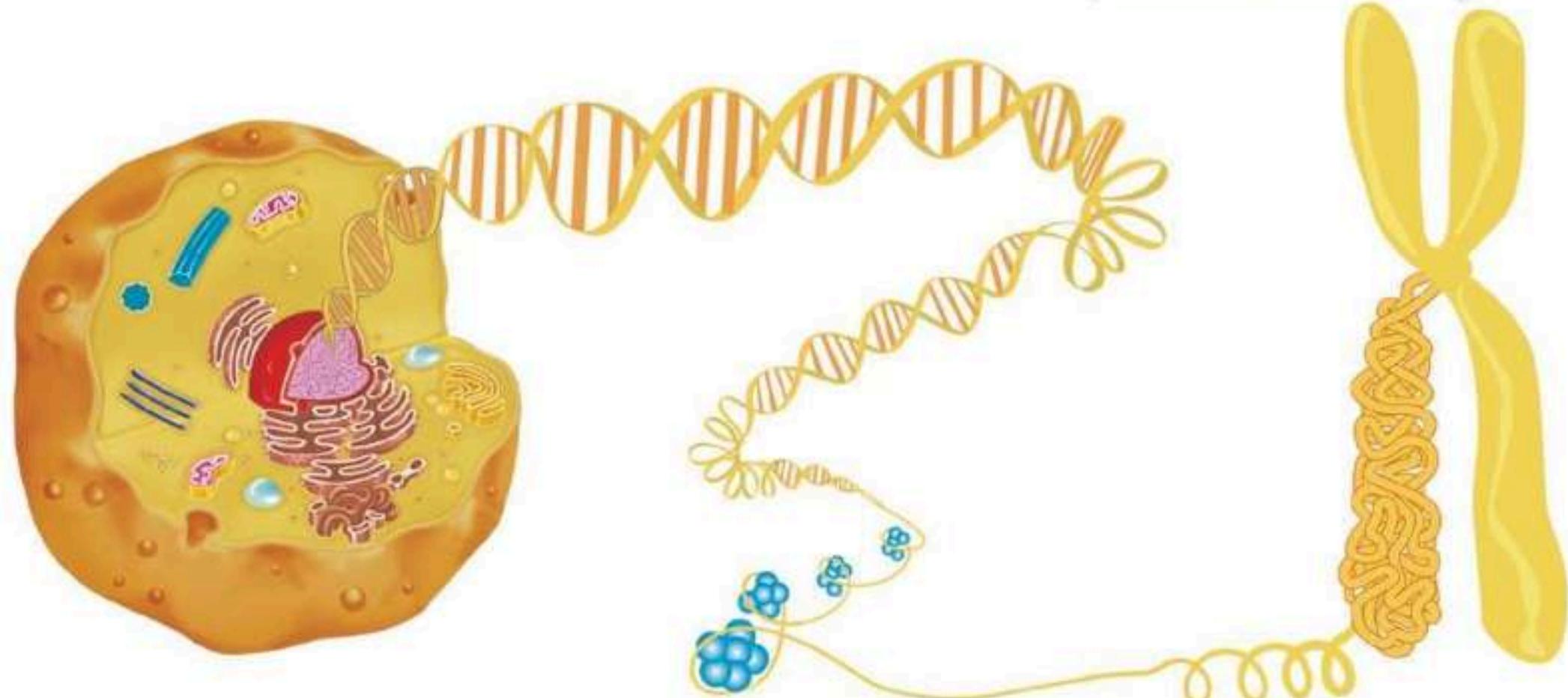
Célula sanguínea ➤  
(glóbulo blanco)

vista con  
microscopio  
electrónico.



Núcleo

Cromatina



El ADN en las células eucariotas está asociado a proteínas y se encuentra poco condensado en el interior del núcleo, constituyendo la cromatina. Cuando una célula se va a dividir en dos, el ADN se duplica y la cromatina se condensa, adoptando la forma de cromosomas.



## Vale comprender

7. Volvé a leer el segundo párrafo e indica cuál es la idea principal.
8. Escribí las siglas que se presentan en esta página y al lado, su significado.
9. Elaborá un #hashtag relacionado con la idea que tenés ahora sobre qué es el núcleo.

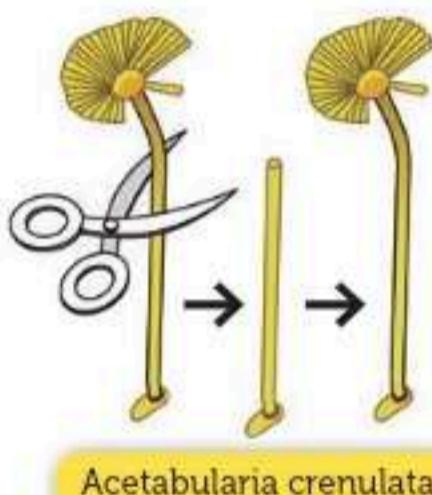
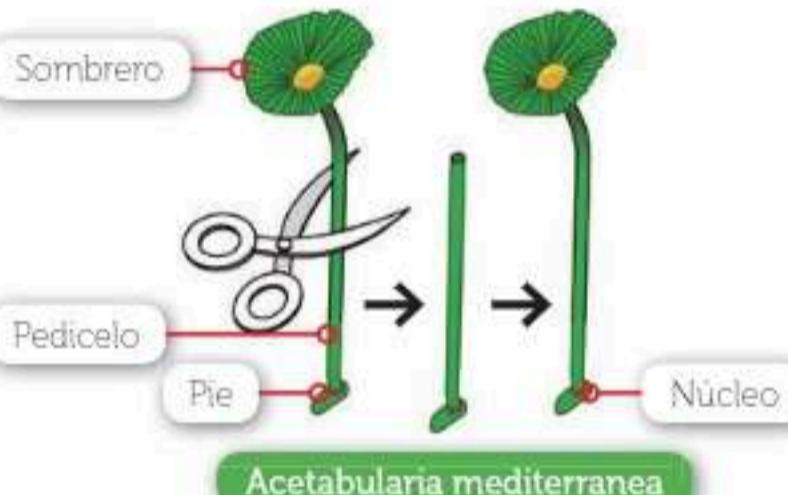
# TODO guna empezó u pregunta



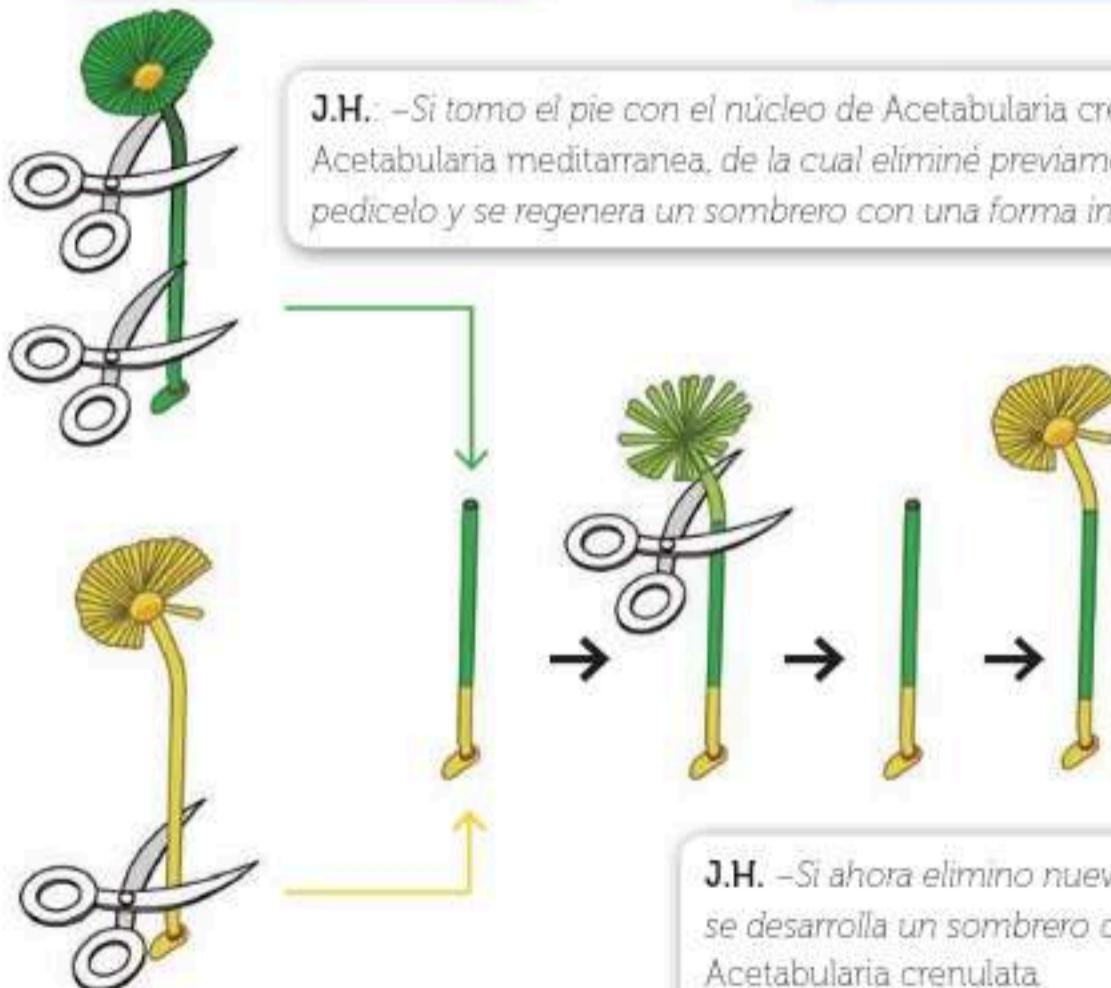
Qué parte de la célula  
dirige su actividad



J.H.: -Si elimino el sombrero, se genera uno nuevo, con la forma característica de cada especie.



Esta pregunta la pudo responder en la década del treinta Joachim Hammerling (J.H.). Este biólogo alemán, intrigado sobre qué controlaba las funciones de la célula, si el núcleo o el citoplasma, decidió llevar adelante un experimento con *Acetabularia*, un alga formada por una única célula gigante de 2 a 5 cm de altura. Sabía que cada una tiene un pie, un pedicel y un sombrero. En el pie se encuentra el núcleo de la célula, y la forma del sombrero varía según la especie del alga. Conociendo estas características, razonó cómo hacer su experimento.



J.H.: -Si ahora elimino nuevamente el sombrero, se desarrolla un sombrero característico de *Acetabularia crenulata*.

Los resultados indicaron que es el núcleo el que dirige la síntesis de las sustancias que forman el sombrero y que estas se acumulan en el citoplasma. Por eso, si se reemplaza el núcleo, se desarrolla un sombrero de forma intermedia. Si este se elimina, se agotan las sustancias aportadas por el citoplasma de la otra célula y se desarrolla un sombrero determinado por el nuevo núcleo.

Hammerling concluyó que es el núcleo el que dirige la actividad celular.

# LAS CÉLULAS Y EL MICROSCOPIO

Hasta ahora hemos hablado de cómo son las células, pero ¿cómo las vemos? Podríamos decir que la mayoría de las células son "invisibles a los ojos", pero se inventó el microscopio y dejaron de serlo. En la actualidad, el uso de este instrumento es fundamental para conocer el "mundo microscópico" que se esconde a simple vista.

El ojo humano tiene un **poder de resolución** –es decir, la distancia mínima que debe mediar entre dos objetos para poder verlos– de 100 micrones. Todo lo que sea menor a esa medida, es imposible que podamos verlo a simple vista, y las células alcanzan un tamaño que oscila entre 1 y 50 micrones. Por lo tanto, para poder observarlas, el uso del microscopio es fundamental.

Existen varias clases de microscopios; el más conocido por todos es el **microscopio óptico**. Está formado por dos tipos de lentes: el ocular y el objetivo. Una luz atraviesa desde abajo el preparado colocado sobre la platina, y la imagen que se representa ante nuestros ojos es aumentada por esas dos lentes.

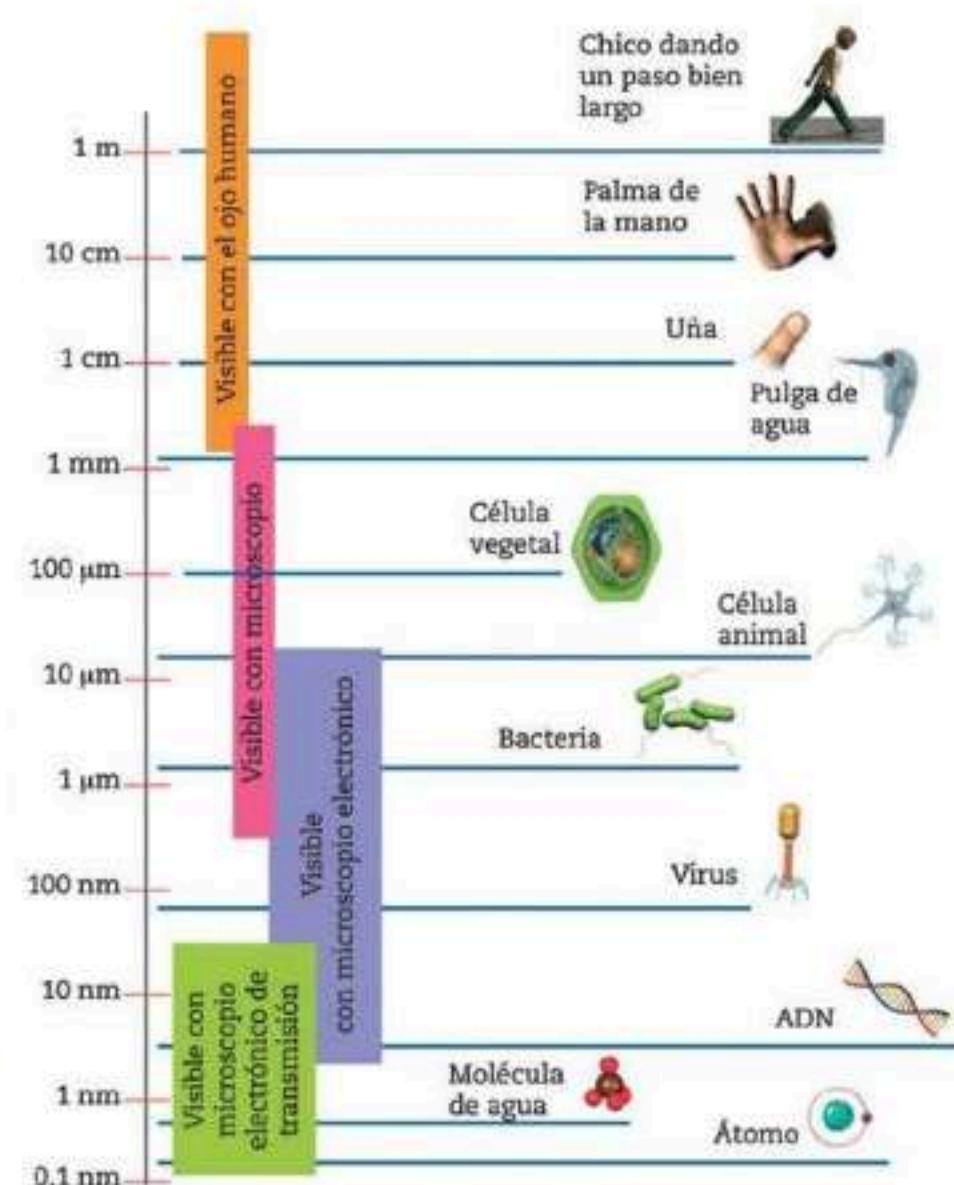
El valor del aumento total se obtiene multiplicando el número de veces que aumenta la imagen la lente ocular por el número de veces que aumenta la imagen la lente objetivo (ambos números están grabados en las lentes).

## TIPOS DE MICROSCOPIOS

Si bien utilizando el microscopio óptico se puede aprender mucho sobre las células, en la actualidad existen otros tipos de microscopios más sofisticados, como el **microscopio electrónico**, que permiten obtener otro tipo de imágenes, como algunas de las microfotografías de los diversos orgánulos y células que viste en este capítulo. Mientras que en el microscopio óptico se utiliza luz blanca para iluminar los elementos que se desean observar, y puede ampliar la imagen unas 1.000 veces, en los electrónicos se utiliza un haz de electrones para obtener la imagen aumentada.

Existen dos tipos: el de barrido (MEB), que aumenta la imagen hasta 20.000 veces, y el de transmisión (MET), que la aumenta hasta 500.000 veces. Además, su poder de resolución es mayor.

Escala que muestra la relación de tamaños entre distintas cosas y los instrumentos con que pueden observarse.



## OBSERVAR CON INSTRUMENTOS

- Te presentamos dos imágenes obtenidas con la ayuda de un microscopio junto con algunos datos que pueden ayudarte a comprenderlas.
- ¿Qué estructuras celulares podés observar con claridad en cada imagen?
- ¿Cuántas veces está aumentada la imagen en cada caso?

Células vegetales  
(6.000x)



Células de la mucosa bucal (400x)



La **microscopia** permite la observación de estructuras invisibles para el ojo humano. En la actualidad, los científicos obtienen fotografías a través de los microscopios y luego las interpretan. En el caso de las células, muchas veces se tiñen con colorantes especiales para mejorar su visibilidad. Pero ¿todos vemos lo mismo cuando observamos? No, cada observador hace su propia interpretación de la imagen que obtiene. Nuestra interpretación depende, por ejemplo, de nuestro conocimiento del tema y también de la resolución del microscopio utilizado.



### HORA DE HACER CIENCIA



#### Van a necesitar:

- Portaobjetos y cubreobjetos.
- Gotero con agua.
- Gotero con azul de metileno.
- Pinza.
- Hisopo.
- Papel absorbente.
- Hojas y tallos de apio.
- Microscopio óptico.

**10.** En grupo, realicen las siguientes observaciones de células.

- Con la pinza, retiren cuidadosamente una capa fina del tallo o de las hojas de apio y colóquenla sobre un portaobjetos. Agreguen una gota de agua y tapen con el cubreobjetos. Retiren el exceso de líquido con el papel absorbente. Repitan la operación agregando, además, una gota de azul de metileno.
- Abran la boca y, con el hisopo, raspen suavemente la cara interna de la mejilla. Coloquen dos gotas de agua en un portaobjetos y froten el hisopo en el agua. Agreguen una gota de azul de metileno, tapen con un cubreobjetos y retiren el exceso de líquido con el papel absorbente.
- Observen los preparados en el microscopio con diferentes aumentos. Dibujen detalladamente lo que observan y anoten el aumento utilizado. ¿Qué estructuras pudieron identificar? ¿Hay cambios entre el preparado con colorante y sin él? ¿Observan diferencias entre las células animales y las vegetales? ¿Se parecen a las imágenes de esta página?

#### Elian como resolver:

- Realicen un informe en el que expongan sus conclusiones y los dibujos de los distintos preparados.
- O pueden hacer un video tutorial sobre la experiencia filmando la actividad experimental, los resultados y las conclusiones.

# LA TEORÍA ENDOSIMBIÓTICA

Las células eucariotas tienen características diferentes de las procariotas; básicamente, la presencia de orgánulos, como mitocondrias y cloroplastos, y el material genético rodeado por una membrana. Ahora bien, ¿cómo se originaron esos compartimientos internos? ¿Cómo surgieron los orgánulos?

Los científicos sostienen que tanto los cloroplastos como las mitocondrias se originaron a partir de las bacterias primitivas, que en el pasado se asociaron a otras bacterias. Se cree que, en algún momento de la historia de los seres vivos, hubo bacterias primitivas que se fagocitaron a otras (las engulleron), pero, en lugar de digerirlas o expulsarlas, las retuvieron, y esto resultó beneficioso.

Según esta teoría, hace 2.100 millones de años aparecieron las células eucariotas debido a la relación tan estrecha (de simbiosis) que se habría establecido entre diferentes grupos de células procariotas.

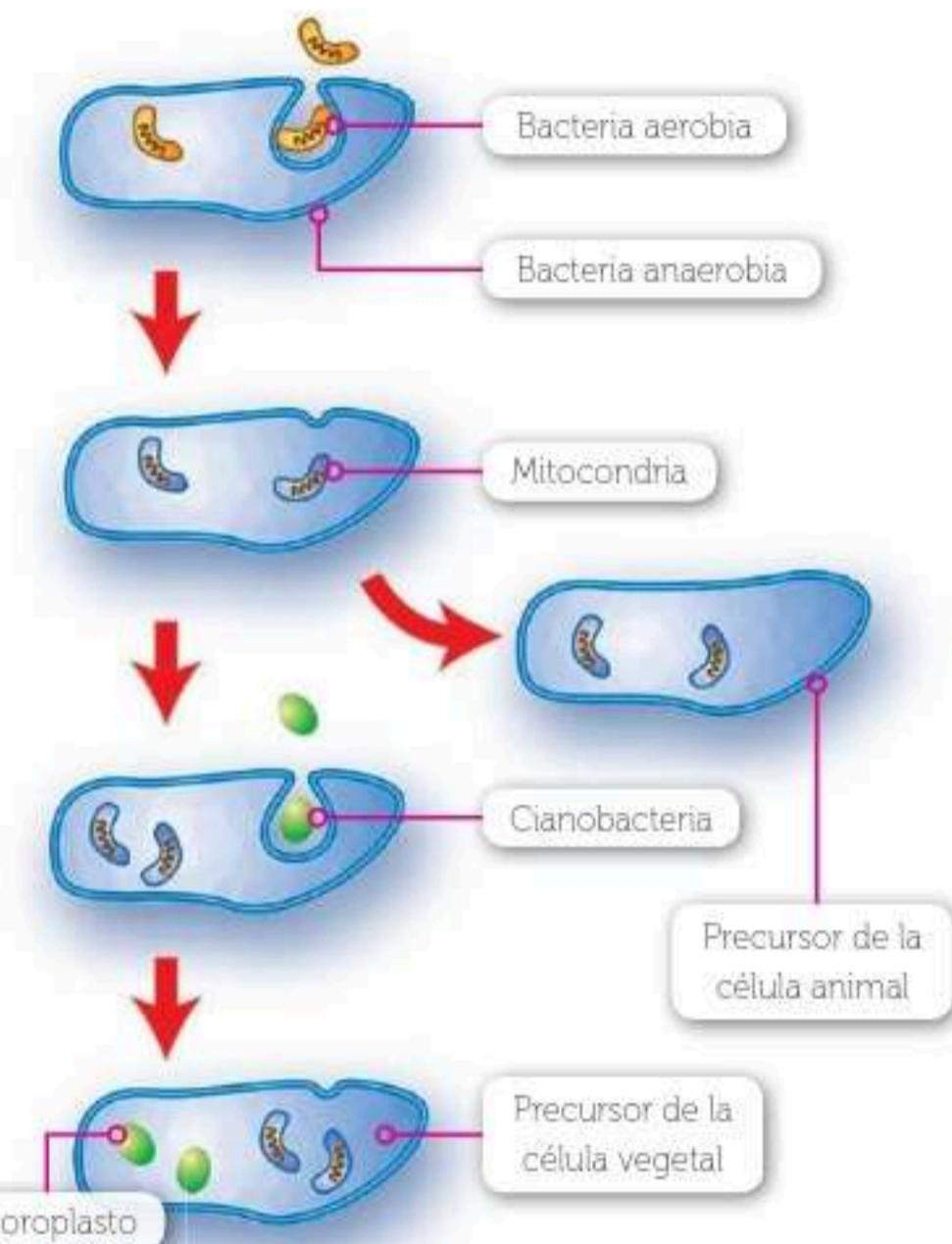
Desde el punto de vista biológico, se denomina simbiosis a la asociación de dos organismos en la que ambos se benefician. Teniendo en cuenta el concepto de simbiosis, la científica Lynn Margulis propuso la **teoría endosimbiótica**. Analicemos las etapas:

- Las mitocondrias se originaron a partir de bacterias de vida libre, que respiraban oxígeno y poseían su propio ADN, y que, en algún momento, fueron fagocitadas por una bacteria anaerobia. La bacteria aerobia encontró protección y alimento, y a la vez proporcionaba energía a su hospedador, por lo que esta endosimbiosis derivó en un beneficio mutuo. Luego de miles de millones de años, la bacteria fagocitada se habría transformado en una mitocondria. Así se piensa que surgieron las mitocondrias: perdieron su vida libre y especializaron su función en obtener energía.
- Los cloroplastos se originaron a partir de las cianobacterias (células procariotas fotosintéticas), que tenían vida libre y la capacidad de fotosintetizar. Estas cianobacterias fueron fagocitadas por otras bacterias primitivas, de las cuales recibieron protección y, a la vez, proporcionaron alimento por medio de la fotosíntesis.

Cianobacteria actual del género *Nostoc*.



- La doble membrana que poseen los cloroplastos y las mitocondrias correspondería a los plegamientos de la membrana plasmática de la célula que las fagocitó. En el siguiente esquema se representan las principales etapas de la teoría endosimbiótica.



¿Cuáles son las evidencias a favor de la teoría endosimbiótica?

- Las mitocondrias y los cloroplastos tienen su propio ADN (distinto del ADN nuclear).
- Ambos orgánulos se dividen dentro de la célula independientemente de las "instrucciones" del ADN nuclear.
- Otra evidencia a favor de la teoría es que en la actualidad las simbiosis se producen de manera espontánea en ambientes con poco oxígeno.

## Vale comprender

11. En el diccionario, la palabra *endosimbiosis* no aparece registrada. En estos casos, ¿cómo se puede averiguar el significado?
12. Identificá en el texto de la página las ideas principales y elaborá con ellas un breve resumen.
13. Si tuvieras que reemplazar el título de esta página, ¿cuál le pondrías?



## PENSAMIENTO crítico

**14.** La teoría endosimbiótica, propuesta en 1967 por Lynn Margulis, establece el origen de los orgánulos celulares (mitocondrias y cloroplastos) y el origen de las células eucariotas a partir de células más simples, las procariotas.

Te proponemos que leas los siguientes fragmentos de un artículo de divulgación científica sobre el tema y que respondas las consignas.

### LYNN MARGULIS, LA VOZ DE LOS MICROBIOS

Lynn Margulis, madre de la teoría de la endosimbiosis, fue una de las científicas más brillantes y controvertidas de los últimos años.

[...] Era una mujer bajita e inquieta, que gracias a su asombrosa tenacidad logró cuestionar las teorías neodarwinistas imperantes en la época y dar un giro a la comprensión de la evolución de las especies.

[...] Efectivamente, la curiosidad sin límites de la bióloga estadounidense la llevó a defender la “**Teoría de la endosimbiosis serial**” para explicar el origen de la célula eucariota (y de sus orgánulos, los cloroplastos y las mitocondrias). Aunque estas ideas ya habían sido formuladas antes por Konstantin Merezhkovsky e Ivan Wallin, ambos ignorados en su tiempo, fue **Margulis** su promotora más activa.

El propio **Darwin**, en su famoso libro *El origen de las especies*, señalaba alguna de las aparentes incoherencias que su teoría no era capaz de explicar. Si, según él, la **evolución** funcionaba por una acumulación de pequeños cambios graduales que van siendo fijados como caracteres por la **selección natural**, ¿cómo era posible que ni en el **registro fósil** ni en los organismos actuales se encontrasen esas formas intermedias? Una de las transiciones más evidentes se observa en la diferenciación entre **células procariotas y eucariotas**. [...] Y no hay formas intermedias: o se es eucariota o se es procariota.

[...] Margulis empezó a bucear en la literatura y rescató, añadiendo nuevas evidencias, la **teoría de la simbiogénesis** que Merezhkovsky había planteado cuarenta

años atrás. Según esta hipótesis, las células eucariotas se habrían originado a partir de diferentes células procariotas mediante una relación simbiótica que llegó a ser estable.

En otras palabras, una bacteria habría literalmente engullido a otra, y con el paso del tiempo estos consorcios entre especies se hicieron permanentes. La fuerza evolutiva que generó a este nuevo tipo de células no fue la acumulación de pequeñas mutaciones (cambios en el ADN), sino una suma de estructuras complejas que ya existían previamente. A pesar de la reticencia inicial con la que la comunidad científica acogió estas ideas, con el paso del tiempo se han acumulado evidencias experimentales que las han ido confirmando. [...]

Fuente: <https://bit.ly/2ByPulz>



Lynn Margulis

- a)** ¿Estás de acuerdo en definir a la científica Lynn Margulis como madre de la teoría de la endosimbiosis? ¿Por qué?
- b)** Investigá sobre los neodarwinistas. ¿Qué postura habrán tenido con respecto a las ideas de Margulis? Explicitalas en un pequeño texto.
- c)** Algunos artículos de Margulis fueron rechazados inicialmente varias veces antes de ser publicados. ¿Habrá influido que se tratase de una científica mujer? Explicá tu postura.

**15.** Al analizar un tema:

- Lo hacés en forma individual.
- Buscás la opinión de tus compañeros.
- Consultás la opinión del docente.
- Consultás con otros según el tema.



Aprender a aprender

# EL ORIGEN DE LA CÉLULA EUCA RIOTA

Luego de leer este capítulo, te habrás dado cuenta de que las células no son todas iguales y que tienen diferentes tipos de complejidad. Las células eucariotas, por ejemplo, tienen un sistema de endomembranas que determinan compartimientos en su interior, como el núcleo y los orgánulos.

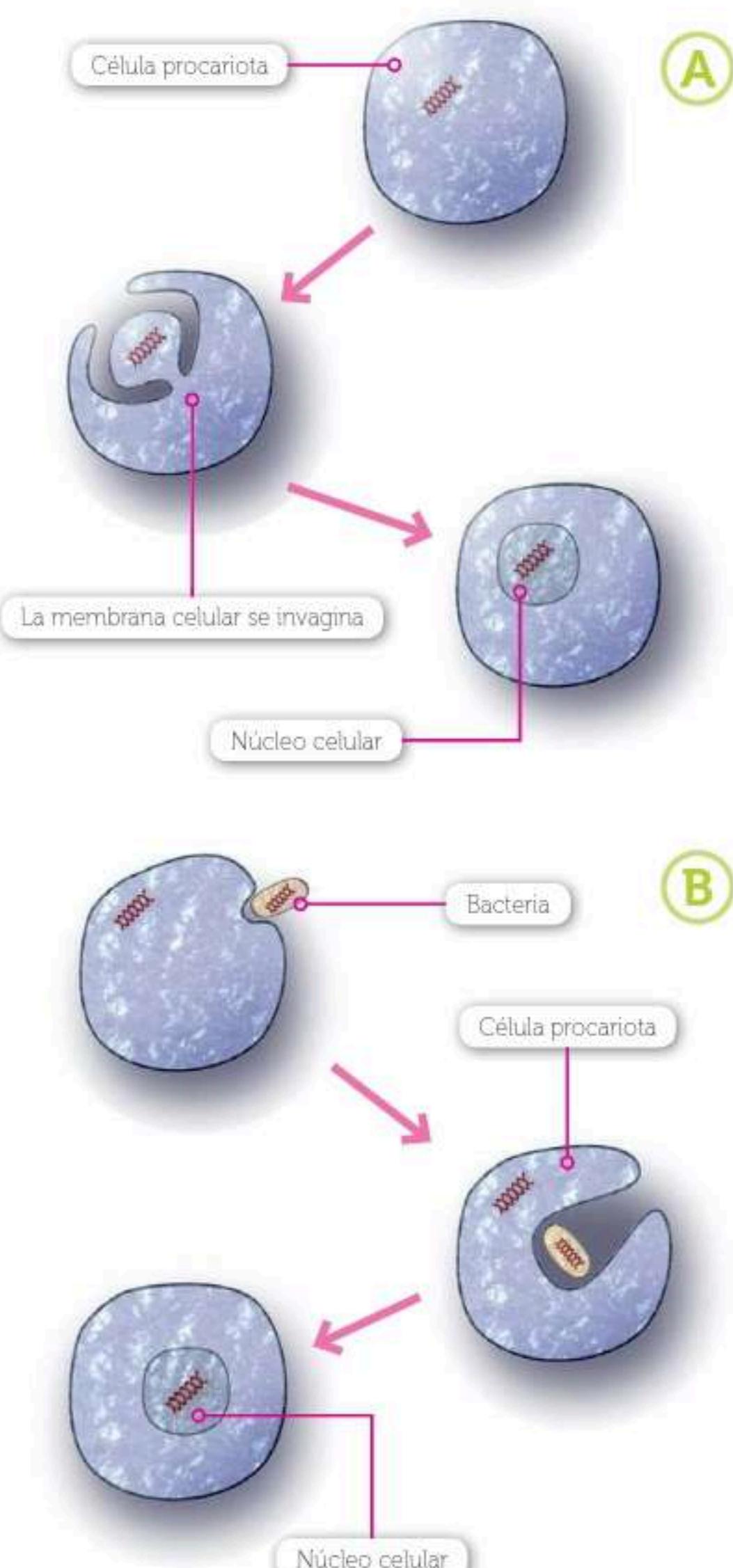
Esta compleja organización interna nos lleva a preguntarnos cómo llegaron a formarse las células eucariotas.

Varios científicos intentaron encontrar la respuesta a esta pregunta y, para ello, propusieron diversas teorías.

Algunos biólogos opinan que los orgánulos celulares se diferenciaron a partir del núcleo; según este criterio, a lo largo de 1.000 millones de años, la membrana plasmática poco a poco se fue plegando hacia el interior del citoplasma y formó compartimientos internos, uno de los cuales habría "englobado" el ADN y, de esta manera, se habría originado el **núcleo**. Posteriormente, el resto de los orgánulos celulares se habría diferenciado a partir del núcleo celular. Si bien esta explicación puede aplicarse para la mayoría de los orgánulos, no puede ser utilizada para aclarar cuál fue el origen de las mitocondrias y los cloroplastos, porque estos orgánulos poseen un ADN diferente al del núcleo celular; de hecho, el ADN de mitocondrias y cloroplastos es muchísimo más parecido al de una célula procariota que al de una célula eucariota, como viste en la página 80.

Como vimos en las páginas anteriores, Lynn Margulis sostiene que otro fue el origen de la célula eucariota. Esta científica propone que, al igual que las mitocondrias y los cloroplastos, el núcleo se formó por endosimbiosis. Organismos procariontes de vida independiente se unieron "por casualidad". Como esta asociación fue beneficiosa para ambos, se mantuvo estable a lo largo del tiempo. La célula "engullida" habría tomado el control celular, con lo que se habría constituido en el núcleo celular. Posteriormente, por invaginación de la membrana plasmática, se habrían originado el resto de los orgánulos rodeados de membrana. De esta forma, se supone que nació un nuevo tipo de célula, la eucariota, que presenta núcleo y orgánulos rodeados de membrana, características que no están presentes en las células procariotas.

Posteriormente, las células eucariotas se diversificaron en cuanto a su forma y su función. Prueba de ello es la variedad de este tipo de células, que estudiarás en el próximo capítulo.



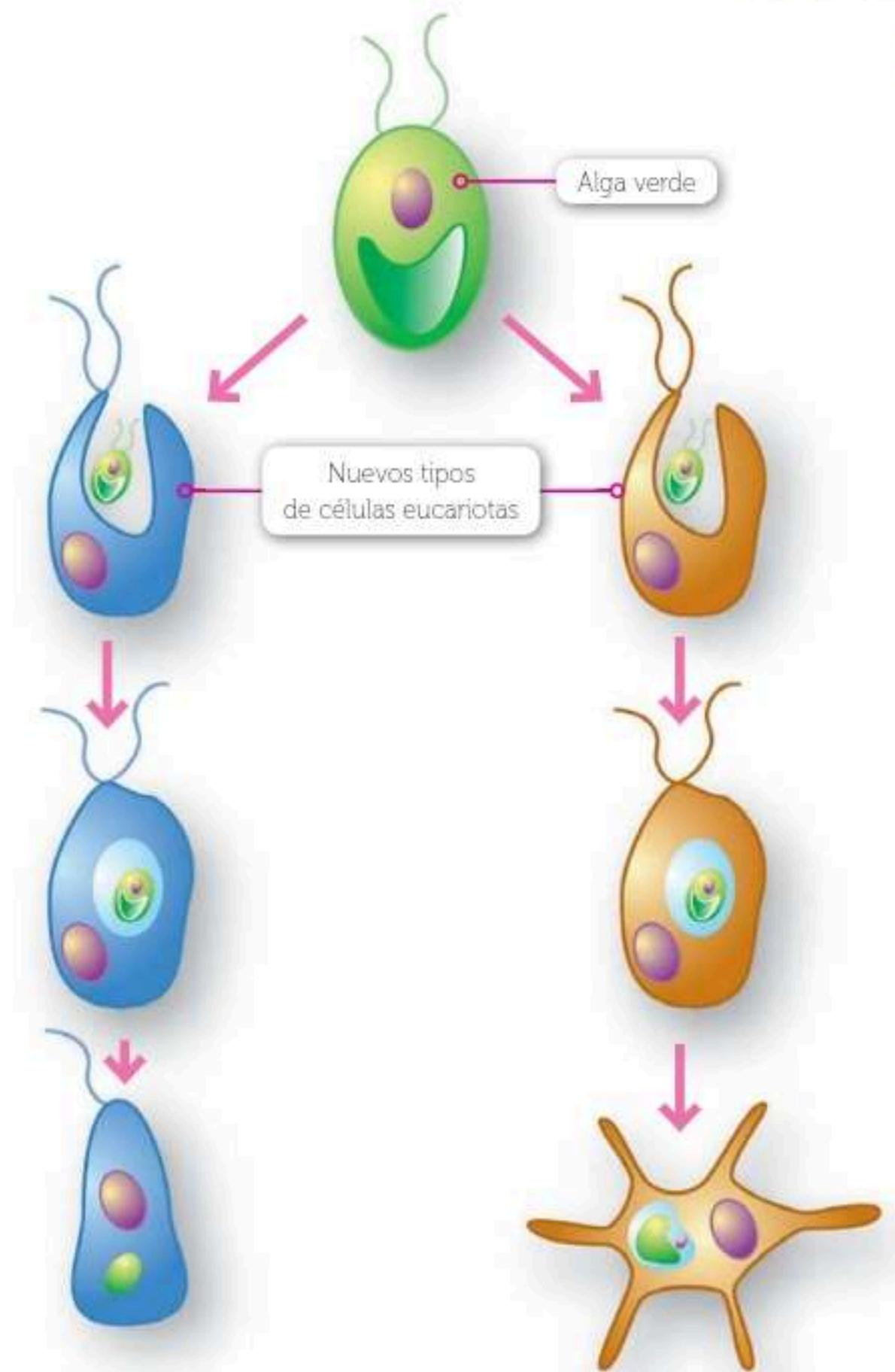
**Dos hipótesis posibles del origen del núcleo.** A partir del pliegue de la membrana celular que rodeó el material genético **A**. A partir de una célula procariota que fagocitó a otra. Se cree que los repliegues de la membrana producto de la endosimbiosis pueden haber formado compartimentos que terminaron por rodear al material genético y formar el núcleo **B**.

## LA DIVERSIDAD DE CÉLULAS EUCA RIOTAS

Se considera que la adquisición de orgánulos tan importantes como el núcleo, las mitocondrias y los cloroplastos posibilitó que las células eucariotas se diversificaran en su forma y su función, y pudieran realizar sus actividades con mayor eficacia. Pero ¿cómo se originó esta gran diversidad celular? En algunos casos, unas células eucariotas habrían incorporado a otras células, también eucariotas, pero fotosintéticas. Estas habrían pasado a constituir en su interior los cloroplastos mediante una relación endosimbótica que habría permanecido estable en el tiempo.

A estos procesos, que habrían ocurrido varias veces y habrían dado origen a diferentes líneas celulares, se los denomina **endosimbiosis secundarias**. En la ilustración vas a encontrar una posible explicación que incluye este proceso, a partir de un alga verde (formada por una célula eucariota) que parece haberse dado más de una vez en la evolución de las células. Volvemos así a la teoría de Margulis, que marca la endosimbiosis como un proceso clave en la evolución.

En la actualidad, los científicos proponen –como vimos– la existencia de un ancestro común a todas las formas de vida. A partir de una célula procariota (*ancestro hipotético*) pudo haberse originado la diversidad de células eucariotas presentes en la actualidad. Esto reafirma uno de los postulados de la teoría celular, el que todas las células provienen de otras preexistentes y transmiten la información que llevan a través del material genético. El estudio del ADN ha proporcionado datos fundamentales para conocer todos los tipos celulares.



▲ **Posibles procesos de endosimbiosis** secundarias que habrían dado origen a nuevos tipos de células eucariotas.

### EvaluáDOS

16. Elaborá un mapa conceptual con los principales temas del capítulo e intercambialo con un compañero para chequear si te falta agregar o quitar algo. Luego, elegí el tema que más te interese y prepará un resumen.
17. Intercambiá tu resumen con un compañero o compañera.
  - a) Chequeá que tu texto haya sido claro.
  - b) Escribi en tu carpeta lo que no entendiste del resumen de tu compañero.
  - c) Si es necesario, volvé a leer sobre esos temas, y da tu opinión sobre lo que habría que corregir.
18. Entre los dos, preparen una wiki sobre los temas del capítulo. Pueden utilizar imágenes de uso libre y la herramienta Wikia.



Buscalos en el

**Espacio TIC**



## 5

# De unicelulares a pluricelulares

©Razvan Ciucă



**Todos los organismos pluricelulares** nos originamos a partir de una única célula que se multiplica. Algunos, como nosotros y los peces, somos más complejos que otros, como las anémonas de mar.

## EL ORIGEN DE LOS ORGANISMOS PLURICELULARES

Pensemos qué pasaría si una célula aumentara mucho su tamaño. Se incrementaría en volumen más que su superficie. Esto resultaría una dificultad para el mantenimiento de una adecuada relación con el medio, porque, al ser más grande, la célula necesitaría más nutrientes y, también, aumentarían los desechos que se intercambian a través de la superficie celular. Además, la organización celular se complicaría porque todos sus elementos estarían difusos en un gran espacio. Entonces, queda claro que el tamaño celular tiene que ser pequeño.

Ahora bien, ¿cómo ocurrió el crecimiento en tamaño de los organismos, conservando el tamaño pequeño de la célula? A lo largo de la evolución, se resolvió este problema cuando se originaron los **organismos pluricelulares**. Su aparición es muy reciente en comparación con la antigüedad de los unicelulares, ya que se cree que sucedió, aproximadamente, hace más de seiscientos millones de años. Las células debieron adquirir al menos dos particularidades: un mecanismo que permitiera unir una célula con otra y una manera de comunicarse entre ellas. Con estos atributos, entró en escena sobre la Tierra la vida pluricelular.

“

*Omnis nucleus ex nucleus* (todo núcleo procede de otro núcleo)”.

Walther Flemming (1843- 1905).  
Médico alemán descubridor de la mitosis.



## VENTAJAS DE LA PLURICELULARIDAD

Independientemente del camino por el cual se haya llegado a la pluricelularidad, los organismos pluricelulares poseen ciertas ventajas sobre los unicelulares. Una es la relacionada con la **división del trabajo**: entre las diferentes células que componen un individuo, algunas cumplen unas funciones mientras que otras se encargan de otras. Esto, como es obvio, es imposible para un organismo unicelular, ya que la única célula cumple todas las funciones vitales.

Los seres pluricelulares más simples son sencillas asociaciones de células similares, pero en los organismos más complejos, las células que los constituyen pueden organizarse como una verdadera sociedad; en este sentido, la división del trabajo resulta clave para el funcionamiento del organismo.

Sin embargo, no todos son beneficios. Un organismo pluricelular está formado por un conjunto de células y, por eso, puede adquirir un tamaño mayor. Si hay muchas células, algunas pierden el contacto directo con el medio, lo que complicaría la nutrición y la reproducción. La estrategia, entonces, fue la **especialización celular**. ¿Qué significa esto? Diferentes grupos de células pasaron por un proceso de diferenciación y se especializaron en alguna función: incorporar sustancias, transportarlas, eli-

minar desechos, etc. Según parece, la división del trabajo fue el comienzo de la especialización celular. Cuanto mayor es esta especialización, mejor es la organización de un organismo y puede resultar más complejo.

Si bien una de las ventajas de la pluricelularidad es la especialización celular y la división del trabajo, esto trajo consigo una complicación: el alto grado de especialización celular implica que una célula no pueda vivir sola, fuera del organismo. Por otra parte, en la reproducción del organismo no intervienen todas las células, sino unas especializadas en esta función: las células sexuales o **gametos**.

Como te habrás dado cuenta, son varias las ventajas que poseen los organismos pluricelulares con respecto a los unicelulares, pero todavía queda por resolver una cuestión: ¿cómo se lleva a cabo la división celular que permitió el surgimiento de los organismos pluricelulares? Seguí leyendo y vas a encontrar la respuesta.



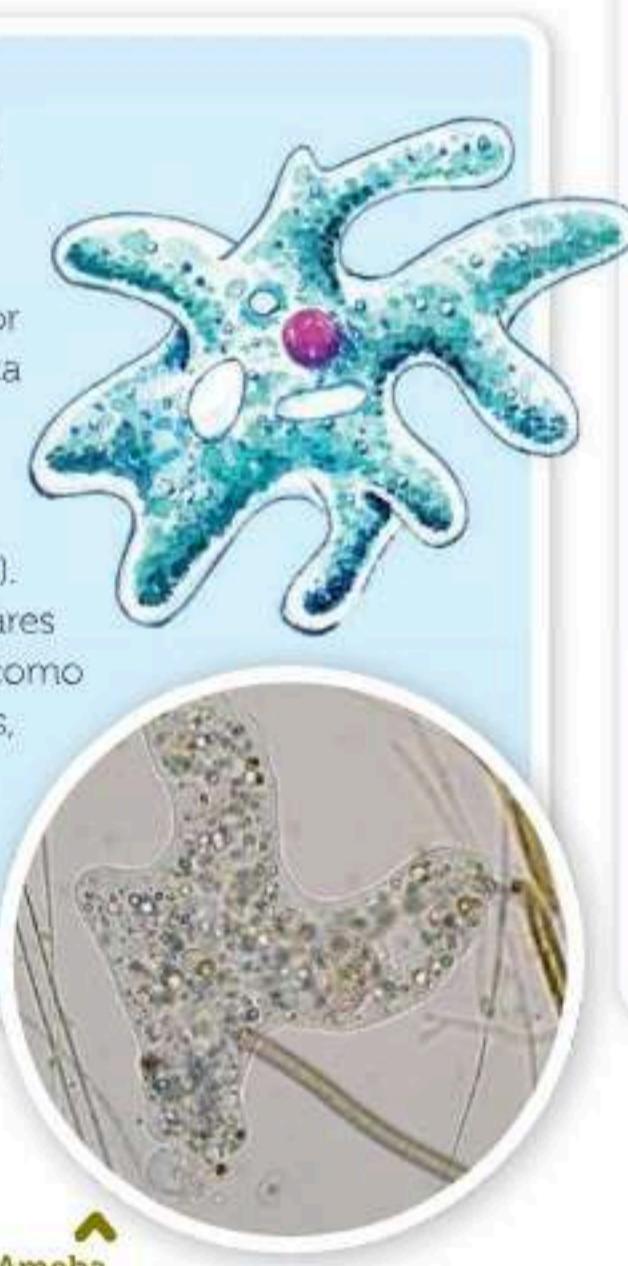
A lo largo de miles de años de evolución han aparecido seres vivos grandes, como el oso hormiguero, que conviven con otros pequeños, como las hormigas. Ambos tienen una organización corporal compleja, con células especializadas.

# NIVELES DE ORGANIZACIÓN DE LOS SERES VIVOS

Los seres vivos poseen diferente grado de complejidad. Por ejemplo, una medusa es mucho más simple que un elefante. Teniendo en cuenta las diversas características que poseen los seres vivos, los científicos los han agrupado en diferentes **niveles de organización**. Los organismos que pertenecen a un mismo nivel tienen igual grado de complejidad. Es preciso tener en cuenta que cada nivel presenta mayor complejidad que el que lo precede.

## NIVEL PROTOPLASMÁTICO

Es el más sencillo. Los representantes de este grupo están formados por una sola célula que realiza las funciones vitales básicas (respiración, transporte, digestión y eliminación de desechos). Los organismos unicelulares pueden ser procariotas, como las bacterias, o eucariotas, como las amebas, los paramecios o las levaduras.



Ameba.

## NIVEL CELULAR

Los seres vivos que pertenecen a este nivel de organización son más complejos que los del nivel protoplasmático. Las células están unidas de manera que forman agregados celulares llamados colonias. Un ejemplo de organismo colonial es el alga *Volvox*. Este ser vivo está formado por un grupo de células en las que se puede observar cierta especialización. Las células más grandes, por ejemplo, se encargan de la reproducción. A este nivel también pertenecen las esponjas, animales que viven en el fondo del mar. Tienen algunas células especializadas, como los coanocitos, que poseen un flagelo con el cual crean corrientes de agua que "arrastran" el alimento que será digerido en su interior.



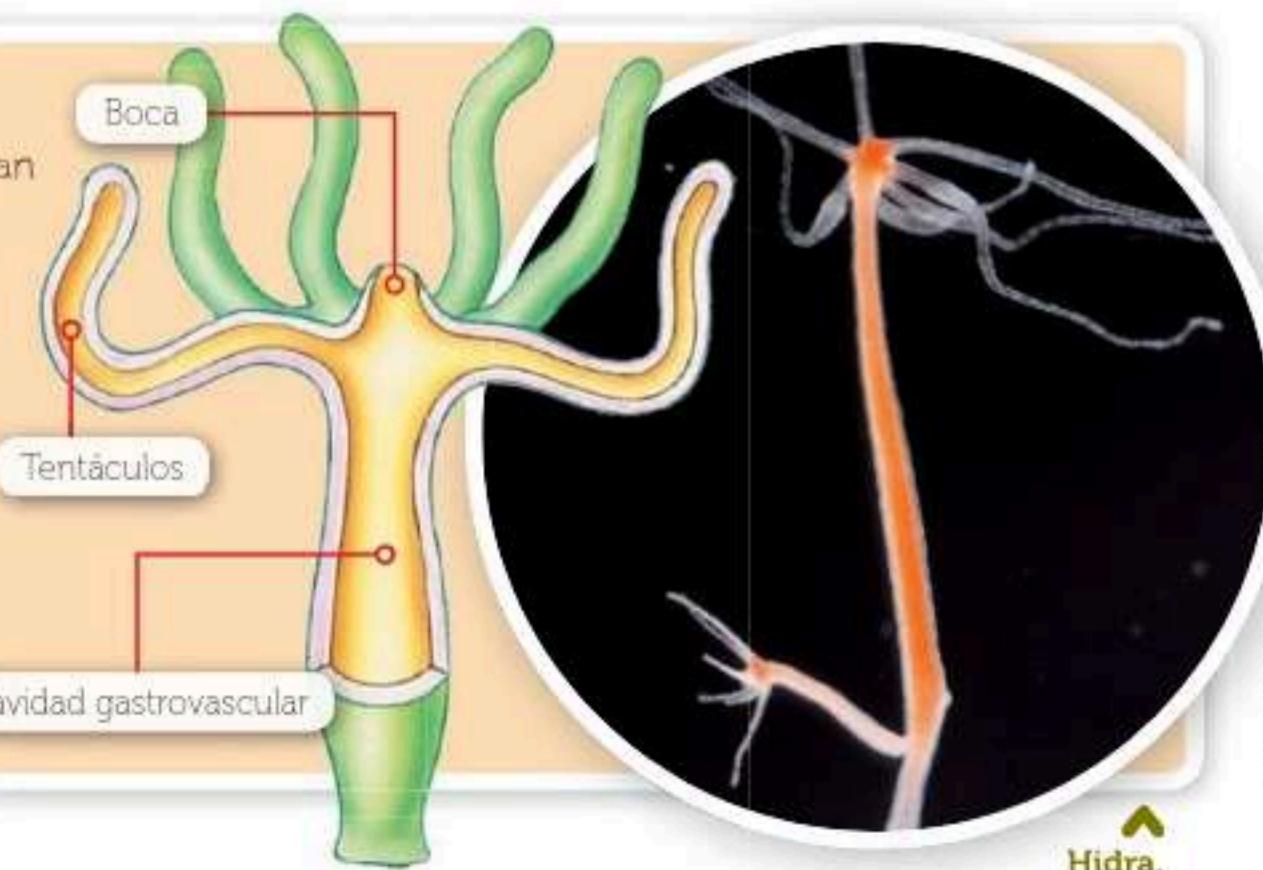
Esponja marina.

Esponjas.

## NIVEL TISULAR

Los seres vivos que pertenecen a este nivel presentan varios grupos de células semejantes entre sí que cumplen una misma función. Como estudiaste, a cada uno de estos grupos de células se los llama tejidos.

Las hidras, por ejemplo, alcanzan el nivel de organización tisular. En ellas se observa un tejido glandular formado por células que tapizan el interior de una cavidad digestiva, llamada cavidad gastrovascular, donde segregan sustancias que intervienen en la digestión de los alimentos.

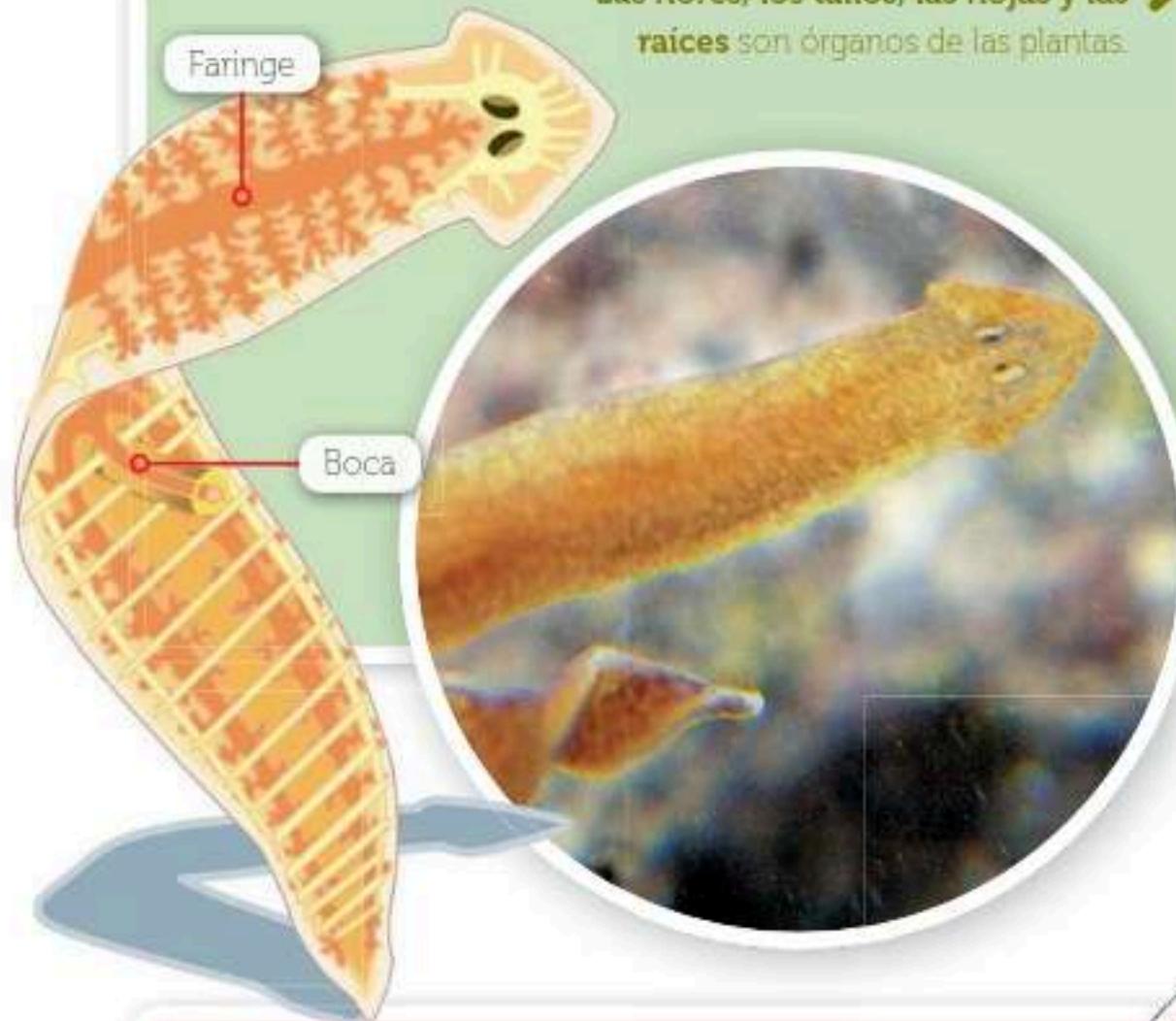


Hidra.

## NIVEL DE ÓRGANOS

Algunos animales poseen una gran variedad de tejidos que se agrupan de manera que forman órganos con funciones específicas. Existen diversos tipos de órganos, como los que están involucrados en el proceso de digestión o el de respiración. Algunos seres vivos llegan a este nivel de organización, como las plantas vasculares y los platelmintos (gusanos planos), cuyo representante más conocido es la planaria.

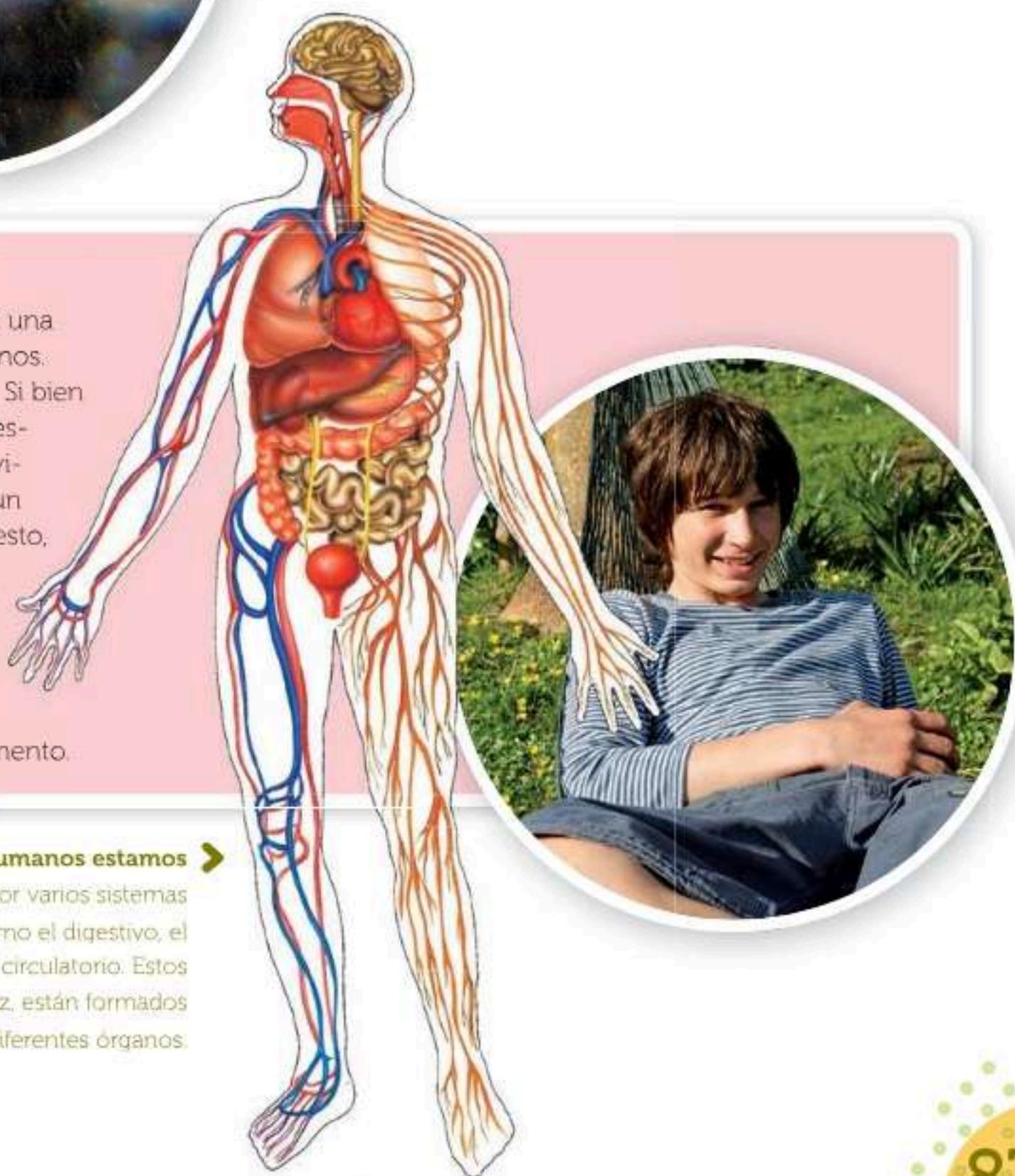
Las flores, los tallos, las hojas y las raíces son órganos de las plantas.



Los platelmintos presentan órganos como la boca o la faringe.

## NIVEL DE SISTEMA DE ÓRGANOS

Cuando varios órganos se unen y realizan una función, se constituye un sistema de órganos. Alcanzan este nivel todos los vertebrados. Si bien cada uno de los órganos de un sistema desempeña una función determinada, la actividad conjunta de todos ellos cumple con un objetivo en común. Para entender mejor esto, pensemos en el sistema digestivo. Si bien el estómago tiene una función diferente del intestino, del páncreas o del hígado, la actividad de todos estos órganos está coordinada y como producto final de esa interacción ocurre la digestión del alimento.



Los seres humanos estamos constituidos por varios sistemas de órganos, como el digestivo, el respiratorio y el circulatorio. Estos sistemas, a su vez, están formados por diferentes órganos.

# LA MITOSIS

Seguramente, alguna vez te lastimaste la piel... Pero, ¿sabías que cada vez que esto ocurre, dependemos de la velocidad con que se regeneran las células de la piel de la zona afectada para que esta cicatrice y la herida se cure? Esto significa que es necesario que las células se multipliquen. ¿Cómo lo hacen? La mayoría de las células de los distintos tejidos, con excepción de los gametos o células sexuales, se originan por mitosis. Este es un proceso a partir del cual de una célula eucariota se originan dos células con la misma información genética, que al principio serán pequeñas y luego crecerán hasta llegar a su tamaño normal. Es decir que, por mitosis, de una célula se obtienen dos. Por este proceso también se reproducen los organismos unicelulares eucariontes, como las amebas y los paramecios.

Cabe aclarar que la división celular por mitosis, ya sea en organismos unicelulares o en pluricelulares, siempre es un tipo de reproducción asexual (de la que hablaremos en detalle en el capítulo 6). ¿Qué significa esto? Que la célula se reproduce sin la intervención de

otro individuo de su especie y da origen a dos individuos idénticos.

¿Cómo ocurre la mitosis? Cada célula tiene un período de vida llamado **ciclo celular**. Este ciclo se puede dividir en dos grandes fases: la interfase y el periodo de división celular, donde ocurre la mitosis.

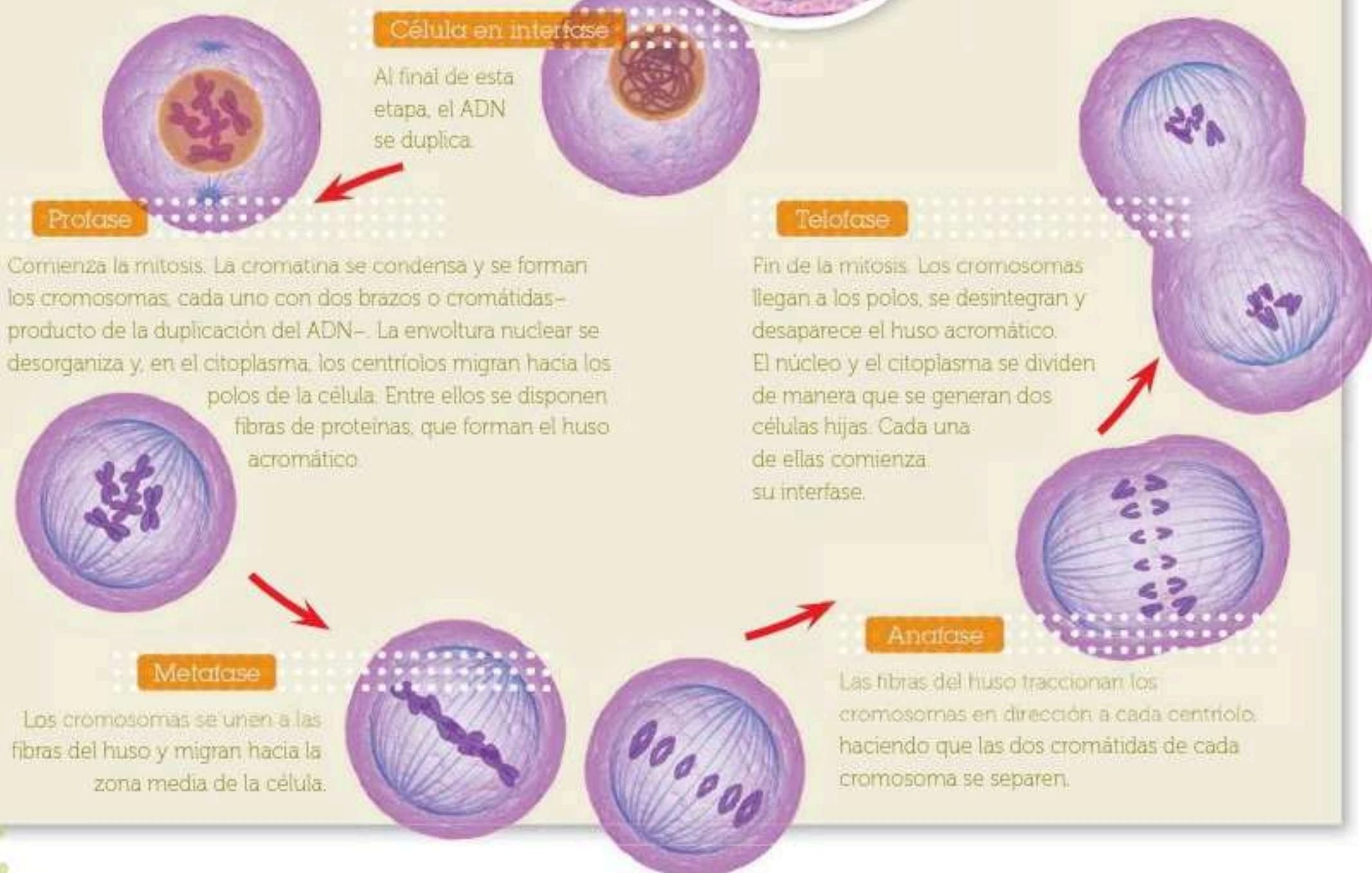
- Durante la interfase, el material genético (ADN) dispuesto dentro del núcleo se encuentra en forma laxa y se denomina cromatina. Hacia el final de esta etapa, y antes entrar en la etapa de división, este ADN se duplica.
- En el periodo de división celular ocurre la mitosis. El ADN duplicado se reparte de manera tal que cada célula hija heredará una copia. De este modo, ambas células reciben la misma información.

En la mitosis ocurren una serie de eventos muy precisos observables bajo la lente de un microscopio. Consisten de cuatro fases o etapas que se suceden una inmediatamente después de la otra, denominadas: profase, metafase, anafase y telofase.



◀ Célula en telofase observada con el microscopio (400x).

## EL CICLO CELULAR



# TODO **g**una empezó **o** pregunta



## Cómo se dividen las células



El núcleo celular se ve muy bien. Distingo una estructura granulosa que se tinge con los colorantes que aplicamos. Veremos cómo se comporta.

¿Qué puede significar eso, doctor? ¿Flemming?



A esta estructura que absorbió tanto color la llamaremos "cromatina".

¿Cuál será la función de la cromatina coloreada que se agrupa en filamentos? ¿Qué le parece profesor?



Habrá que seguir investigando para interpretar todo el proceso con claridad.



Todavía no lo sé, los filamentos de cromatina se distribuyen en las dos células hijas y forman los núcleos cuando se produce la división. A este proceso lo llamaremos mitosis.

En 1882, Flemming dio a conocer los resultados de sus investigaciones en la publicación *Substancia celular, núcleo y división*. En ese momento, él ni se imaginaba que el material coloreado que observaba tenía que ver con la herencia. Tiempo después se supo: ¡era el ADN!

Las guerras no sirven para nada. Pero pueden ayudarnos a pensar, tal como le pasó al doctor Walther Flemming, que participó en una de ellas. Mientras estaba allí, pensó que era necesario saber cómo se reproducen las células durante la cicatrización de las heridas. Ya en su laboratorio, observó células de un embrión de salamandra...

Todavía no lo sé, me interesa conocer las etapas que se cumplen en el núcleo de una célula durante la división celular. Es probable que encontremos algo interesante.

# OTRAS FORMAS DE REPRODUCCIÓN ASEXUAL

Como mencionamos, los organismos unicelulares realizan mitosis como una forma de reproducción, es decir que la multiplicación celular equivale a la reproducción de un nuevo organismo.

La mitosis no es la única modalidad de reproducción asexual de los unicelulares. Mecanismos similares, como

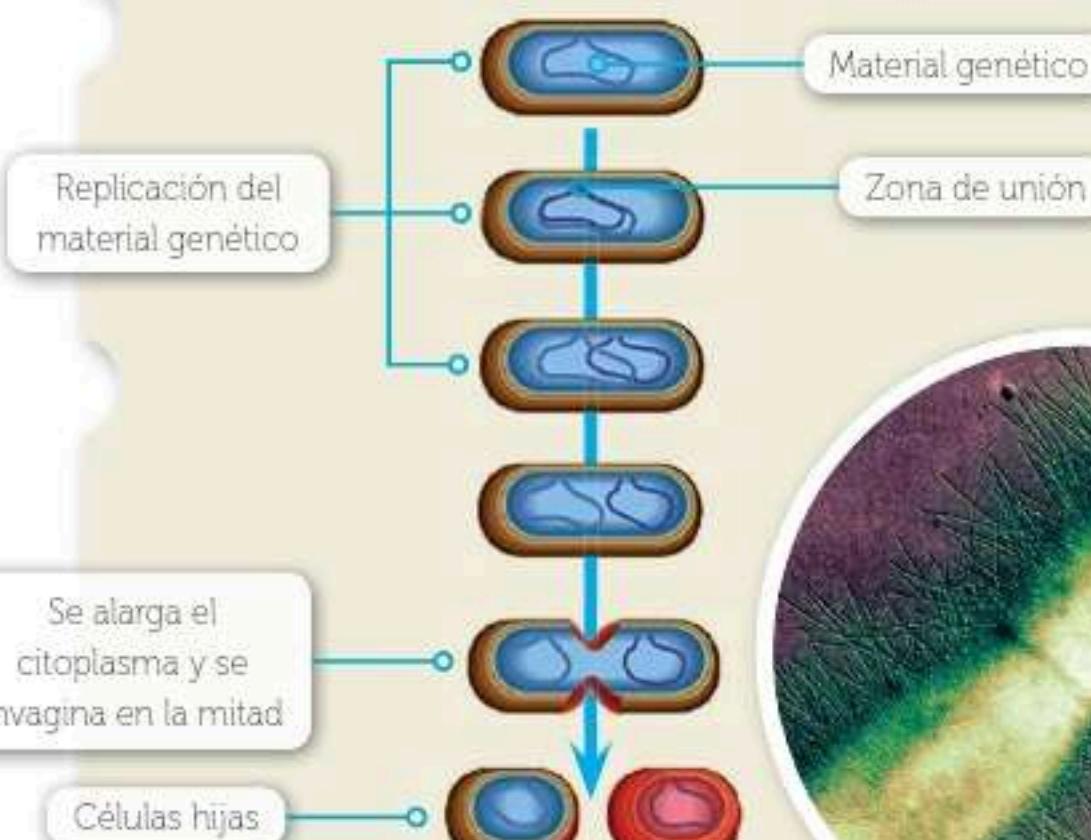
TAN IMPORTANTE COMO REALIZAR OBSERVACIONES MICROSCÓPICAS ES REGISTRAR LO OBSERVADO. POR ESO, ES BUENO TENER A MANO PAPEL Y LÁPIZ PARA DIBUJAR O HACER BOQUETOS DE LO QUE SE VE. TAMBIÉN PUEDEN TOMARSE FOTOGRAFÍAS Y ACOMPAÑAR CON DESCRIPCIONES ESCRITAS.

la fisión binaria y la gemación, permiten que de un organismo se generen dos idénticos. La observación a través del microscopio permitió dilucidar estos mecanismos. Y el adecuado **registro de las observaciones** facilitó la comprensión de estos procesos.

## FORMAS DE REPRODUCCIÓN ASEXUAL

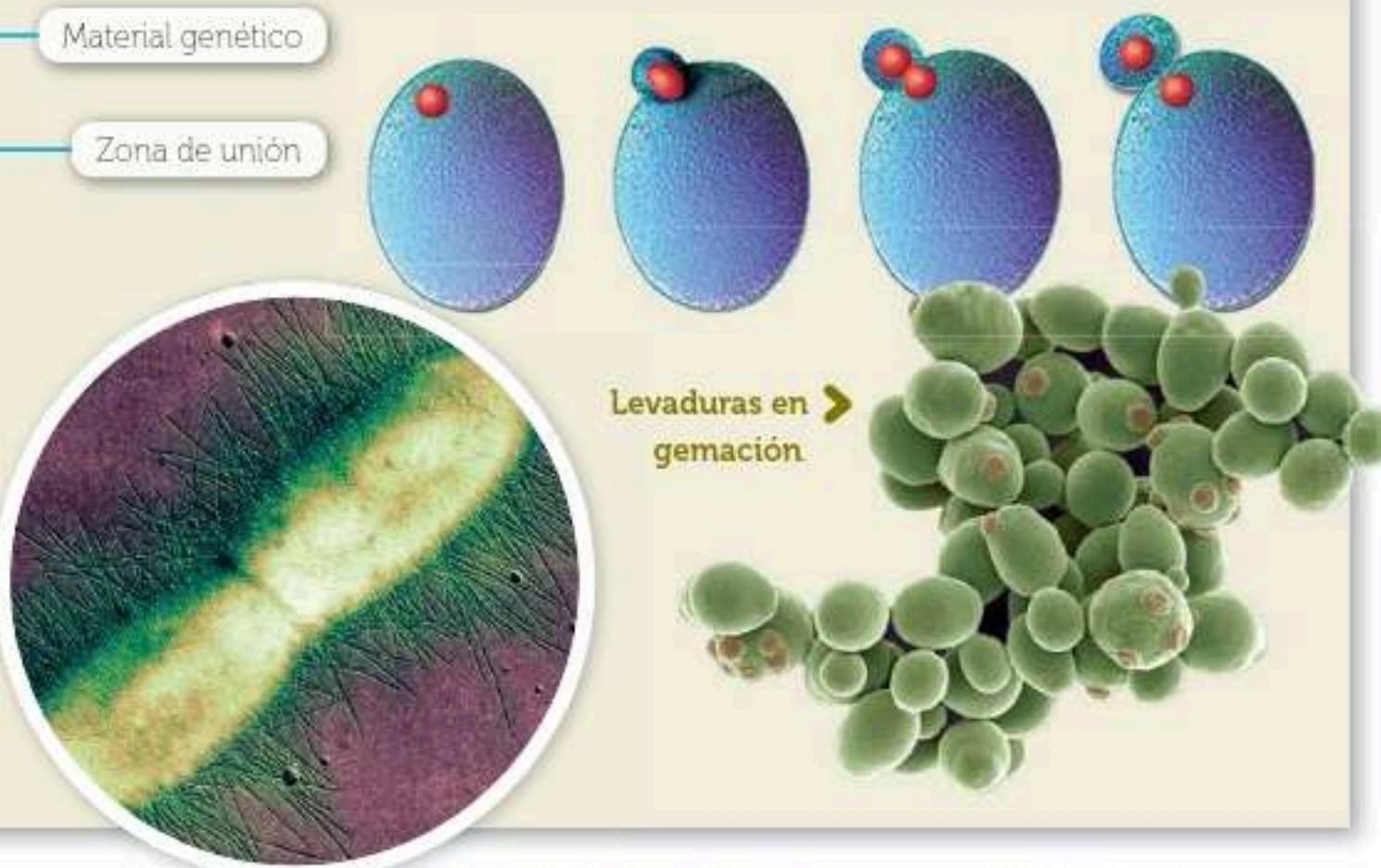
### Fisión binaria

Los procariotes (bacterias) utilizan este mecanismo. Primero, el material genético de la célula (que se encuentra suelto en el citoplasma) se duplica. Luego, cada parte se adhiere a un punto distinto de la membrana. Finalmente, el microorganismo se separa en dos mitades, de modo que se originan dos células "hijas". Cada una tendrá un "juego" del material genético.



### Gemación

Algunos eucariotes unicelulares, como las levaduras (hongos unicelulares), se reproducen por este mecanismo. Consiste en la formación de yemas o protuberancias en la superficie del organismo, a las que es transferida una parte del material genético que previamente se ha duplicado. Finalmente, las yemas se separan para vivir de manera independiente, o quedan unidas a la célula madre formando colonias.



▲ **Bacteria *Escherichia coli*** en proceso de fisiología binaria.



### Vale comprender

1. Explicá en una oración por qué el material genético se duplica antes de la división celular.
2. Buscá la palabra **fisiología** en el diccionario e identificá la acepción que corresponde con el uso que se le da en esta página.
3. Diferencíal los procesos de fisiología binaria y gemación, y plantealo en un párrafo.

# RESOLUCIÓN DE problemas



4. Imaginá que en tu escuela se está organizando la feria de ciencias. Formás parte de un grupo de estudiantes que quiere trabajar con fotografías microscópicas. Encontraste en el laboratorio estas imágenes y creés que podrían resultarles útiles.



- a) ¿Qué tema de este capítulo podrían presentar en la feria de ciencias como para que estas imágenes les resultaran útiles?
- La mitosis.
  - La especialización celular.
  - Los niveles de organización.
- b) Elaborá un epígrafe descriptivo para cada una.
- c) Las imágenes obtenidas con el microscopio óptico, como las que aparecen en esta página, se acompañan de un número precedido

por una X. ¿A qué hace referencia ese número? ¿Es útil esa información? ¿Por qué?

- a) Suponé que otro grupo de compañeros decide trabajar con el tema los organismos unicelulares y su reproducción. Fueron a quejarse a la dirección porque las fotografías que ustedes van a usar les resultarían muy útiles en su exposición en la feria. ¿Te parece que es así? ¿Por qué?
- b) ¿Qué alternativa se te ocurre para que puedan trabajar en equipo?

5. En primaria, los niños trabajan en la feria de ciencias con la diversidad de animales actuales. La directora propuso que en secundaria tuviesen en cuenta todos los niveles de organización celular y que elaboren un póster que informe acerca de ellos.

- a) Seleccionen la información que incluirían en el póster.
- b) ¿En qué parte podrían aportar información los estudiantes de primaria? ¿Por qué?
- c) Investigá en diversas fuentes y seleccioná imágenes que serían útiles en tu póster. Discutillas con un compañero y por último diseñen el póster que podrían presentar en la feria en formato digital. Pueden utilizar las herramientas digitales de Fotojet.



6. Imaginate que sos el director de la escuela y que evaluarás las producciones del evento. Seleccioná un póster. Evalúalo criteriosamente y escribi una breve descripción de este teniendo en cuenta sus aspectos positivos y negativos. Comentalo con los autores del texto. ¿Les resultaron útiles tus críticas? ¿Pudieron mejorar su producción a partir de ellas?

7. Resolver una consigna basada en imágenes:

- Te resulta más sencillo que cuando tenés que leer un texto.
- Te resulta más difícil.
- Te resulta indistinto.
- No lo tenés claro.



Aprender  
a aprender

# LA MITOSIS EN LOS ORGANISMOS PLURICELULARES

A diferencia de los unicelulares, en los organismos pluricelulares la división repetida de cada célula a través de la mitosis permite el crecimiento y el desarrollo. La reproducción de las células se cumple no solo durante el crecimiento, sino también después, con el mantenimiento y la reparación de los diversos tejidos y órganos, es decir, para reemplazar las células que mueren o están dañadas por envejecimiento o enfermedad. Un ejemplo: cuando se multiplica el tejido óseo y se alargan tus huesos. Ahora, una vez que el crecimiento se detiene, las células se siguen dividiendo para mantener las estructuras previamente formadas.

¿Las células viven el mismo tiempo que el organismo del cual forman parte? La respuesta es no. A lo largo de la vida, las células de los organismos pluricelulares envejecen y mueren, por lo que es necesario que sean reemplazadas.



Por otra parte, si las células empiezan a reproducirse de manera descontrolada, dan lugar a enfermedades como el cáncer. Por eso, la regulación de la multiplicación celular por mitosis es necesaria para el correcto funcionamiento del organismo.

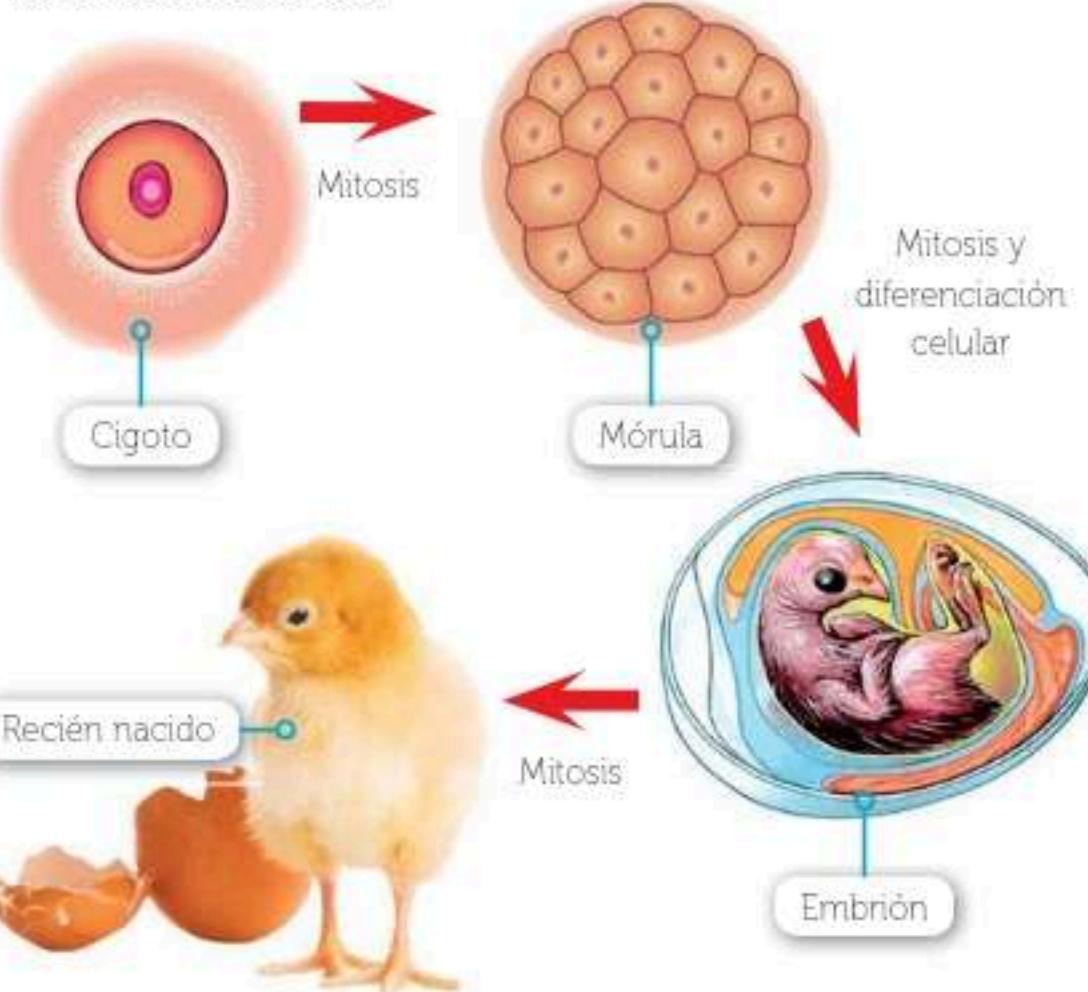
Algunas células deben ser reemplazadas con cierta periodicidad de acuerdo con la especie. Por ejemplo, los reptiles cambian su piel con cierta frecuencia.

Gracias a la mitosis, un cigoto se transforma en un pollito recién nacido y luego, en un pollo adulto.

## LA DIFERENCIACIÓN CELULAR

En un organismo pluricelular, la multiplicación celular ocurre desde la etapa embrionaria, cuando el cigoto comienza a fragmentarse. Para que el organismo se desarrolle y alcance su tamaño definitivo, esa única célula se convierte, mediante sucesivas mitosis, en cientos de millones de nuevas células.

Ya mencionamos que, como característica de los pluricelulares, las células forman diversos tejidos. Pero si por medio de la mitosis solo se generan células idénticas a la progenitora y con la misma información genética, ¿cómo llegamos los organismos pluricelulares a tener células especializadas y a ser tan distintos unos de otros? Si bien todas las células poseen la misma información genética, en un momento determinado, ya sea durante el desarrollo embrionario o en el transcurso de la vida del organismo, se pone en marcha el **mecanismo de diferenciación**. Se activa una parte de la información genética que contiene las instrucciones para que las células cambien su forma y su estructura, y se modifiquen de acuerdo con su función, lo que genera una diferencia con las demás. Luego de formadas, esas células generarán otras iguales a ellas. ¿Cómo? Mediante sucesivas divisiones mitóticas.

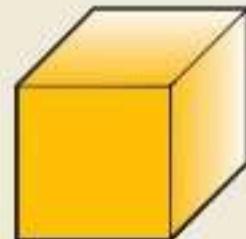


### Vale comprender

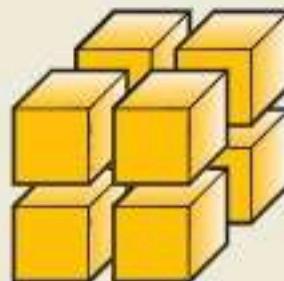
8. Subrayá las ideas principales y las secundarias de esta página. Escribí un párrafo de dos o tres oraciones que las incluya.
9. ¿A qué se refiere el texto cuando dice que la multiplicación celular tiene que estar controlada? Expícalo con tus palabras.

## UTILIZAR MODELOS EXPERIMENTALES

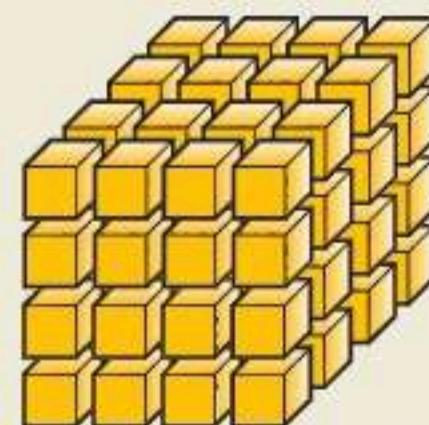
- Suponé la siguiente hipótesis: "Si las células son pequeñas, su relación superficie/volumen (S/V) es mayor, es decir, tiene más superficie de membrana expuesta para absorber y eliminar materiales, y las distancias internas son menores, de modo que se facilita el intercambio de materiales. ¿Cómo harías para comprobarla?



1 cubo de 4 cm  
superficie = 96 cm<sup>2</sup>  
volumen = 64 cm<sup>3</sup>  
RS/V = 1.5:1



8 cubos de 2 cm  
superficie = 192 cm<sup>2</sup>  
volumen = 64 cm<sup>3</sup>  
RS/V = 3:1



64 cubos de 1 cm  
superficie = 384 cm<sup>2</sup>  
volumen = 64 cm<sup>3</sup>  
RS/V = 6:1

- Si pensás la célula como un cubo, ¿qué ocurre con la S/V a medida que el cubo se achica? ¿Qué parte de la célula representaría la superficie del cubo?, ¿y el volumen?
- Si estos cubos fueran esponjas, cuáles se cargarían más rápidamente con agua, ¿los más chicos o los más grandes? ¿Cómo influye entonces el tamaño microscópico de las células?

En muchos casos, no es posible comprobar las hipótesis planteadas en forma directa, y por eso recurrimos al desarrollo de un **modelo experimental**, que debe recrear las características del objeto o fenómeno que estamos estudiando. La obtención de resultados válidos y confiables dependerá del modelo elegido y de su realización.



## HORA DE HACER CIENCIA



**10.** Les proponemos que en grupo realicen un modelo experimental para comprobar cómo influye el tamaño en la absorción y distribución de sustancias dentro de la células. Lean los pasos y hagan una lista de los materiales e instrumentos que necesitan.

- Disuelvan la gelatina sin sabor como indica el envase y, mientras está líquida, agreguen a la mezcla 4 ml de fenolftaleína 0,5% (un indicador de pH que es rosa en medio alcalino e incoloro en medio ácido o neutro).
- Vuelquén el preparado en un molde plástico rectangular y dejen que se solidifique.
- Con un cíter y una regla, corten cubos de diferentes tamaños: de 1 cm de lado, de 2 cm y de 3 cm.
- Coloquen cada cubo en un vaso de precipitados y agreguen un reactivo alcalino (producto de limpieza con amoniaco) hasta cubrir los cubos.
- Dejen actuar diez minutos. Saquen con una cuchara los cubos y escúrranlos sobre papel absorbente.
- Corten los cubos por la mitad y midan con la regla la parte que tiene más color.

### Analizando resultados

- ¿Qué relación encontraron entre el tamaño del cubo y la difusión del reactivo alcalino?
- ¿Pueden correlacionar los resultados con la absorción y distribución de materiales dentro de la célula? El tamaño pequeño ¿es una ventaja para la célula? ¿Por qué?
- Armen un informe que incluya los materiales utilizados, los datos y resultados, y las conclusiones.



**11.** Venís leyendo acerca de la mitosis. En ocasiones, organizar esta información en un mapa conceptual puede resultarte útil. Sobre todo, en los repasos previos a una evaluación. Te invitamos a construir este mapa usando como herramienta el C-Map. Para hacer más fácil tu trabajo, te proponemos una serie de pasos.



- Elaborá una lista de conceptos indispensables relacionados con la mitosis para tu mapa conceptual. Es interesante tener clara la definición de cada uno de los conceptos que intervienen. Para esto, te proponemos que la escribas al lado de cada uno.
- Seleccioná un concepto que sea el centro u origen de tu mapa conceptual. A partir de él, deben poder relacionarse, directa o indirectamente, los demás conceptos seleccionados.
- Una vez que el esqueleto del mapa está armado, será necesario explicitar las relaciones entre los conceptos. Para esto, tenés que pensar un conector para cada par de conceptos. Los conectores se agregan sobre las flechas que los relacionan, de manera tal que pueda leerse la afirmación en el sentido que indica la flecha.

**12.** Te piden que organices la información sobre un tema del capítulo. Te resulta complejo. ¿Qué hacés?



- Volvés a leer los títulos y subtítulos relacionados.
- Le pedís ayuda a un compañero o compañera.
- Le consultás al docente primero.
- Hojeás todo el capítulo.
- Buscás información en internet.
- Buscás información en otras fuentes.
- Hacés previamente un resumen.

## DIVERSIDAD DE CÉLULAS

En páginas anteriores vimos que las células se diferencian según su información genética. Entonces, una célula muscular adoptará una forma alargada y podrá contraerse; una célula nerviosa adquirirá prolongaciones que usará para transmitir información, una célula epitelial adoptará forma cúbica o cilíndrica para integrar una capa continua que reviste cavidades, y una célula del estómago comenzará a secretar jugo gástrico. Una vez formadas, las células comenzarán a dividirse, realizando sucesivas mitosis, hasta constituir estructuras más complejas. Es decir, por medio de la mitosis, las células, una vez diferenciadas, se reproducen y forman tejidos.

Como vimos, la mitosis es, entonces, el mecanismo por el cual los organismos pluricelulares crecen. Contribuye, además, al mantenimiento del organismo, ya que a través de la mitosis se renuevan los tejidos que se desgastan, o se reparan los que se dañan. Habrás observado, por ejemplo, la piel cuando se descama. El tejido epitelial de la piel está constituido por varias capas celulares que se van reemplazando sucesivamente. Otro ejemplo es el epitelio, que recubre el sistema digestivo y, frente a alguna erosión, también es reemplazado. Nuestras células sanguíneas también se renuevan periódicamente por mitosis.

Ahora veamos con más detalle cuáles son las características que poseen las células de algunos tejidos humanos.

### Tejido nervioso



Las neuronas forman ➤ el sistema nervioso.

Tienen un cuerpo central y prolongaciones que constituyen las fibras nerviosas. Transmiten el impulso nervioso desde el cerebro y la médula espinal hacia el resto del cuerpo.

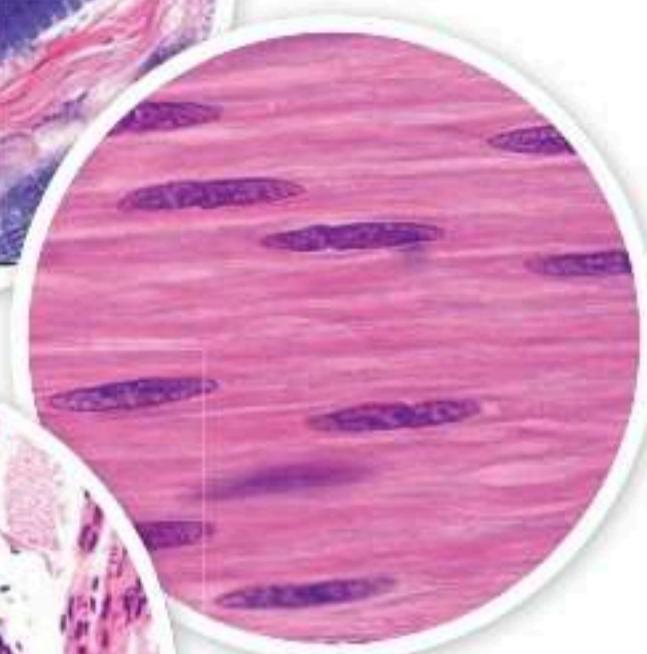
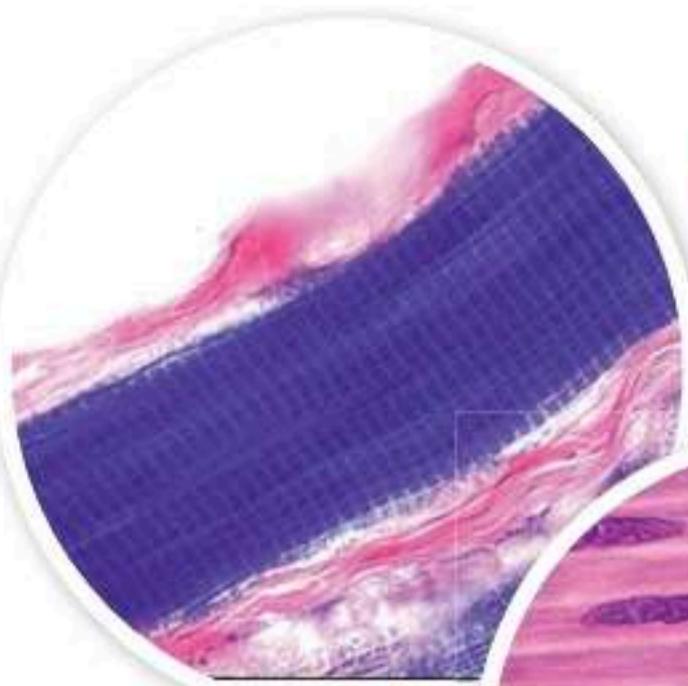


## Tejido sanguíneo

**Los glóbulos rojos** o eritrocitos son células sanguíneas con forma de discos bicóncavos. Forman parte del tejido sanguíneo. Contienen hemoglobina, una proteína que transporta el oxígeno por el organismo.



## Tejido muscular



Existen tres tipos de células o fibras musculares. Las estriadas presentan estrias, son aplastadas y se encuentran, por ejemplo, en los músculos de los brazos. Las lisas son fusiformes y forman parte de los músculos del estómago y del intestino. Las cardíacas constituyen la pared contráctil del corazón y tienen forma alargada.

## Tejido epitelial



Las células epiteliales, que forman el tejido epitelial, tienen forma geométrica. Están muy próximas unas de otras, de manera que forman una especie de pared de revestimiento que protege y recubre diferentes órganos.



Célula epitelial del tracto respiratorio.

## EvaluadOs

**13.** Realizá un mapa conceptual con todo lo trabajado en el capítulo. Una vez terminado, intercambialo con tu compañero de banco.

a) ¿Relacionaron los mismos conceptos? ¿Usaron los mismos conectores? ¿Cuáles utilizó cada uno?

b) Identificá en el mapa de tu compañero y anotá en tu carpeta aquellos conceptos que no tuviste en cuenta o bien algunas relaciones diferentes que quedaron planteadas. Con toda esta información, volvé a leer tu mapa y enriquecelo en caso de que te resulte necesario.

**14.** Piensen preguntas relacionadas con el tema sin mirar los mapas conceptuales. Luego investiguen en el mapa de otro compañero si en él es posible encontrar la respuesta a esas preguntas. Si no la encuentran, ¿podrían incluirla?, ¿dónde?

**15.** Prepará con un compañero una presentación del mapa conceptual.

### Elijan cómo resolver:

- En forma oral.
- En un documento digital.
- En la pizarra de la escuela.



Autoevaluación



Audiorresumen

Buscalos en el

Espacio  
TIC



# 6

# La función de reproducción



Los elefantes marinos emiten sonidos fuertes similares a rugidos, que se incrementan en los machos durante la temporada de reproducción. Así llaman la atención de las hembras y establecen territorio frente a otros machos.



## ¿UNA FUNCIÓN VITAL?

**S**i alguien te preguntara cuáles son las características que comparten los seres vivos, ¿qué responderías? Veamos...

Todos los seres vivos están formados por células. También intercambian materia y energía con el medio y responden a estímulos, externos e internos. Por otro lado, crecen y se desarrollan, y también cuentan con adaptaciones que les permiten sobrevivir en su ambiente. Y, finalmente, tienen la capacidad de reproducirse y dejar descendencia que también puede reproducirse.

Pensemos ahora en la **función de reproducción**, ¿se trata de una función vital? Sí y no. ¿Cómo? Pensá en nosotros, los seres humanos; muchas mujeres y hombres no tienen hijos, quizás por elección o tal vez por algún impedimento fisiológico. Pero si ahora analizamos la reproducción desde el punto de vista de la especie, la respuesta es diferente. Imaginate que, de repente, toda la población mundial deja de reproducirse por muchísimo tiempo, ¿qué pasaría? Claro, desapareceríamos como especie. Entonces, si bien la reproducción no es una función vital para un individuo en particular, es necesaria para asegurar la supervivencia de las especies a las que pertenecen.

A pesar de que todos los seres vivos comparten esta característica, no todos se reproducen de la misma manera, como estudiaremos en este capítulo.

“Para crear un homúnculo es necesario recolectar el esperma putrefacto de un hombre. Esta muestra debe inseminarse en un huevo [...]. Después de cuarenta días de incubación, el homúnculo es capaz de moverse por sí mismo, lo cual es fácilmente observable”.

Theophrastus Bombast (1493–1541).  
Médico alemán conocido como Paracelso.

©Juan Gartrier



## TIPOS DE REPRODUCCIÓN

Es muy común encontrar en las casas una planta llamada potus. Es posible, partiendo de una sola planta, obtener muchas: solo hay que tomar un gajo, plantarlo y listo. De esta manera, se obtienen nuevas plantas hijas que son exactamente iguales a la planta madre, ya que hay un solo progenitor que contribuye con material genético. Por eso se dice que son clones de la misma planta. Este tipo de reproducción, en la que interviene un solo progenitor, se llama **reproducción asexual** y es común en muchas plantas, en microorganismos, en hongos y en algunos animales. En los unicelulares, esta única célula se divide en dos, y en los pluricelulares, algunas células se desprenden del organismo y se dividen por mitosis originando un individuo completo.



En el caso de las plantas que se reproducen por gajos, como el potus, las plantas hijas son iguales a la que les dio origen.

La mayoría de los seres vivos, incluidos nosotros, los seres humanos, presentamos **reproducción sexual**, en la que dos individuos contribuyen con su información hereditaria a la próxima generación. En consecuencia, la descendencia se parece un poco a cada progenitor. Si observás las crías de los mismos progenitores, como el caso de los elefantes marinos, verás que tienen diferencias entre ellos. Por eso, al hablar de reproducción sexual, también se habla de diversidad. Por otro lado, para generar un individuo por medio de la reproducción sexual, cada progenitor produce **gametos**, que son las células que intervienen en este tipo de reproducción: pueden ser femeninos o masculinos y se unen durante la **fecundación**. Así dan origen a un nuevo individuo.



Cuando una especie se reproduce sexualmente, los hijos se parecen un poco a cada progenitor.

## UNISEXUALES Y HERMAFRODITAS

Hay especies en las que se presentan los sexos separados, es decir que se caracterizan porque cada individuo produce un solo tipo de gametos. Estas especies se denominan **unisexuales**.

También podemos encontrar especies en las que en un mismo individuo se producen dos tipos de gametos: son las especies **hermafroditas**.

Aunque hay especies animales hermafroditas, como las lombrices o los caracoles, esta característica es común en las plantas, como veremos en los próximos capítulos.

Lo más frecuente es la **fecundación cruzada**, en la cual se origina la unión de gametos que provienen de dos individuos hermafroditas distintos que se fecundan mutuamente y en forma simultánea.

## LAS VENTAJAS DE LA REPRODUCCIÓN ASEXUAL

Llega la primavera y los elefantes marinos comienzan a arribar a la playa luego de haber pasado varios meses alimentándose y recorriendo el océano. De este modo se inicia la búsqueda de pareja para reproducirse y dejar descendencia. Pero la tarea no es sencilla, ya que hay que buscar, elegir y encontrar a las hembras, y esto se traduce en pérdida de tiempo, de energía y en riesgo de ser predado o atacado por otro elefante marino. ¿Te das cuenta? La reproducción sexual resulta más complicada y trabajosa que la asexual.

Además, en la reproducción sexual se deben producir células especiales, que usualmente solo pueden ser generadas cuando el organismo alcanza la etapa adulta, y esto puede llevar mucho tiempo. En este aspecto es más ventajosa la reproducción asexual, ya que se lleva a cabo sin la participación de otro organismo, con lo cual no se gasta energía en generar gametos. El organismo que se reproduce solo necesita alimentos y condiciones ambientales adecuadas. La reproducción asexual es **menos "costosa", más sencilla** que la sexual.

Otra de las ventajas de la reproducción asexual es su **dinámica**: dado que todos los individuos pueden dejar descendencia, una población que se multiplica asexualmente duplica su tamaño en cada generación, de modo que experimenta un **crecimiento rápido**.

En cambio, en la reproducción sexual, dos progenitores deben unirse para dejar descendencia. La población mantiene su tamaño si en cada generación una pareja de progenitores contribuye con dos descendientes.

Sin embargo, y a pesar de las desventajas, casi todos los grupos de organismos, en algún momento de su ciclo de vida, poseen reproducción sexual. ¿Cómo es posible que sea así, si la asexual es más sencilla, menos "costosa" y más dinámica? Seguí leyendo...

## LAS VENTAJAS DE LA REPRODUCCIÓN SEXUAL

La reproducción sexual ofrece una ventaja muy valiosa, ya que en ella participan dos progenitores que aportan información a la descendencia. Como viste, esto es sinónimo de **diversidad**. ¿Cuál es la ventaja de esta diversidad?

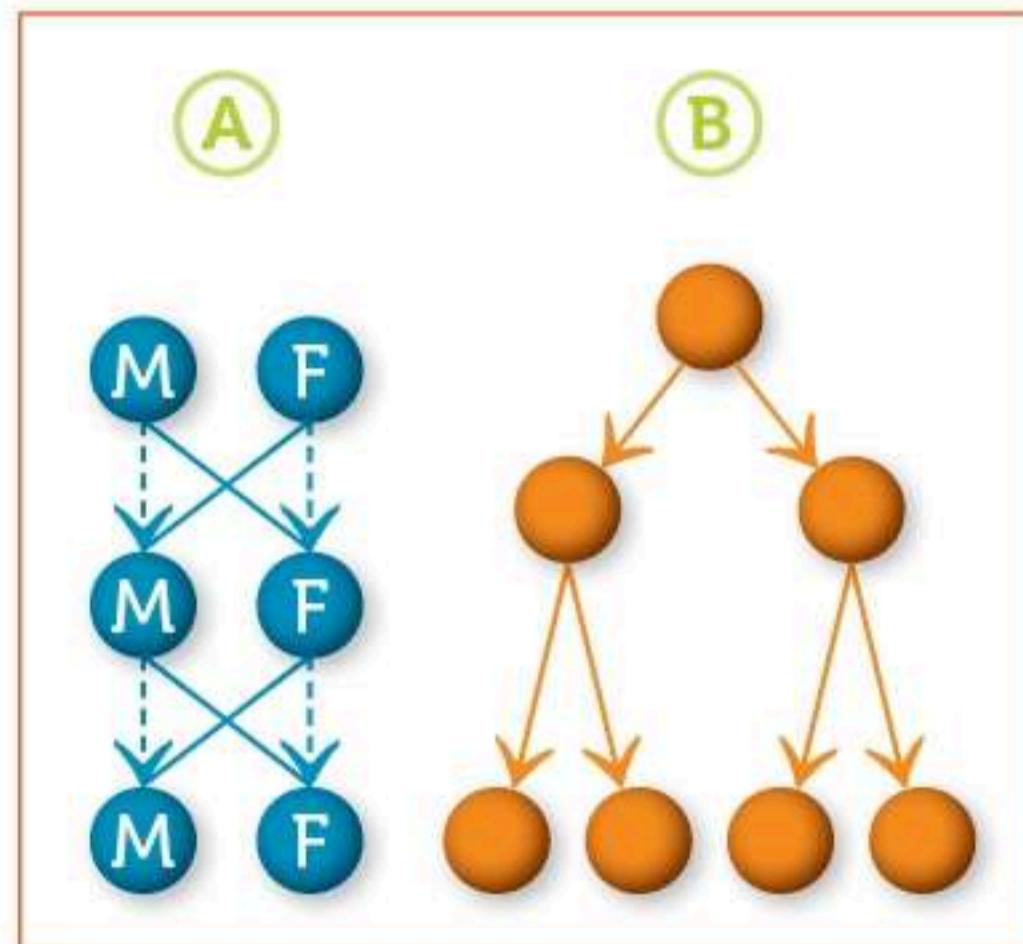
Mediante la reproducción asexual, un individuo transmite sus características a sus hijos sin modificaciones. En cambio, los hijos de una pareja de progenitores que se reproducen sexualmente son parecidos a la generación anterior, pero no son idénticos a sus padres.

En el individuo hijo se combinan las características de uno y otro progenitor. Esto puede ser **innovador** y **ventajoso**, ya que en el hijo se pueden asociar características valiosas para la adaptación del individuo a su ambiente que poseían sus progenitores, pero en forma separada.

Supongamos que en un individuo surge una novedad que le resulta ventajosa para adaptarse al medio donde vive (por ejemplo, el cuello largo de las jirafas que vimos en el capítulo 2, ¿te acordás?). En cada nueva generación, y a través del proceso de la reproducción sexual, esta característica nueva y ventajosa se combinará con las características generales de la especie, y el cambio adaptativo se expandirá en la población.

De igual modo, si el cambio es indeseable o desventajoso para el individuo y para la especie donde ha surgido, la combinación de la novedad no adaptativa con las características más ventajosas de los otros individuos de la población puede hacer que esta se diluya hasta desaparecer.

Podemos decir que la reproducción sexual posibilita la variabilidad sobre la que actúa la selección natural, permitiendo o impidiendo que los individuos de una especie se adapten a cambios en el ambiente.



En la reproducción sexual (A) se genera la mitad de los descendientes que se obtienen en la asexual (B).



En la **reproducción sexual**, los descendientes tienen diferencias que pueden resultar ventajosas en cuanto a la adaptación en un ambiente.

En definitiva, en un ambiente cambiante, aquellos organismos que presenten reproducción sexual originarán individuos con diferentes características; los que cuenten con mejores adaptaciones a ese nuevo ambiente sobrevivirán y dejarán más descendencia. Por eso, desde que se originó, hace millones de años, los organismos que presentan este tipo de reproducción fueron seleccionados a lo largo del tiempo.

Para aprovechar las ventajas y las desventajas de los dos tipos de reproducción, algunas especies utilizan ambos. En determinadas condiciones ambientales, en general favorables, se reproducen muy rápido de manera asexual, y cuando las condiciones se vuelven difíciles, se reproducen sexualmente.

## LA PARTENOGÉNESIS

Cuando hablamos de reproducción sexual dijimos que los individuos producen gametos que se unen durante la fecundación. Usualmente, un gameto muere si no encuentra otro del sexo opuesto para unirse. Sin embargo, existen casos en los que, a partir de un gameto, y sin que sea fecundado, se genera un organismo completo. Es el caso, por ejemplo, de la artemia, un crustáceo que forma parte del plancton marino y es el principal alimento de muchas especies de peces. Algunas especies de artemia tienen este tipo de reproducción particular que se denomina **partenogénesis**. En es-

tas poblaciones solo es posible encontrar hembras que producen gametos femeninos que dan origen a un ser vivo completo sin necesidad de ser fecundados. También se reproducen por partenogénesis los rotíferos, las pulgas de agua, las abejas y algunas aves, entre otros; y entre las plantas, la banana.

Luego de la reproducción por **partenogénesis**, la artemia hembra incuba los huevos dentro de su cuerpo.



## Vale comprender

- Hacé un cuadro de doble entrada con las ventajas y desventajas de cada tipo de reproducción.
  - ¿Cuántas filas y cuántas columnas pondrías?
  - ¿Cómo encabezarias cada una?
  - ¿Qué ideas clave no pueden faltar en tu cuadro?
- Elaborá el cuadro utilizando la herramienta Canva.

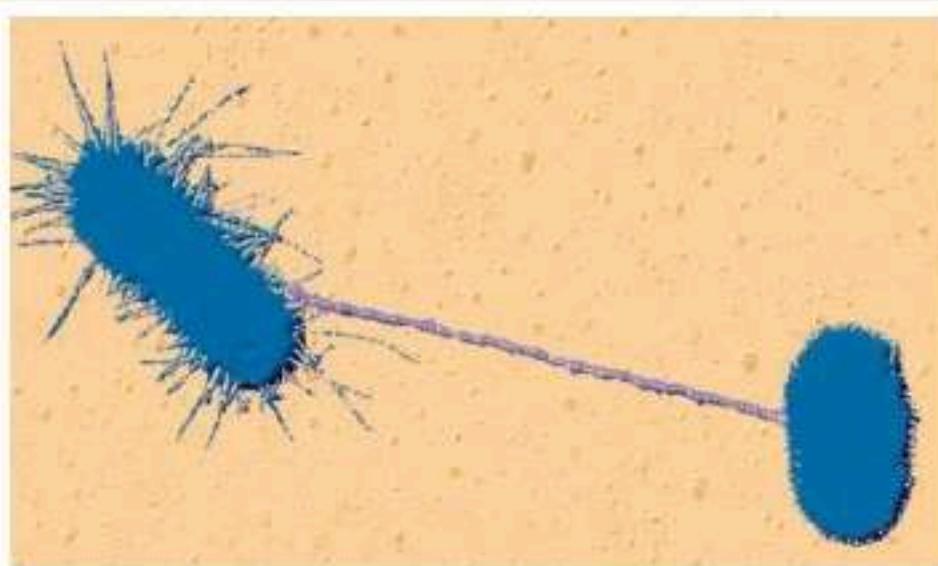


# EL ORIGEN DE LA REPRODUCCIÓN SEXUAL

**S**i bien tanto la reproducción asexual como la sexual poseen algunas ventajas y desventajas, el tipo de reproducción más común en la naturaleza es la sexual. ¿Y cuál apareció primero, la reproducción sexual o la asexual? Por lo que se conoce en la actualidad, la primera forma de reproducción fue la asexual. Sin embargo, se estima que la reproducción sexual es muy antigua desde el punto de vista evolutivo, ya que las primeras especies de organismos que la desarrollaron fueron algunos procariontes que vivieron aproximadamente hace 3.000 millones de años. En los eucariontes también surgió tempranamente, casi junto con la aparición de este grupo en la naturaleza, hace unos 1.000 millones de años.

Se han buscado algunas posibles explicaciones respecto de cómo surgió el mecanismo en la naturaleza y a qué se deben su permanencia y su éxito.

- Una de las **hipótesis** plantea el origen de la reproducción sexual como un **mecanismo de reparación del material genético** cuando la información de un organismo sufre algún daño. Una forma de reparación podría haber sido intercambiar con otro individuo una copia de la información, utilizando la copia adquirida para reparar la información dañada. Sería similar a cuando, si se te daña esta hoja de tu libro, le pedís prestado su ejemplar a un compañero para sacarle una fotocopia y así tener la información que te falta. En este sentido, los procariontes presentan un



▲ Cuando ocurre la conjugación entre dos bacterias, el material genético se transfiere a través de un "puente" o pilus.

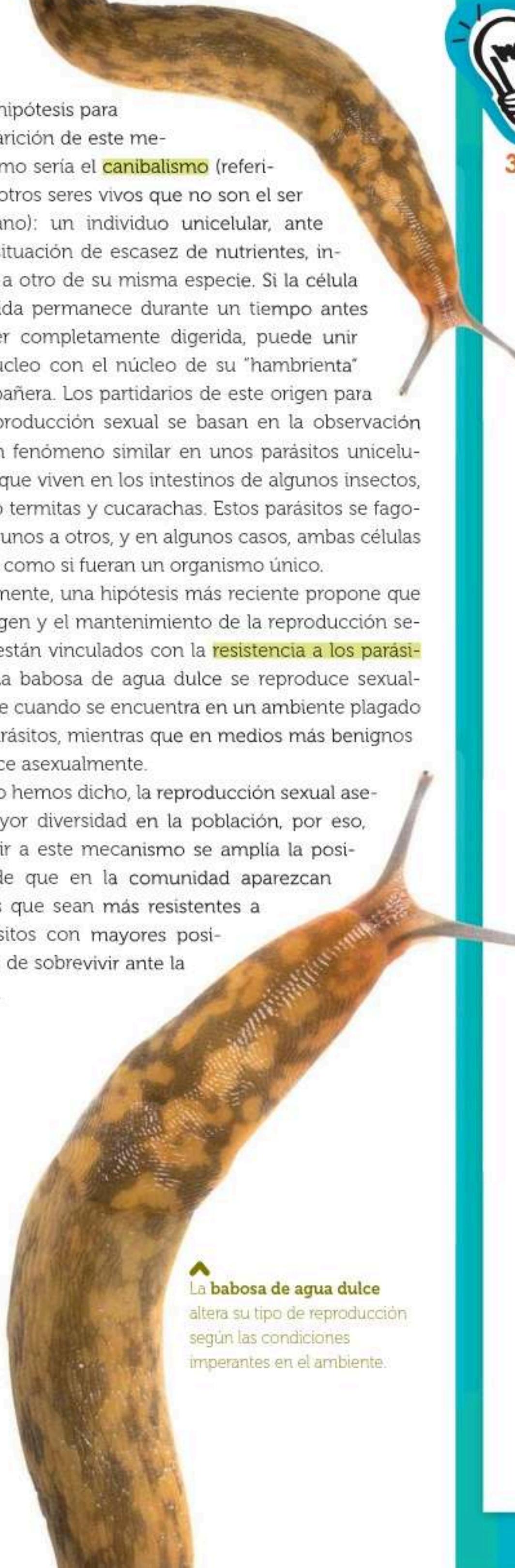
COMO RESPUESTA A UNA PREGUNTA CIENTÍFICA SUELTIOS VARIAS RESPUESTAS O **HIPÓTESIS**. LO INTERESANTE ES QUE NO SON DEFINITIVAS SINO PROVISIONALES Y PUEDEN IR CAMBIANDO CON EL TIEMPO, AL ENCONTRARSE NUEVAS EVIDENCIAS.

mecanismo de intercambio de información entre individuos, la **conjugación bacteriana**, que sería un antecedente de la reproducción sexual. En este proceso, las células bacterianas se comunican e intercambian material genético, aunque no existe una diferenciación sexual verdadera. El material genético de una bacteria puede integrarse en el de la otra o no hacerlo.

- Algunos científicos han observado que cuando los paramecios se reproducen asexualmente, viven un tiempo corto, mientras que cuando lo hacen sexualmente sobreviven por más tiempo. Esto ha llevado a plantear la hipótesis de que, en la naturaleza, la reproducción sexual se mantuvo porque aporta un mecanismo de **rejuvenecimiento** a las especies. Los científicos críticos de esta idea plantean que cuando un paramecio no encuentra pareja se autofecunda, y este proceso también es rejuvenecedor para el individuo, aunque no haya habido intercambio de material con otro individuo.



▲ Los paramecios que se reproducen asexualmente viven pocos meses, mientras que los que lo hacen por el proceso sexual viven más tiempo.



■ Otra hipótesis para la aparición de este mecanismo sería el **canibalismo** (referido a otros seres vivos que no son el ser humano): un individuo unicelular, ante una situación de escasez de nutrientes, ingiere a otro de su misma especie. Si la célula ingerida permanece durante un tiempo antes de ser completamente digerida, puede unir su núcleo con el núcleo de su "hambrienta" compañera. Los partidarios de este origen para la reproducción sexual se basan en la observación de un fenómeno similar en unos parásitos unicelulares que viven en los intestinos de algunos insectos, como termitas y cucarachas. Estos parásitos se fagocitan unos a otros, y en algunos casos, ambas células viven como si fueran un organismo único.

■ Finalmente, una hipótesis más reciente propone que el origen y el mantenimiento de la reproducción sexual están vinculados con la **resistencia a los parásitos**. La babosa de agua dulce se reproduce sexualmente cuando se encuentra en un ambiente plagado de parásitos, mientras que en medios más benignos lo hace asexualmente.

Como hemos dicho, la reproducción sexual asegura mayor diversidad en la población, por eso, al recurrir a este mecanismo se amplía la posibilidad de que en la comunidad aparezcan variantes que sean más resistentes a los parásitos con mayores posibilidades de sobrevivir ante la invasión.

La **babosa de agua dulce** altera su tipo de reproducción según las condiciones imperantes en el ambiente.



## RESOLUCIÓN DE problemas

3. Imaginá que participás de un equipo de investigación interdisciplinario. Hay astrónomos que han encontrado un planeta con condiciones similares a las de la Tierra. También hay biólogos, especialistas en reproducción animal, que están pensando qué especies podrían enviar como colonizadoras allí para ir poblando este "nuevo mundo". Sos uno de ellos.
- a) Identificá en estas opciones qué características debería tener la reproducción de las especies colonizadoras:
- Crecimiento rápido o crecimiento lento.
  - Con la necesidad de encontrar pareja o sin la necesidad de encontrar pareja.
  - Con aumento de la diversidad en la especie o sin aumento en la diversidad de la especie.
- b) ¿Se te ocurren otras características interesantes para tener en cuenta? ¿Cuáles?
- c) ¿Qué tipo de reproducción sugerirías que deben tener las especies colonizadoras? Explicá tu respuesta. ¿Todos los compañeros respondieron lo mismo? ¿Establecieron acuerdos?
- d) Hacé una lista con varias especies que posean el tipo de reproducción elegida y que, por lo tanto, podrían ser colonizadoras del nuevo planeta.
- e) Un integrante del equipo acaba de afirmar que, si la especie elegida posee reproducción asexual, correrán riesgo de obtener poblaciones fácilmente extinguiébiles ante cualquier cambio ambiental del "nuevo mundo". ¿Estarías de acuerdo? ¿Por qué?
- f) Otro integrante del equipo sugiere que la partenogénesis podría ser una opción interesante a tener en cuenta en los individuos colonizadores. ¿Qué le responderías? Explicá tu respuesta.
- g) Una vez resueltos los puntos anteriores, pensá: ¿podrías modificar la lista elaborada en el punto d)?, ¿qué nuevos organismos incluirías?, ¿dejarías las especies nombradas anteriormente?, ¿por qué?

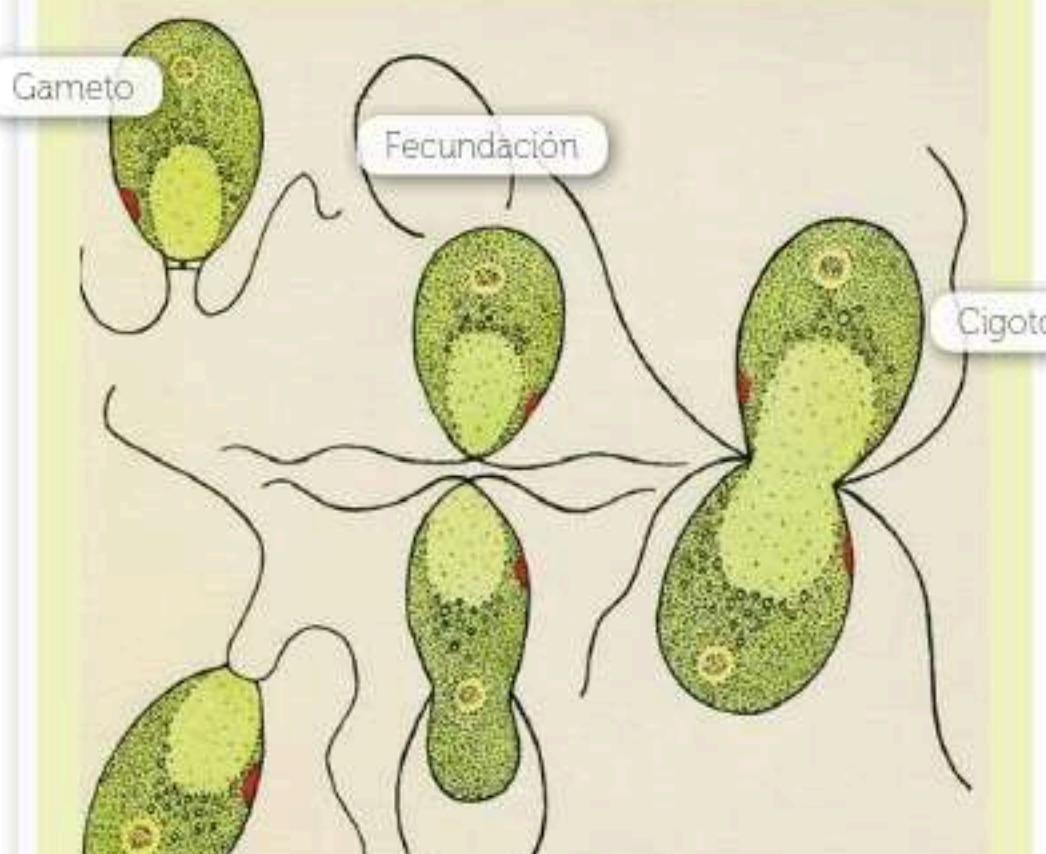
# LA EVOLUCIÓN DE LOS GAMETOS

Como te contamos, en la reproducción sexual un gameto se une con otro durante la fecundación. ¿Y qué sucede luego? Después de la unión se forma una célula que se llama **cigoto** y que se reproduce por mitosis, proceso del que hablamos en el capítulo 5. A medida que lo hace, se pone en marcha una serie de eventos que llevan a la diferenciación y a la especialización celular. Entonces se forma el nuevo organismo.

Dentro de la reproducción sexual podemos diferenciar dos tipos: la reproducción anisogámica y la isogámica. Esta diferenciación se relaciona con la forma y la función que presentan los gametos.

## REPRODUCCIÓN ISOGÁMICA

Es la más primitiva. Los gametos que intervienen en este tipo de reproducción sexual son iguales en cuanto a forma y ambos pueden cumplir la misma función: desplazarse para encontrar otro gameto y proveer de nutrientes al cigoto. Actualmente solo algunas algas, hongos inferiores y protozoos presentan este tipo de reproducción sexual.



## REPRODUCCIÓN ANISOGÁMICA

Casi todos los organismos pluricelulares tienen este tipo de reproducción. Esto significa que los gametos son, entre ellos, considerablemente distintos en forma y en función. Al ser tan distintos, a uno se lo llama **masculino** y al otro, **femenino**.



## LA SELECCIÓN DISRUPTIVA

Nos encontramos ante un nuevo interrogante en relación con la evolución. ¿Por qué en determinados grupos de organismos se vio favorecida una forma de reproducción respecto de la otra?

Si tenemos en cuenta la supervivencia del cigoto, las mayores posibilidades se presentarían cuanto mayor fuera su tamaño.

Por otro lado, el éxito de los gametos dependería del encuentro entre ellos y de la capacidad de producir un cigoto saludable.

En este sentido, la selección natural favoreció a dos tipos de organismos: aquellos que producen gametos muy pequeños y de gran movilidad y otros cuyos gametos son inmóviles, de tamaño mucho mayor y con una alta cantidad de nutrientes. A este evento se lo llama **selección disruptiva** y significa que se favorece a los individuos de los extremos para una característica determinada (en este caso, el tamaño del gameto).

# LA EVOLUCIÓN DE LA FECUNDACIÓN

Para que ocurra la fecundación es preciso que los gametos se encuentren en un medio líquido, por eso en algunos organismos este evento ocurre en un medio acuático. Sin embargo, también están aquellos que evolucionaron y se independizaron de esta condición.

En la **fecundación externa**, los progenitores expulsan sus gametos al exterior, en el agua o en un medio muy húmedo, donde se produce la unión. Este tipo de fecundación es propia de invertebrados acuáticos, peces y anfibios, que vuelven al agua para la reproducción. Por lo general, la hembra deposita sus gametos en algún sitio protegido por rocas o en huecos, y el macho libera sobre ellos sus espermatozoides. Debido a que no es muy alta la probabilidad de que la fecundación externa suceda con éxito, es usual que la cantidad de los gametos producidos por ambos progenitores sea elevada. Una vez que sucede la unión de los gametos, el embrión se desarrolla en el agua.

En los animales acuáticos, las hembras suelen depositar sus huevos en lugares protegidos y el macho libera sobre ellos los espermatozoides.

En el medio terrestre, los gametos no pueden sobrevivir en el exterior. Para que la fecundación resulte exitosa, debe ocurrir en el interior del cuerpo de la hembra, que preserva de la desecación a los gametos y, luego de la unión, al cigoto. En la **fecundación interna**, los gametos masculinos, inmersos en líquido, son depositados por el macho en el interior del cuerpo de la hembra durante la cópula. El macho suele



En los animales terrestres, la fecundación suele ser interna. Hay un encuentro de los dos sexos y durante la cópula el macho deposita sus gametos en el interior del cuerpo de la hembra.

poseer órganos especializados para ello, los **órganos copuladores**. Este tipo de reproducción se observa en insectos, arácnidos, reptiles, aves y mamíferos.

## COMPORTAMIENTOS REPRODUCTORES

Es muy frecuente que, para que la cópula se produzca, se vea precedida de cambios en la conducta de uno o ambos miembros de la pareja, el **cortejo**. Este implica una exhibición de características físicas, danzas, producción de sonidos, etcétera.

La constitución de la pareja progenitora puede presentar diferencias: puede tratarse de la asociación de un macho y una hembra o **monogamia**, como en las aves; de un macho con varias hembras o **poliginia** (los elefantes marinos); y, en pocas ocasiones, de una hembra con varios machos o **polianidia** (las hormigas).

Usualmente, los animales se reproducen en determinado momento del año, llamado **época de cría**, que para la mayoría de las especies es en primavera u otoño. Esta periodicidad permite que las crías nazcan cuando las condiciones ambientales son más favorables, el clima es más benigno y hay más disponibilidad de los alimentos. La construcción del nido, la incubación y el cuidado de los huevos y, en general, la protección de la prole, también conforman una amplia diversidad de comportamientos que los progenitores asumen para asegurar el éxito de la reproducción.



### Vale comprender

4. Hacé una lista con cinco palabras o términos nuevos que aprendiste al estudiar la evolución de los gametos y de la fecundación.
  - a) Definilos con tus palabras.
  - b) Ejemplificá cada uno de ellos.
5. ¿Por qué es útil pensar en ejemplos conocidos cuando aprendemos algo nuevo?

# TODO **g**una empezó **o** pregunta



## Cómo se desarrolla un organismo?

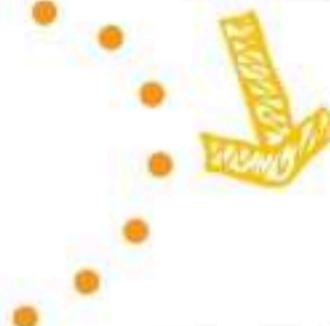


Anton van Leeuwenhoek fue el "padre" del microscopio. En 1677 examinó el semen y observó minúsculas partículas que se movían a gran velocidad a las que llamó **animáculos**.

Surgió así la teoría **preformacionista**, que aseguraba que cada individuo progenitor femenino o masculino reproducía en la siguiente generación su propia estructura "en pequeño", en donde todos los órganos estaban preformados y solo requerían crecimiento. Esta teoría se extendió a todos los seres vivos más organizados. ¡Triunfaban las ideas y las recetas de Paracelso, enunciadas dos siglos atrás!

El y otros científicos de la época, siguiendo las ideas de Paracelso, pensaron que dentro de esos animáculos estaba preformado un nuevo individuo con su cabeza, sus pies, su cuerpo. ¡Contenían un adulto en miniatura, al que llamaron **homúnculo**! Su febril imaginación hizo que llegaran a ver un hombrecito completamente formado... ¡nada menos que dentro de la cabeza de un espermatozoide humano!

2



Pero en la ciencia no siempre algo es lo que parece. Había otra pregunta que los preformacionistas no podían responder: en la **regeneración** de algunas partes del cuerpo que presentan algunos animales, como las estrellas de mar, ¿dónde están los animáculos responsables de este proceso?

4



La pregunta inicial, "¿cómo se desarrolla un organismo?", volvía a quedar sin respuesta... ¡Como tantas veces sucede en la ciencia!

Algunas culturas representaban las ideas **preformacionistas**. Por ejemplo, las antiguas muñecas rusas se encajan unas dentro de otras.



# EL DESARROLLO EMBRIONARIO

La nueva respuesta vino de la mano de los llamados **epigenetistas**, que consideraban que los seres vivos se "organizaban" poco a poco. Para estos científicos, la reproducción era la generación de un ser vivo a través del agregado de "moléculas vivas" (partículas que constituyen a los organismos), que se acomodaban siguiendo el molde característico de la especie. Esto es similar a lo que sabemos hoy: el embrión era producto del crecimiento y de la diferenciación de células que provenían de una única célula huevo original siguiendo pautas definidas durante el **desarrollo embrionario** o embriogénesis. Este proceso continuo puede dividirse en tres períodos:

La **segmentación**, que es la división repetida del cigoto y permite el aumento de la cantidad de células, sin modificaciones ni desplazamientos.



1

La **gastrulación**, etapa en la cual las células se desplazan para ubicarse en sitios específicos del embrión. Esto permite la formación de las hojas embrionarias: el ectodermo, el mesodermo y el endodermo.



2

La **organogénesis** incluye la diferenciación de los distintos órganos y sistemas a partir de cada una de las hojas embrionarias.



3

Si el desarrollo embrionario tiene lugar fuera del cuerpo de la hembra, en el interior de un huevo con alimento para nutrir al embrión, la especie es **ovipara**. Las aves, los reptiles, las mariposas, las moscas y otros insectos son ovíparos.

En cambio, si el embrión se desarrolla dentro del cuerpo de la madre, estableciendo con ella un contacto directo, el desarrollo es **vivíparo**. El embrión obtiene sus nutrientes y elimina sus desechos a través de la placenta, una estructura especial conformada por tejidos maternos y embrionarios. Todos los mamíferos son **vivíparos**.

Cuando el desarrollo sucede en el interior de la madre pero sin que se establezca contacto con ella, es **ovo-vivíparo**. El embrión se nutre de los alimentos que provee un huevo que permanece dentro de la madre hasta el momento del nacimiento. Los escorpiones y algunos peces y reptiles presentan este tipo de desarrollo embrionario.

## LA ETAPA POSTEMBRIONARIA

Después del nacimiento, el desarrollo continúa en la etapa postembrionaria. Si el individuo hijo alcanza la madurez sin cambios morfológicos, salvo el de aumentar su tamaño, el desarrollo es **directo**. Así se desarrollan todas las aves y los mamíferos.

Si el descendiente va pasando por distintos estadios morfológicos que son muy diferentes entre sí hasta llegar a la forma adulta definitiva, se dice que su desarrollo es **indirecto**. Al proceso de cambio entre los distintos estadios morfológicos se lo denomina **metamorfosis**, y se observa en anfibios e insectos.

Distintos estadios de la metamorfosis de la mariposa.



# LAS ESTRATEGIAS REPRODUCTIVAS

Cuando hablamos de características en relación con la reproducción, pueden aparecer miles de ejemplos. Veamos algunos. ¿Cuántas crías tienen los elefantes por vez? ¿Y las moscas? Quizás sepas que las moscas ponen cientos de huevos y que los elefantes, en cambio, solo tienen una cría por vez.

¿Sabés que el pingüino emperador, por ejemplo, cuida mucho de su única cría hasta que está preparada para hacerlo por sí sola y que, por el contrario, las tortugas marinas desovan y retornan al mar dejando atrás sus numerosos huevos?

Como estudiaste en el capítulo 2, las especies compiten entre ellas por los recursos que ofrece un lugar, y las diferentes especies evolucionaron de manera tal que se fueron seleccionando aquellos organismos mejor adaptados al ambiente. Como viste hasta ahora, las características reproductivas no "escaparon" a la presión de selección. ¿Qué característica se seleccionó en cada caso en el transcurso de la evolución? ¿Por qué? Veamos.

Las **estrategias reproductivas** son comportamientos que emplean las especies en el momento de la repro-

ducción y que aseguran su supervivencia. Hay dos grandes grupos, llamados r y K.

- Las especies con **estrategia K** suelen ser animales y plantas grandes, que viven muchos años y habitan en la selva, en los bosques y en las regiones esteparias. En el caso de los elefantes o los pingüinos, que a diferencia de las moscas tienen solo una cría, destinan mucho tiempo al cuidado parental y así aseguran su supervivencia.
- Las especies que presentan **estrategia r** suelen ser microscópicas o de tamaño pequeño, como bacterias, protozoos, animales pequeños, etc. Habitán en charcos, montones de tierra junto a madrigueras, rocas desnudas, zonas polares, desiertos, terrenos arados, entre otros ambientes. Algunos ejemplos son las moscas y las tortugas marinas, que ponen cientos de huevos, y los padres o progenitores no cuidan mucho a sus crías. De hecho, en la mayoría de los casos este cuidado parental es nulo.



**ESTRATEGIA K**  
Ambiente: estable  
Mortalidad: baja  
Reproducción: más de una en su vida  
Ciclo de vida: largo  
Cuidado parental: intenso  
Tamaño corporal: mediano, grande  
Ejemplos: pumas, pingüinos, elefantes



**ESTRATEGIA r**  
Ambiente: cambiante  
Mortalidad: alta  
Reproducción: única  
Ciclo de vida: corto  
Cuidado parental: leve o nulo  
Tamaño corporal: pequeño  
Ejemplos: insectos, bacterias, tortugas marinas

### INTERPRETAR RESULTADOS

- Leé el texto de la derecha. ¿Cómo se reproduce el pingüino de Magallanes? ¿Cómo es su ciclo de vida?
- ¿Por qué estos pingüinos se consideran amenazados? ¿Cómo podría reducirse esta amenaza?

Los **resultados** obtenidos durante un trabajo experimental por sí mismos no nos dicen nada. Para convertirlos en información útil hay que ordenarlos, analizarlos. Durante su interpretación se intenta vincularlos con los conocimientos ya existentes. Así, es posible encontrar un significado más amplio de esos resultados en relación con lo que ya conocemos del problema planteado, confirmando conceptos, modificando o realizando nuevos aportes.



Relevamientos realizados en las costas de la Patagonia y de Tierra del Fuego permitieron identificar un total de 63 colonias del pingüino de Magallanes (*Spheniscus magellanicus*), con un mínimo de 950.000 parejas reproductivas. La colonia de Punta Tombo (Chubut), la mayor colonia de este pingüino en el mundo, ha disminuido en las últimas dos décadas debido a la interacción humana. Esta especie puede abandonar el nido dejando expuestos los huevos, que son atacados por gaviotas cocineras. Se reproduce desde los cuatro hasta los ocho años y nidifica debajo de arbustos o en cuevas excavadas en el suelo. Su ciclo reproductivo va de abril a septiembre, y la puesta comienza a principios de octubre, en un período de tres semanas.

El 93% de las hembras ponen dos huevos, el período de incubación es de aproximadamente 40 días y el tamaño promedio de los huevos varía según la disponibilidad de alimento. La predación y la deserción de nidos por cuestiones climáticas son las principales causas de pérdida de huevos. Los pichones nacen entre la primera y la tercera semana de noviembre, y son cuidados y alimentados por ambos padres durante noventa días. La principal causa de mortalidad de pichones en Punta Tombo suele ser la baja disponibilidad de alimento, aunque también la predación y las condiciones climáticas adversas.



Fuente: CONICET. Ene/Ago 2005. (<https://bit.ly/2gXjTKP>).

### HORA DE HACER CIENCIA



- En grupos, construyan una "granja de caracoles" para estudiar las estrategias reproductivas de estos animales. Observen a diario cuántos huevos ponen, si los incuban, cuánto tiempo tardan en nacer, etc.; registren todo. Comparen e interpreten los resultados obtenidos en el trabajo que leyeron de los pingüinos y en la granja de caracoles. Para ello, investiguen datos de ambos animales y tengan en cuenta lo que estudiaron sobre las estrategias reproductivas r y K.
  - ¿Qué tipo de estrategia tienen ambos animales?
  - ¿Qué datos de cada trabajo experimental apoyan tu respuesta?
  - En ambos casos, ¿qué factores afectan la vida de ambas especies? ¿De qué depende la supervivencia de sus crías?
  - ¿Qué ventajas y qué desventajas representa cada una de las estrategias? ¿Qué diferencias encuentran entre ambas?

#### Preparación de la "granja"

- Coloquen en forma horizontal un bidón de agua grande y vacío, y con un cíter corten una abertura rectangular en la parte superior (solo tres lados del rectángulo, para poder cerrar la "ventana"). En esa tapa realicen algunos agujeros para que ventile.
- Agreguen tierra húmeda, hierbas, musgos, piedras, trozos de corteza, hojas, etcétera.
- Pulvericen con agua cada dos días.
- Agreguen hojas verdes (lechuga, espinaca, etc.) para que se alimenten.
- Busquen algunos caracoles y colóquenlos en la granja. Cierren la ventana con cinta adhesiva.
- Ubiquen la granja en un lugar cálido y a la sombra.



7. Leé este artículo sobre cómo afecta la construcción de caminos y rutas a los seres vivos y su reproducción, y resolvé las consignas.

En general, los proyectos viales representan un beneficio social y económico para las regiones y mejoran la calidad de vida de los habitantes. Sin embargo, la apertura de rutas y caminos causa efectos negativos sobre el ambiente, cuya identificación y evaluación es importante con el fin de diseñar estrategias que los eviten y compensen.

Entre los impactos más significativos puede citarse el efecto barrera, ya que la ruta divide el ambiente e impide la movilidad de los organismos o de sus estructuras reproductivas, lo que trae como consecuencia limitar el potencial de los organismos para su dispersión y colonización. Muchas especies de insectos, aves y mamíferos no cruzan estas barreras; por lo tanto, las plantas que tienen frutos carnosos o semillas que se dispersan por animales se afectarán también. Las barreras, además, pueden restringir la habilidad de los organismos de encontrar sus parejas, lo que puede llevar a la pérdida de su potencial reproductivo.

El efecto barrera tiende a dividir una población grande en subpoblaciones pequeñas y parcialmente aisladas. Estas subpoblaciones fluctúan más ampliamente en el tiempo y tienen una mayor probabilidad de extinción que las poblaciones grandes. Algunas de ellas tienen un tamaño tan pequeño que no alcanzan a ser viables, ya que no se dan los procesos reproductivos, lo que puede llevar a extinciones locales.

- a) Tomen postura: ¿por qué el efecto barrera puede alterar la reproducción y el desarrollo de las poblaciones de un ambiente? Usá ejemplos para justificar tu respuesta.
- b) Un estudiante de segundo año piensa que las más afectadas son las poblaciones grandes. ¿Qué argumentos usarias para convencerlo de lo contrario?
- c) Cuando se construye una ruta, muchos animales pueden ser atropellados, y esto también altera a las poblaciones. Sin embargo, aunque es más fácil de reconocer que el efecto barrera, no es tan grave. Buscá datos e información que argumenten lo dicho.

8. En la actividad 7 tuviste que argumentar en favor de una postura o bien usar argumentos para convencer a alguien. ¿Te resulta útil discutir con otro? ¿Es necesario comprender la postura del compañero para poder argumentar en favor de otra? ¿Por qué?



Aprender a aprender

## EL AISLAMIENTO REPRODUCTIVO

**A**lo largo del capítulo trabajaste sobre varios aspectos de la reproducción en los seres vivos. Viste que su función es permitir la conservación o perpetuación de las especies; también, que hay dos tipos (una sexual y otra asexual) y que en el transcurso de la evolución se seleccionaron diversas estrategias para asegurar la supervivencia, dos de ellas son la K y la r. Pero también sabés que solo los individuos de una misma especie pueden reproducirse entre sí, y esto es, justamente, lo que define a una especie.

Ahora bien, en el capítulo 2 te dedicaste al estudio de la evolución, que, como sabés, se ocupa de tres aspectos. Por un lado, se dedica al hecho de la evolución en sí, es decir, a que las especies cambian con el tiempo. Por otro, se relaciona con la historia de la evolución, esto es, con las relaciones de parentesco y de separación entre unos organismos y otros, que llevan a la existencia de las especies actuales. Por último, la evolución estudia las causas de dichos cambios. Entonces, las especies van pasando por transformaciones y, como consecuencia, pueden dar origen a nuevas especies.

¿Te das cuenta de cómo se relaciona esto con la reproducción? Como sabés, la **especiación** es el proceso evolutivo mediante el cual una población de una especie determinada da lugar a otra u otras poblaciones que, a veces, son muy parecidas.

¿Cómo se las puede diferenciar? En algunos casos, los científicos se valen del estudio de los **aislamientos reproductivos**, que son como "barreras" biológicas que impiden la reproducción entre las diferentes especies.

En el capítulo 7 vas a estudiar los diferentes tipos de reproducción que pueden darse entre los animales y las plantas, pero, si mirás la imagen, comenzarás a descubrir los diversos tipos de aislamiento que pueden ocurrir entre los organismos:

- **Ecológico**, referido a los hábitats o ambientes donde viven distintas especies.
- **Mecánico**, cuando existen diferencias en los órganos reproductores.
- **Etológico o de comportamiento**, estacional, cuando maduran sexualmente en distintas épocas.
- **De los gametos**, cuando hay diferencias de formas de estas células.



**Aislamiento ecológico:** se da cuando distintas especies viven en el mismo territorio pero no comparten los hábitats, es decir, el ambiente donde viven (poseen diferente temperatura, luz, humedad, etc.). Cada especie está adaptada para vivir en ambientes particulares. Por ejemplo, hay especies de mosquitos que se crían en agua salobre y otras, en agua dulce.

**Aislamiento de los gametos** se da cuando existen diferencias en la forma de los gametos. Por ejemplo, los granos de polen no pueden germinar en el órgano reproductor femenino de otra especie. También se da en animales.



**Aislamiento mecánico:** ocurre cuando existen diferencias en los órganos reproductores. Muchas especies de plantas varían en cuanto a su estructura floral, y la polinización entre ellas se hace imposible. También se da en animales, por ejemplo, por incompatibilidad del tamaño de sus genitales.



**Aislamiento etológico:** se basa en diferencias de comportamiento durante el cortejo y el apareamiento, como las señales de atracción entre los animales que, si fallan, provocan la huida o el ataque. Por ejemplo, en los grillos.



**Aislamiento estacional:** se produce cuando las especies maduran sexualmente en diferentes momentos del año o en distintas horas del día, como en el caso de las ranas.



## EvaluáDOS

9. Reúnete con un compañero o compañera y elijan los tres temas de esta lista que más les hayan llamado la atención: la reproducción sexual y la asexual, sus ventajas y desventajas; el origen de la reproducción sexual; la evolución de los gametos y de la fecundación; las estrategias reproductivas; el aislamiento reproductivo.

- a) De manera individual, pensá cómo podrías preparar una clase con cada uno de esos temas para exponer en tu curso.

**Elegí cómo resolver:**

- Solo exposición oral.
- Hacer un póster y explicarlo.
- Preparar un pequeño video.
- Coordinar un debate.

- b) ¿Qué tendrías que tener en cuenta según la manera de exponer que elegiste? Hacé una lista de lo que no te podés olvidar.

- c) Intercambiá tus respuestas con tu compañero o compañera y comparalas. Fijate qué coincidencias tuvieron y qué información de tu compañero te puede servir para completar tu idea de cómo dar la clase.

- d) Ahora, ¡manos a la obra! Cada uno de ustedes prepare la clase. Antes de darla frente a todos, pueden ensayar entre ustedes dos.



Autoevaluación



Audiorresumen

Buscalos en el

**Espacio TIC**



# 7

# La reproducción en plantas y animales



Los cisnes son aves fieles de por vida a una única pareja.

Después de la fecundación, la hembra pone vanos huevos que eclosionan aproximadamente a los cuarenta días. Los polluelos suele acompañar a sus progenitores durante al menos cuatro o cinco meses.

## LA DIVERSIDAD REPRODUCTIVA

En el capítulo 6 estudiamos sobre las diferencias entre la reproducción sexual y la asexual, ¿te acordás? En la reproducción asexual, a partir de un progenitor se forma un nuevo individuo idéntico, completo e independiente, que es un **clon** del organismo original. En algunos casos pueden producirse cambios en el material genético o mutaciones que marcan diferencias entre los hijos y el progenitor. Sin embargo, estos cambios **no garantizan mucha variedad en la descendencia**.

Entonces, si las plantas y los animales solo se reproducieran asexualmente, la mayoría serían clones. Y, por ejemplo, ante una modificación drástica del ambiente, es muy probable que casi ningún individuo sobreviviera. Pero como estos organismos se reproducen sexualmente, esto no sucede. ¿Por qué?

La respuesta es que la reproducción sexual es una de las causas que permiten **una mayor variabilidad** en la información genética de los organismos, ya que los hijos reúnen características que reciben de ambos progenitores. (Recordá que la información genética está "guardada" en el ADN de las células).

Es importante tener en cuenta que existen diversos mecanismos de reproducción en los distintos organismos, que se relacionan con las condiciones del ambiente como veremos más adelante. Pero antes de continuar, resumamos las características de estos dos tipos de reproducción en las plantas y en los animales.

“Aunque el hacha derrumbe todo el monte y quemen la guarida de los pájaros, y les armen trampas a los tigres viejos, yo plantaré mi árbol...”

Juan Carlos Chebez (1962-2011)  
Naturalista argentino



## LA REPRODUCCIÓN ASEXUAL EN LAS PLANTAS

Las formas de reproducción asexual que se observan de manera natural en las plantas con flores incluyen la **regeneración o multiplicación vegetativa**, es decir, la capacidad de estos organismos para reproducir un individuo completo a partir de un fragmento que se ha separado del conjunto.

Otro mecanismo es la **esporulación**, que ocurre en algunas plantas sin flor, como los musgos y los helechos, que producen esporas. ¿Qué es una espora? Una célula

con envolturas gruesas y resistentes que soporta condiciones desfavorables, como temperaturas extremas y ausencia de agua y nutrientes. Las esporas son liberadas y trasladadas por diferentes medios, tales como el viento o el agua, hasta que llegan a un lugar apropiado donde pueden germinar.

Dentro de la multiplicación vegetativa podemos encontrar diferentes mecanismos. A continuación te mostramos algunos ejemplos.

### TIPOS DE MULTIPLICACIÓN VEGETATIVA



#### Por estolones

Son tallos largos que crecen al ras de la tierra (rastreros) y producen raíces que dan origen a una nueva planta. Ejemplos: frutilla, frambuesa.

Frutilla silvestre.



#### Por rizomas

Son tallos que crecen bajo la superficie de la tierra (subterráneos) y que poseen yemas que, al desarrollarse, originan otros individuos. Ejemplos: jengibre, lirio.

Jengibre.

Cebolla.



#### Por bulbos

Son yemas subterráneas con hojas carnosas dispuestas sobre un tallo corto con forma de disco o platillo. Ejemplos: cebolla, ajo, tulipán.

#### Por tubérculos

Se trata de tallos generalmente subterráneos y cortos que acumulan sustancias de reserva y tienen yemas a partir de las cuales se forman brotes que originan nuevas plantas. Ejemplos: batata, papa, remolacha.



Papa.

#### Por estacas o esquejes

Consiste en la separación de una parte del tallo, de la raíz o de la hoja de una planta madre, y su posterior implantación en la tierra, con lo cual se induce en forma artificial la formación de raíces. Ejemplos: geranio, potus.

Geranio.



# LA REPRODUCCIÓN ASEXUAL EN LOS ANIMALES

A igual que en las plantas, en los animales también se observa la reproducción asexual. Esta puede suceder de diferentes formas, pero en todos los casos se genera un nuevo individuo hijo a partir de un único individuo progenitor, que, por lo tanto, es idéntico a él. En este tipo de reproducción no intervienen los gametos.

## GEMACIÓN

Es una división desigual del individuo progenitor. De él se proyectan yemas que, al crecer y desarrollarse, originan nuevos seres que se separan del organismo parental o quedan unidos a él, iniciando así una colonia. Los cnidarios, como las hidras, se reproducen de esta forma.



Proceso de gemación en una hidra

## FRAGMENTACIÓN

Un organismo adulto se rompe en dos o más fragmentos, cada uno de los cuales regenera un individuo completo. La característica de la fragmentación es que la ruptura no es espontánea, sino que se origina por una lesión causada por una fuerza externa al animal. Las planarias, las lombrices de tierra y las estrellas de mar utilizan este mecanismo: una porción del cuerpo se separa y a partir de él se regenera un individuo completo. El organismo original que perdió el fragmento también lo regenera, de modo que a partir de un individuo se forman dos.



Proceso de fragmentación en una estrella de mar

La facilidad de una especie para reproducirse por el mecanismo de fragmentación depende de la capacidad de regeneración que presente. Si un animal es capaz de regenerar grandes porciones de su cuerpo, podrá utilizar esto para reproducirse. Sin embargo, la capacidad de regeneración es variable en las distintas especies animales, y en muchos vertebrados es escasa. En algunos reptiles, como las salamandras, un individuo puede regenerar un miembro que se ha seccionado, por ejemplo, una pata. Sin embargo, la pata separada no puede regenerar el resto del organismo.



## Vale comprender

- Subraya una o varias frases de esta página vinculadas con las características de la reproducción asexual.
- Explicá con tus palabras las principales diferencias entre gemación y fragmentación. Acompañá tu explicación con dibujos de ambos procesos.

## DISEÑAR UN EXPERIMENTO

- Imaginate que en el laboratorio de ciencias te piden que prepares en macetas varias plantas de geranios a partir de una. Vos creés que estas plantas se reproducen con facilidad. ¿En qué te basás para suponer esa hipótesis?
- ¿Con qué elementos podés llevar a cabo la experiencia para comprobarla?
- ¿Qué pasos seguirías?



La experimentación es un procedimiento muy frecuente en las investigaciones. Nos permite explorar un tema que queremos investigar del que se ha propuesto una posible explicación o hipótesis y es preciso comprobarla. El primer paso es el **diseño de un experimento** adecuado a este fin.

Luego, se deben elegir las condiciones o **variables** que se van a medir, y las que se mantendrán fijas durante el ensayo. Una variable es un factor que modifica un fenómeno determinado; por ejemplo, el tiempo que transcurre o la temperatura a la que ocurre.



## HORA DE HACER CIENCIA



3. En grupo van a diseñar un experimento para estudiar la reproducción asexual, por estacas o esquejes, de una planta de menta. Primero deben conseguir una planta de menta sana y cortar varios fragmentos del tallo, de 20 a 30 cm de largo, que serán plantados en macetas para que generen raíces y crezcan nuevas plantas.
  - Analicen primero cuáles de los siguientes factores pueden influir más en el resultado del ensayo. ¿Se les ocurren otros factores que puedan influir?
    - El largo del tallo.
    - La presencia o ausencia de hojas o flores.
    - El sustrato donde se planta: agua, tierra, arena, humus, etcétera.
    - El lugar donde se deje crecer: interior o exterior.
    - La cantidad de luz y/o calor.
  - Elijan un factor para comprobar su influencia en el crecimiento y determinen cuáles de las variables de trabajo mantendrán fijas y cuáles irán variando para comparar los resultados y elegir la mejor técnica de reproducción por esquejes.
  - Registren todos los datos y resultados del ensayo. Analicen los resultados para lograr una conclusión. ¿Tuvieron algún problema? ¿Cambiaron algo del diseño del ensayo?
  - ¿Podrían aplicar esta técnica para cualquier planta? ¿Se podrán hacer esquejes de las hojas en lugar de hacerlos de los tallos? Expliquen.

**¿Cómo harían para contarles a otros el trabajo que hicieron?**

**Elegí cómo resolver:**

- Preparen un informe científico que incluya: un breve resumen del tema, las hipótesis o ideas previas a la experimentación, los materiales usados, los resultados obtenidos y la conclusión a la que llegaron.
- Filmen un video con todo lo que fueron haciendo.
- Armen un afiche con fotos o dibujos en el que expliquen el paso a paso para lograr una exitosa reproducción de menta por esquejes.

# LA REPRODUCCIÓN SEXUAL EN LAS PLANTAS

Las plantas también se pueden reproducir de manera sexual. Al igual que los animales, poseen órganos sexuales que producen gametos. A diferencia de la mayoría de ellos, las plantas no se desplazan, por lo que dependen de diversos agentes, como el agua, el viento y algunos animales, para transportar y "captar" los gametos que intervienen en la fecundación.

Las plantas con semillas, como los pinos y los rosales, aunque evolutivamente son más jóvenes que las plantas sin semillas, como los helechos, han colonizado diferentes ambientes. Uno de los factores determinantes que les ha posibilitado la conquista del medio terrestre es que el embrión está protegido dentro de la semilla; además, este puede permanecer en estado latente en su interior y eclosionar cuando las condiciones del ambiente son favorables. Las semillas, además de proteger al embrión, poseen en su interior las sustancias nutritivas que este requiere para su crecimiento.

Las plantas que poseen semillas se dividen en dos grandes grupos: **las angiospermas**, cuyas semillas se desarrollan dentro de un fruto, como en las manzanas y los duraznos, y **las gimnospermas**, cuyas semillas están "desnudas", es decir, se desarrollan sin la protección de un fruto.

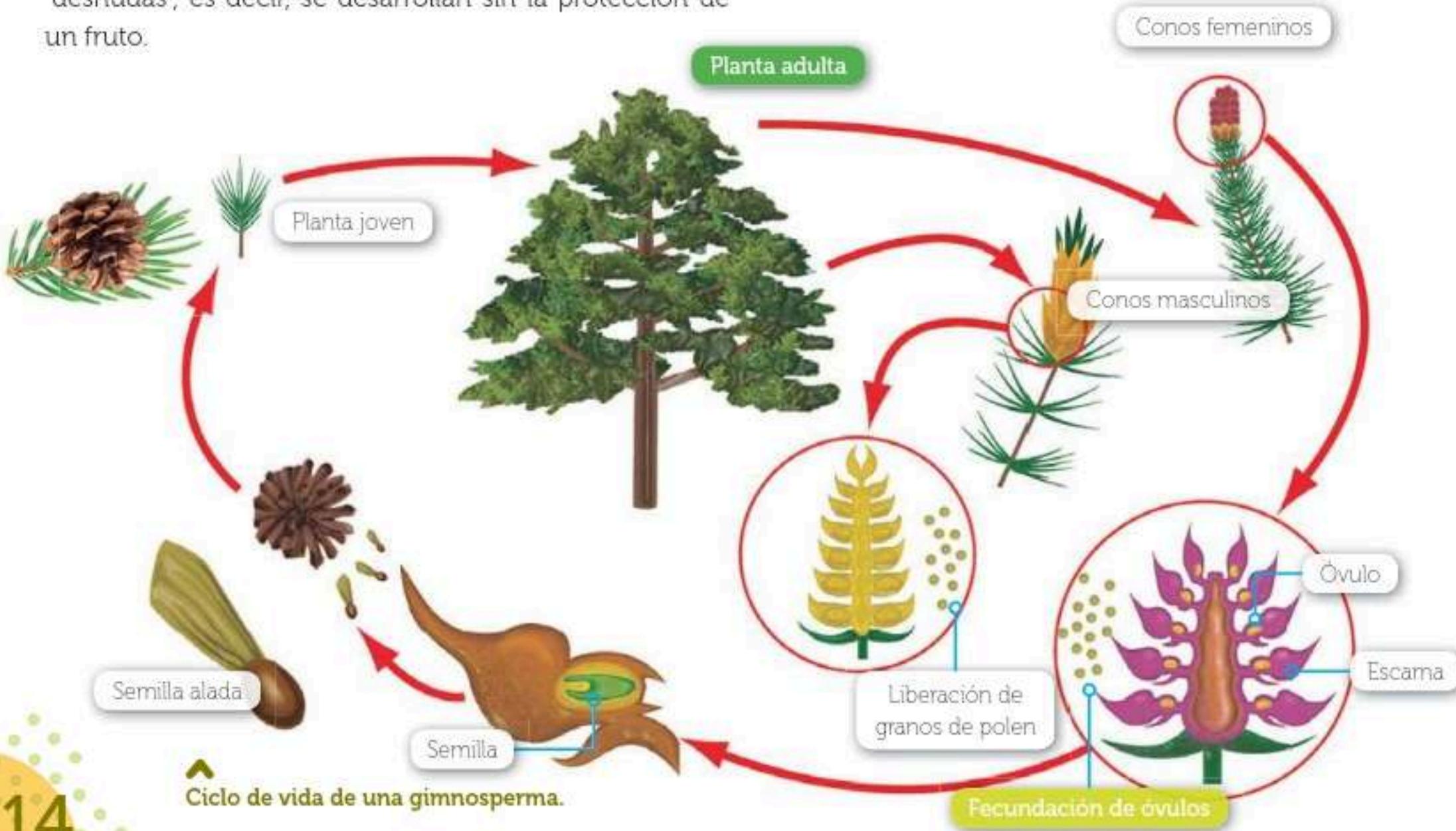
## EL ENCUENTRO DE LOS GAMETOS EN LAS GIMNOSPERMAS

Las gimnospermas son plantas leñosas y generalmente arbóreas. Las flores son poco llamativas y se encuentran en unas estructuras denominadas **conos**. Los pinos, por ejemplo, son gimnospermas. Cada uno de ellos posee conos masculinos y femeninos.

Los **conos masculinos** son relativamente pequeños y se ubican en los extremos de las ramas. Durante la temporada de reproducción, liberan enormes cantidades de polen (con los gametos masculinos). Algunos de estos granos forman pequeñas estructuras aladas que son fácilmente transportadas por el viento a grandes distancias. Como cada cono puede liberar muchísimos granos de polen, las posibilidades de que alguno ingrese accidentalmente en el interior de un cono femenino son muy altas.

Los **conos femeninos** del pino son las piñas. Están formadas por un eje central y una serie de escamas leñosas que lo rodean. En la base de cada una de ellas se encuentran los óvulos. Cuando alguno de los granos de polen expulsados por los conos masculinos logra ingresar en el cono femenino de otro pino, libera los gametos masculinos que, de este modo, fecundan a los óvulos.

Los óvulos fecundados se convertirán en semillas. Cuando el cono madura, las escamas se abren y las semillas son liberadas. En un lugar propicio, germinarán.

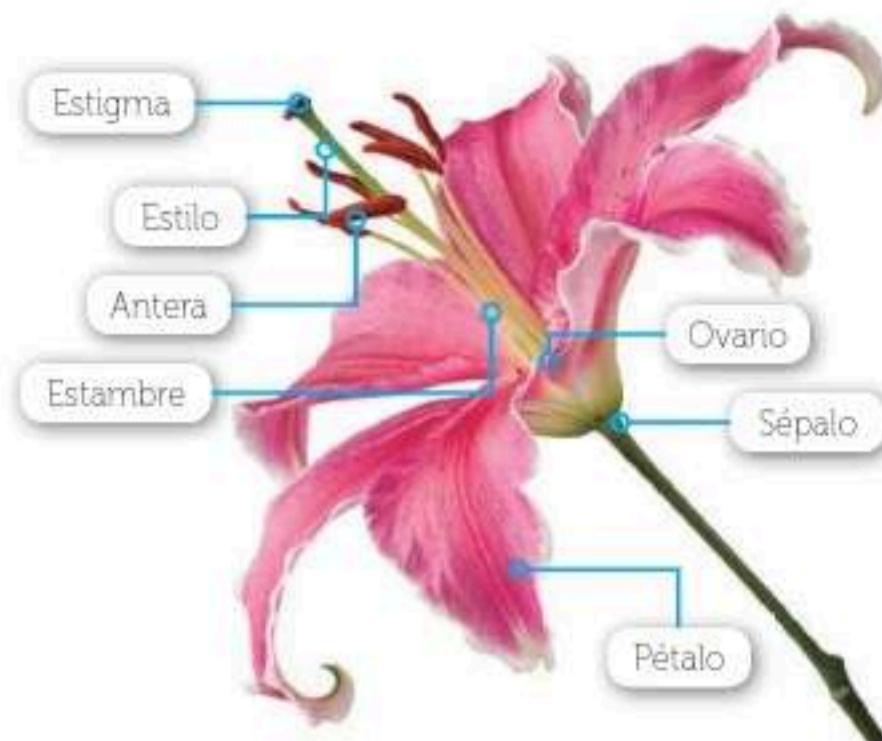


## EL ENCUENTRO DE LOS GAMETOS EN LAS ANGIOSPERMAS

Estas plantas son las más modernas y, debido a la especialización de sus órganos reproductores, han poblado casi toda la Tierra. Las hay de todas formas y tamaños, desde los enormes eucaliptos hasta los delicados rosales. Pero todas tienen algo que las identifica: poseen flores que son sus órganos reproductores.

Aunque las formas y los colores pueden diferir notablemente, existen ciertas partes que son comunes a casi todas ellas:

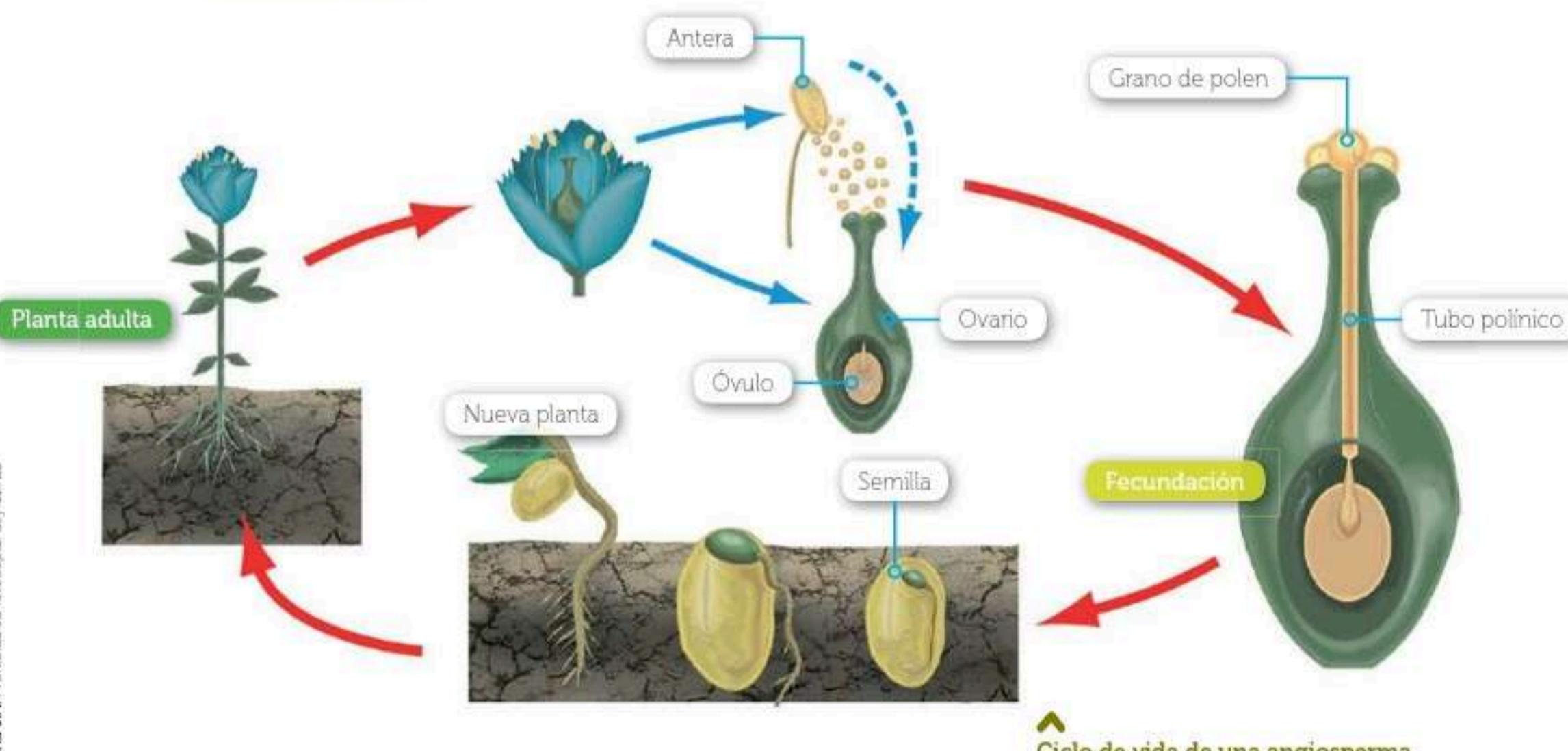
- Los **sépalos** suelen ser hojas modificadas gruesas y verdes que protegen al pimpollo. Cuando este se abre, el cáliz forma la base de la flor.
- Los **pétalos** suelen ser de textura suave y colores vistosos, lo que atrae a los insectos o los pájaros, que facilitan el proceso de reproducción.
- En el centro de la flor se encuentran uno o varios **carpelos** fusionados que forman la **parte femenina**. Es una estructura en forma de pera en la que se distingue un estilo, parecido a un tubo, con un extremo superior que es el estigma, y otro inferior que comunica con el ovario, donde se encuentran los **óvulos**.
- Rodeando a la parte femenina se ubica la **parte masculina** de la planta, los estambres filamentosos, en cuyo extremo penden las anteras, en donde se producen los **granos de polen**.



Cuando el grano de polen llega al estigma, se forma un tubo polínico, por el que descienden los gametos masculinos hacia el ovario. Una vez allí, se produce la fecundación de uno o más óvulos, que dará lugar al embrión.

Luego de la fecundación, cada óvulo se desarrolla hasta formar una semilla, y las paredes del ovario se engrosan y se transforman en el **fruto**. Usualmente, cuando el ovario madura en el fruto, las otras partes de la flor se marchitan y caen.

En el ejemplo que analizamos, las flores son **hermafroditas**, es decir que una misma flor produce gametos femeninos y masculinos. Pero también hay plantas que tienen **flores unisexuadas**, es decir, algunas flores poseen solo estambres y las otras, solo carpelos. Esto significa que hay individuos con flores femeninas o masculinas.



Ciclo de vida de una angiosperma.

# POLINIZACIÓN

Ya sabés que las coníferas liberan incontables cantidades de **granos de polen** que son transportados por el viento y, en ocasiones, alguno de esos granos logra ingresar en los conos femeninos de otro pino, produciendo la fecundación. Podríamos decir que la **polinización** es el transporte de los granos de polen hasta la parte de la planta que contiene los óvulos, tanto en las gimnospermas como en las angiospermas.

Esto posibilita la reproducción sexual en las plantas, ya que estas no se desplazan, pero sí sus gametos masculinos.

◀ Micrografía de granos de polen.

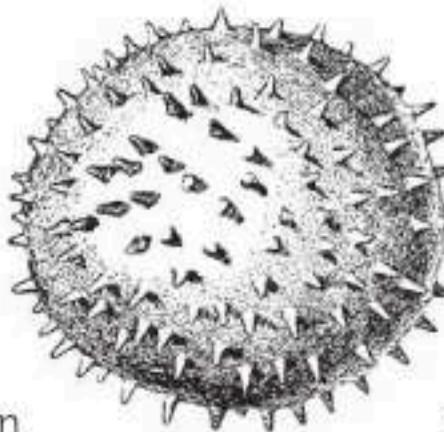


El **viento** es, entonces, un agente polinizador. Pero no es el único. También lo son los **insectos**, como las abejas o las mariposas, **aves** o **pequeños mamíferos**.

Las flores que dependen de la polinización del viento, como las de los pastos, generalmente no poseen fuertes olores ni son muy llamativas. En cambio, las flores que tanta admiración nos causan a los seres humanos por sus agradables aromas o sus impactantes colores, como las de los rosales, son polinizadas por animales. ¿Cómo es el proceso? Veamos un ejemplo.



↑ **Cuando la abeja se posa sobre una flor** para alimentarse con su néctar, roza los estambres y se libera una gran cantidad de granos de polen. Cuando se retira, lleva consigo muchos de esos granos adheridos a su cuerpo. Al pararse sobre otra flor, se desprenden granos y caen sobre el estigma, provocando la fecundación.



## COEVOLUCIÓN DE FLORES Y POLINIZADORES

Generalmente, una especie de planta atrae a varias especies de insectos polinizadores, o bien una especie de insecto puede polinizar varias especies de plantas. Sin embargo, existen algunas especies de plantas que únicamente pueden ser polinizadas por una especie animal. Se cree que, a lo largo del tiempo, estas especies han evolucionado en forma conjunta y ambas han obtenido beneficios. A este fenómeno se lo denomina **coevolución**. Veamos algunos ejemplos.



◀ **Los murciélagos** polinizan flores que se abren por la noche. Por lo general, se trata de flores grandes, de colores claros y muy perfumadas que les permiten a los polinizadores nocturnos detectarlas.

El colibrí tiene un pico muy largo que le permite extraer el néctar de flores tubulares y que exhiben colores fuertes. Cuando el ave abandona la flor, el polen cubre su pico y sus plumas, lo cual servirá para polinizar otras flores.



◀ Los escarabajos suelen ser atraídos por el olor de la carne en descomposición. Con las moscas sucede algo similar.

## LOS ASPECTOS ECONÓMICOS DE LA POLINIZACIÓN

Como sabés, la polinización es fundamental para que se produzca la fecundación entre dos flores de la misma especie. Este tipo de fecundación favorece la aparición de nuevas características en esas especies. Muchas veces, esas características favorecen a los seres humanos, ya que muchas de ellas son utilizadas para el consumo. Por eso, el control de la reproducción vegetal mediante la manipulación de los agentes polinizadores es una práctica frecuente.

En un ecosistema en equilibrio, las plantas que lo integran son fecundadas por polinizadores especializados. A su vez, la densidad con la que se encuentran los polinizadores dentro de ese ecosistema depende de la cantidad de plantas existentes. La coevolución es la responsable de ese equilibrio.

Las abejas son uno de los agentes polinizadores más utilizados con este fin. Se ha comprobado que la eficiencia de estos insectos, al momento de recolectar el polen, se ve influenciada por factores ambientales, como la temperatura, el viento o la lluvia. Actualmente, los abejorros también son muy utilizados como agentes polinizadores, ya que presentan algunas ventajas frente a las abejas. Por un lado, tienen mayor tamaño: esto les permite visitar una mayor cantidad de flores por vuelo y, además, se incrementan las posibilidades de establecer contacto con los estambres y los estigmas de las flores.

La divulgación científica sobre los agentes polinizadores y cómo los afecta el ambiente ha tomado relevancia en los últimos tiempos.



Dispersión de semillas del fruto de "diente del león".

MEDIANTE LA DIVULGACIÓN CIENTÍFICA, LOS CIENTÍFICOS TRANSFIEREN LOS NUEVOS CONOCIMIENTOS A LA COMUNIDAD EN GENERAL, O BIEN A SECTORES DE ESTA QUE SE BENEFICIAN DIRECTAMENTE CON ESTA INFORMACIÓN.

## LOS FRUTOS Y LAS SEMILLAS

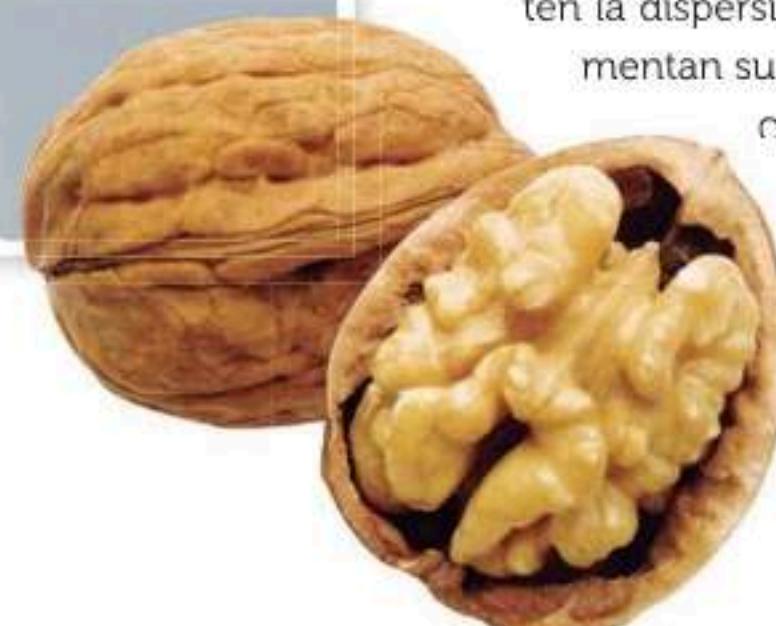
Cuando el ovario se transforma en fruto, puede ocurrir que sus paredes se endurezcan, lo que da lugar a frutos secos como las nueces, o que generen frutos carnosos como la manzana. Ya mencionamos que el fruto protege a la semilla. Cuando se ha desarrollado, los pétalos y los estambres se marchitan y caen. Por su parte, el cáliz puede caer o permanecer pegado al fruto.

Los frutos adoptan diferentes estructuras en relación con las estrategias de dispersión de las semillas. Pero ¿qué es una semilla? Es la estructura que contiene al embrión de la nueva planta, un óvulo que ha sido fecundado por un gameto masculino, empaquetado dentro de una cubierta protectora. En las semillas maduras, la cubierta suele ser muy dura. Esta protección permite al embrión soportar mejor las variadas condiciones del ambiente.

A medida que el embrión va creciendo dentro de la semilla se van formando tejidos responsables del crecimiento durante toda la vida de la planta. Simultáneamente se desarrollan los cotiledones, fuente de reservas nutritivas hasta que la planta pueda llevar a cabo la fotosíntesis, y las primeras hojas que se desarrollan en la futura plantita a partir de la germinación.

Tanto los frutos como las semillas deben tener una dispersión que permita que las plantas hijas crezcan alejadas de la planta que les dio origen para evitar la competencia por los nutrientes y la luz.

Un importante agente que facilita la dispersión es el viento. Algunos frutos tienen estructuras que permiten la dispersión por el aire: proyecciones que aumentan su superficie en forma de alas o pelitos, como las de los fresnos o los olmos. ¿Jugaste alguna vez con un "panadero" del diente de león?



Frutos secos con semillas llamadas "nueces".

# COMUNICACIÓN



4. Lee el siguiente texto y resolvé las consignas.

En 2007 se estrenó **The Happening**, que en Argentina llevaba el nombre **El fin de los tiempos**. En esta película se hace referencia a una frase muy discutida en el ámbito de la ciencia: "Si las abejas desaparecieran de la faz de la Tierra, a los humanos solo les quedarían cuatro años de vida".

Es una frase atribuida al físico Albert Einstein que ha circulado por internet y otras vías de comunicación. Sin embargo, no existen registros que comprueben que el famoso científico haya sostenido tal afirmación.

Algunos investigadores consideran que la frase podría ser atribuida a un grupo de apicultores belgas que, en 1994, con motivo de proteger la especie, habrían levantado el lema "Sin abejas no hay paraíso" supuestamente dicho por Einstein.

Ahora bien, ¿por qué tanto problema por las abejas? Ya leiste qué es la polinización. Permite la reproducción de muchísimas especies vegetales. Aunque las abejas son consideradas polinizadoras importantes, no son las únicas, sino que murciélagos, pájaros y otros insectos también lo hacen. La polinización por insectos tiene importancia económica, ya que mejora el rendimiento de muchas especies vegetales. También en los bosques aporta a la producción de la biomasa vegetal en general. Por lo tanto, aporta indirectamente a la producción de oxígeno, y a la disminución de dióxido de carbono atmosférico que influye en la temperatura ambiental y, en consecuencia, en nuestra calidad de vida.

Además, si las abejas dejaran de existir, también impactaría gravemente en la alimentación de algunas especies de aves perturbando entonces la cadena alimentaria. Pero ¿dejariamos de existir en cuatro años? Esto no puede afirmarse con seguridad.

- a) Investigá acerca del guion de la película nombrada. ¿Es verosímil? ¿Por qué?
- b) ¿Qué intención te parece que tiene utilizar el apellido de Einstein en una película de ciencia ficción? ¿Y en el caso de los belgas de 1994?

5. Pensá que sos un científico que quiere divulgar información para desmitificar el dilema de Einstein y su frase de las abejas. Diseñá un mural digital interactivo en el que se discuta la importancia de las abejas y su influencia en la permanencia de la humanidad sobre la Tierra. Luego analizá las opiniones. Incluí imágenes y datos de interés. Podés usar la herramienta Lino.it para hacer el mural.



6. ¿Te parece importante organizar la información antes de elaborar una publicación? ¿Por qué?



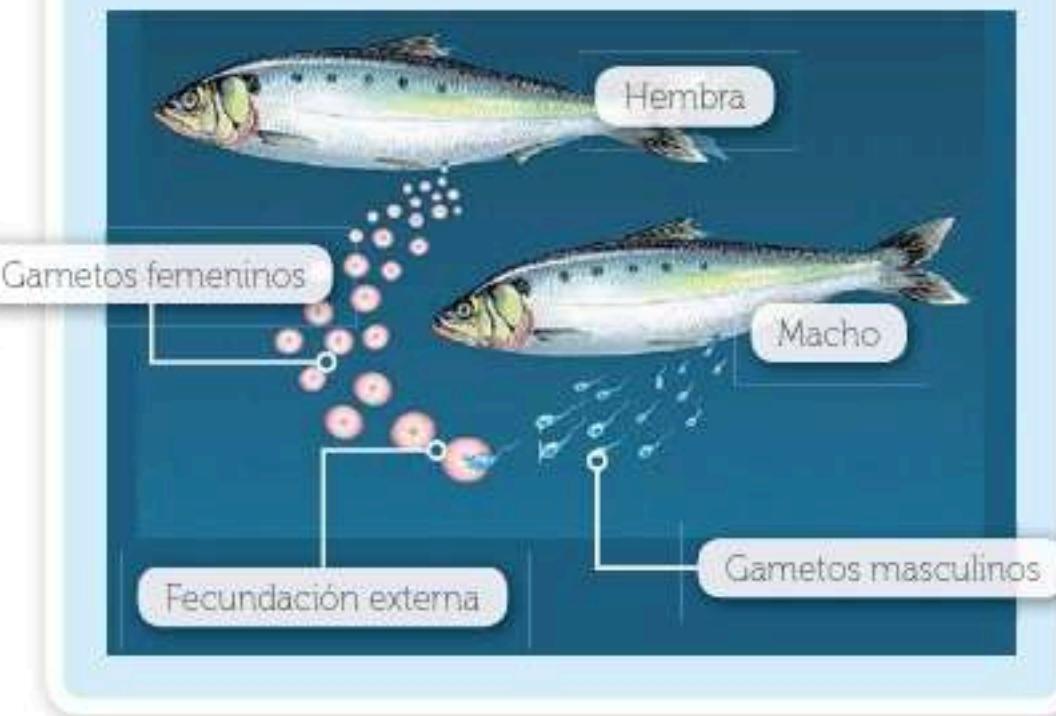
# LA REPRODUCCIÓN SEXUAL EN LOS ANIMALES

En la mayoría de los animales, la reproducción es sexual, ya que intervienen dos individuos de distinto sexo y de la misma especie. Las hembras tienen los órganos reproductores femeninos y producen óvulos, y los machos cuentan con órganos masculinos y producen espermatozoides. Los óvulos se caracterizan por llevar información genética materna y gran cantidad de sustancias nutritivas de reserva, que alimentarán al futuro embrión; los espermatozoides, por su parte, aportan la información genética paterna. Durante la fecundación, el espermatozoide alcanza al óvulo e introduce su material genético en él. A partir de ese momento, el óvulo fecundado o cigoto dará origen a un nuevo individuo.

¿Cómo son las crías? Probablemente habrás advertido que se asemejan a sus padres. Pero, además, poseen características propias que los diferencian. Toda la progenie de una misma pareja no es igual entre sí, sino que hay variabilidad entre la descendencia.

## FECUNDACIÓN EXTERNA

La unión de los gametos ocurre una vez que han sido eliminados del cuerpo de los organismos a un medio líquido. Es propia de los animales acuáticos y de los anfibios. Dado que existe un alto riesgo de que la unión no ocurra, usualmente la cantidad de gametos producidos y expulsados es muy alta.



Esto es producto de la reproducción sexual.

Ahora, si bien es cierto que la reproducción sexual es fuente de variabilidad, existen dos tipos de fecundación, la interna y la externa, que dependen, básicamente, de la capacidad de los animales para desplazarse o del lugar donde habitan.

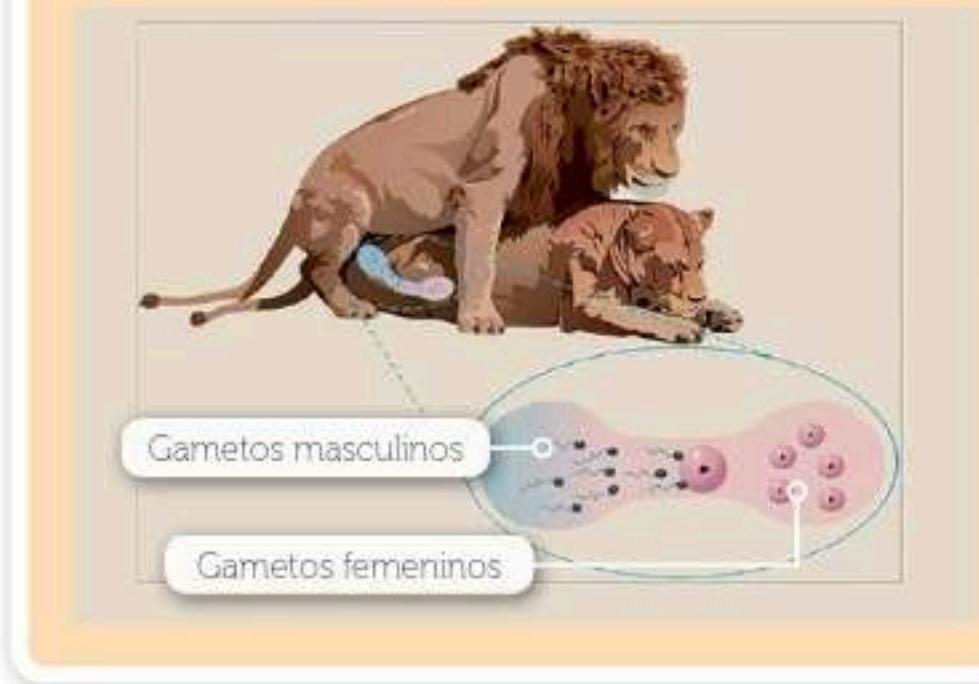
Cada mecanismo reproductivo se lleva a cabo en un ambiente particular en donde ha actuado la selección natural. ¿Qué queremos decir con esto? Que la fecundación externa es frecuente en ambientes acuáticos, lo que facilita la movilidad de los gametos.

Por otra parte, la fecundación interna tiene ciertas ventajas respecto de la externa. La más importante es que se incrementan las posibilidades de que se unan los gametos, ya que los animales con fecundación interna presentan órganos para la cópula que permiten un recorrido más seguro y directo. Este proceso es común en ambientes terrestres, en los que con la fecundación externa los gametos se perderían.

Luego de la fecundación se lleva a cabo el desarrollo del embrión, que puede ser externo, cuando ocurre fuera del cuerpo de la hembra, o interno, cuando ocurre en el interior.

## FECUNDACIÓN INTERNA

Es típica de los animales terrestres, como insectos, arácnidos, reptiles, aves y mamíferos. El macho deposita los espermatozoides dentro del cuerpo de la hembra durante el apareamiento o cópula. El embrión se desarrolla ahí, resguardado de los peligros externos. Evolutivamente, resultó un paso clave en la conquista del ambiente aeroterrestre, porque permitió proteger los gametos y el embrión de la desecación.



# LOS MECANISMOS QUE LLEVAN A LA FECUNDACIÓN

En las plantas existen mecanismos que logran que se lleve a cabo la fecundación, como la polinización. ¿Qué sucede en el reino animal? Entre los animales también existen procesos que posibilitan la fecundación, claro que son muy diferentes.

## LA BÚSQUEDA Y EL RECONOCIMIENTO DE LA PAREJA

Incluye el conjunto de señales para encontrar al otro sexo. Si en primavera te detenés a escuchar el canto de las aves, te vas a dar cuenta de que no hay dos especies que emitan los mismos sonidos. Quizás algunas tengan diferencias casi imperceptibles al oído humano, pero entre ellas parece que el reconocimiento es evidente. El éxito de la fecundación depende, en muchos casos, de una identificación correcta del sexo opuesto en una especie.

Estos tipos de señales pueden ser muy variadas: visuales, auditivas y químicas. ¿Ejemplos?

- Un caso interesante de **señales visuales** es el de las luciérnagas. Existen distintas especies, algunas muy parecidas, pero cada una emite una combinación única de destellos.
- En cuanto a **señales auditivas**, podemos nombrar a las ranas, las cuales usan un código vocal y, de este modo, se reconocen entre las de su especie.
- Entre las **señales químicas** se encuentran las feromonas. Son sustancias que se liberan en el aire y, por ejemplo, reúnen a individuos que están a kilómetros de distancia. Una mariposa de la seda macho puede detectar las feromonas de invitación de la hembra a una distancia de más de once kilómetros. Las jirafas hembra, cuando están en su período fértil, secretan

feromonas en la orina y así son detectadas por el macho en el momento correcto para el apareamiento.

## EL CORTEJO

Se trata de comportamientos específicos de cada animal que tienden a atraer al sexo opuesto (como **vuelos, marcas, danzas y cantos nupciales**) antes del apareamiento.

Un cortejo conocido es el del pavo real macho cuando despliega su colorida cola en forma de abanico. Los machos las exponen en el momento del cortejo y justamente ese comportamiento les permite encontrar pareja. La hembra será la que elija con qué ejemplar aparearse. Se cree que el estado de la cola del pavo sería una señal para que la hembra encontrara en ella las características del macho más conveniente, por ejemplo, pueden darse cuenta de si ese macho está sano.

## EL APAREAMIENTO

Es la unión o acoplamiento entre un macho y una hembra con la consecuente fecundación.

En algunas ocasiones se establece una competencia con otros machos que puede ser parte del cortejo. El alce, por ejemplo, **compite con sus rivales por las hembras**. Así, los machos más fuertes son los que se aparean y aseguran, a través de estas luchas, su paternidad.



### Vale comprender

7. Identificá los términos que aparecen en esta página que no conocías.
8. Elegí dos y definilos con tus palabras. Luego chequeá la definición recurriendo al diccionario.

# TODO **g**una empezó **o** pregunta



Cómo es el  
canto de las aves



Guillermo Enrique Hudson (1841-1922) fue un apasionado de los pájaros. Observador innato, su vida transcurrió como naturalista y escritor. Nacido en la provincia de Buenos Aires, a los treinta años decidió emigrar a Inglaterra, donde pasaría el resto de sus días. Le gustaba llamarse a sí mismo como un naturalista de campo, y sus valiosas observaciones sobre aves, tanto en el país como en Inglaterra, quedaron registradas en numerosos escritos.

Hudson intentaba entender qué implicaba el canto según la especie de pájaro. Sabía, entre otras cosas, que en las aves canoras el canto es parte del ritual del cortejo, por el cual el macho atrae a la hembra. En su libro *Aves del Plata* describe en detalle distintas anécdotas de pájaros. Cuenta, por ejemplo, que una mañana, en la Patagonia, lo trajeron los sonidos de un ave. Pero de pronto esa música exquisita cesó, y del mismo sitio provino un canto chillón y confuso. Y esto siguió, asistiendo perplejo a una sucesión de diferentes sonidos. Comprendió, del golpe, que se trataba de la calandria de las que allí llaman blancas, aves migratorias capaces de imitar los cantos de otros pájaros. Llevaba así, a cada lugar, las voces de aves de otras regiones que había visitado.

Esto contaba sobre el hornero, un ave que, supone, se aparea para toda la vida:

"En el caso del canto del hornero, observo que el macho y la hembra, siempre atareados, se encuentran varias veces durante el día y expresan su alegría con un concierto de notas claras y resonantes. [...] el pajarito que ve llegar a su pareja emite notas fuertes y medidas; a veces, un trino profundo con sonido metálico. Su compañero recién llegado le hace dúo, y permanecen erguidos uno frente al otro, con los cuellos extendidos, las alas colgando y las colas abiertas, temblando por la emisión de su canto y golpeteando las ramas con sus alas".

## AVES DEL PLATA

GUILLERMO ENRIQUE HUDSON



LIBROS DE HISPANOAMÉRICA



# DIMORFISMO SEXUAL Y SELECCIÓN NATURAL

Si volvemos sobre los ejemplos que mencionamos en páginas anteriores, seguramente encontrarás que, a cada una de las especies mencionadas, esas características que exhiben algunos individuos le dan alguna ventaja que la hace más atractiva para el sexo opuesto.

A las diferencias morfológicas, bioquímicas y de comportamiento entre las hembras y los machos de una misma especie se las conoce como **dimorfismo sexual**.

La diferencia de tamaño entre machos y hembras de una misma especie es un ejemplo. Esta característica tiene mucho que ver con el rol que cada uno de los integrantes cumple en la pareja, y la selección natural fue esencial para que se produzca. En especies en las que el macho debe combatir o exhibirse para conseguir pareja, suele haber un dimorfismo sexual acentuado a favor de este. Es muy común en las aves y los mamíferos.

En el caso de algunas especies de pulpos, los machos luchan entre sí por la posesión de las hembras. El éxito dependerá del tamaño y el vigor de cada luchador. También de sus capacidades para el ataque y la defensa. En otras especies, las hembras eligen los machos más atractivos. Una vez conseguido el apareamiento mediante la introducción del brazo de cópula en una cavidad de la hembra, esta pone alrededor de 150.000 huevos y luego hace huir al macho adoptando una ac-

titud amenazadora, mostrando cambios en el color de su piel.

En los primeros capítulos estudiaste que la selección natural favorece la supervivencia de unos individuos sobre otros dentro de una especie, y esto se relaciona con determinadas características de los distintos individuos y del ambiente.

La **selección sexual** se relaciona con este tema. Pensemos: los pavos reales son seleccionados por su plumaje. El despliegue de las plumas de la cola, por parte del pavo real, se torna amenazante para algunos predadores que pretenden agredirlo. Esto les otorga más posibilidades de sobrevivir frente a un ataque. Haciendo gala de esta capacidad, los pavos reales macho cautivan a las hembras. Si el futuro padre es portador de una característica que lo destaca frente a sus competidores y es elegido, probablemente sus hijos también cuenten con esa característica. Esto para las hembras es muy importante, ya que sus descendientes también podrán sobrevivir y procrear. En el caso de un macho enfermo, el plumaje se deteriora y, por lo tanto, sus chances de ser elegido se reducen. Este mecanismo asegura que el material genético de ese macho, susceptible de padecer ciertas infecciones, no pase a las siguientes generaciones.

En algunos insectos, arañas y peces, la hembra tiene un tamaño mucho mayor que el macho. Esto les permite albergar más huevos. En el caso de los machos de estas especies, fueron seleccionadas características que tienen que ver más que nada con la capacidad de desplazarse con mayor rapidez para poder procrear. Por eso se seleccionaron individuos más ágiles y pequeños.

## Los gallos y las gallinas. ➤

Al igual que otras aves, presentan dimorfismo sexual. Los machos no solo son más grandes que las hembras, sino que además presentan una cresta de mayor tamaño en la cabeza.



# RESOLUCIÓN DE problemas



9. Imaginate que sos un científico que recién llega a un laboratorio para hacer su trabajo. Para ponerte en tema, el resto del equipo de investigación te invita a leer los apuntes del biólogo anterior, quien estuvo investigando sobre los pulpos.

## Semana 1

- ✓ Resulta difícil distinguir un macho de una hembra en su etapa juvenil.
- ✓ Observo un macho (pulpo 1), de menor talla. En él, el tercer brazo derecho se transforma en su tramo final y funciona como un pene.
- ✓ Veo otro pulpo (pulpo 2), aparentemente hembra, que no posee los caracteres morfológicos externos de los que hablé en el punto anterior.
- ✓ Observo que el pulpo 1 introduce el brazo en una cavidad del pulpo 2.
- ✓ Luego, el pulpo 2 busca una cueva oculta y fácil de defender.

## Semana 2

- ✓ El pulpo 2 coloca huevos en ristras unidos al techo de la cueva por un extremo, formando racimos.

## Semana 15

- ✓ Siguen los huevos en racimo, desarrollándose.
- ✓ Durante todo este tiempo, el pulpo 2 se la pasa aireando, limpiando y protegiendo los huevos.
- ✓ El pulpo 2 no se alimenta, sino que aprovecha sus sustancias de reserva para sobrevivir.

## Semana 16

- ✓ Los huevos eclosionan.
- ✓ El pulpo 2 muere agotado y desgastado.

- ¿Cómo relacionarias estas anotaciones con los siguientes conceptos?  
*apareamiento y dimorfismo sexual*
- Elaborá un texto con la información provista usando las palabras del punto a).
- Uno de los investigadores del equipo dice que salió a bucear en la primera semana y observó que el macho cambiaba de color llamativamente y agrandaba las ventosas de dos de sus tentáculos un rato antes de que se produjera el apareamiento. Todo esto en las cercanías del pulpo 2. Le parece que es un dato interesante para compartir con el equipo. ¿De qué mecanismo que lleva a la reproducción creés que se trata? ¿Por qué?



## 10. Resolver las consignas:

- Te ayuda a entender los temas.
- Te resulta difícil, pero te esforzás.
- Te complica y enseguida buscás ayuda.
- Te resulta un desafío.
- Preferís resolverlas más adelante.
- No te interesa resolverlas.



# EL DESARROLLO DEL EMBRIÓN

Hasta que se produce el nacimiento, el embrión atravesará una **etapa de desarrollo**, que es el periodo durante el cual se forman los órganos que componen al nuevo individuo. Las formas de desarrollo son ovulípara, ovipara, ovovivípara y vivípara.

Cuando la fecundación es externa y el desarrollo del embrión ocurre en el interior de un huevo, fuera del cuerpo de la hembra, como sucede con los anfibios y la mayoría de los peces, los animales se llaman **ovulíparos**.

Cuando la fecundación es interna y el desarrollo del embrión se da en el interior de un huevo, pero fuera del cuerpo de la madre, los animales se denominan **ovíparos**. A este grupo pertenecen una gran cantidad de especies de aves, reptiles y peces. Muchos de ellos deben incubar sus huevos, y otros los entierran en el suelo. De este modo, además de proporcionarles la temperatura adecuada, pueden protegerlos frente a predadores. Las aves, por ejemplo, les brindan calor con su cuerpo, ya que son animales homeotermos; los reptiles, en cambio, como son heterotermos, entierran los huevos en la tierra o en la arena.

Otras especies conservan los huevos dentro del sistema reproductor de la madre hasta que el embrión está completamente desarrollado. Se trata de los **ovovivíparos**. A este grupo pertenecen algunos caracoles, serpientes y escorpiones.

En los animales **vivíparos**, en cambio, el

embrión se desarrolla completamente en el interior de la hembra, protegido de los predadores y de los impactos producidos por factores ambientales. Los mamíferos placentarios se desarrollan dentro del útero. El embrión y su madre están conectados por la placenta, órgano que permite el aporte de nutrientes para su desarrollo y la eliminación de desechos.

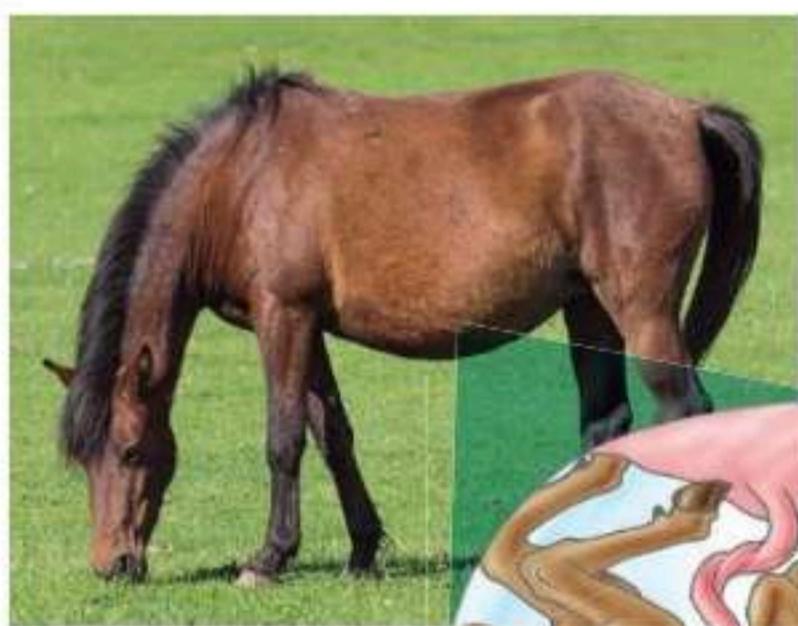
Los marsupiales, por ejemplo, son mamíferos que se caracterizan por atravesar un corto periodo de desarrollo dentro del útero materno. Las crías, en un estado muy inmaduro de desarrollo, se trasladan desde el útero hasta el interior de una bolsa denominada marsupio. Dentro de esta bolsa materna se encuentran las glándulas mamarias, a través de las cuales se alimentarán hasta su total desarrollo.

El ambiente en el cual se desarrollan los embriones influye en la forma de protección y en su nutrición. Por ejemplo, los huevos de los animales que se fecundan en el agua, como los peces y los anfibios, suelen ser blandos y su nutrición depende del medio en el cual maduran. Las aves y los reptiles, en cambio, tienen **huevos con cáscara** y nutrientes en su interior (**vitelos**). La cáscara rígida fue una adaptación clave que les permitió lograr la completa independencia del agua. El embrión continúa desarrollándose en un medio acuoso, pero rodeado por distintas membranas que los protegen.

La situación de los vivíparos es diferente. Los nutrientes llegan al embrión a través de la sangre de la madre por la placenta.



Eclosión del huevo de un yacaré overo.



El embrión recibe nutrientes a través del cordón umbilical que está unido a la placenta.



# EL CUIDADO DE LAS CRÍAS

En la diversidad de animales podemos encontrar variaciones en cuanto al **cuidado de las crías**. Estas diferencias se asocian con el **grado de desarrollo** que tiene la cría en el momento del nacimiento, o sea que los cuidados parentales se hacen mayores a medida que la cría tiene menos condiciones para un desarrollo independiente al nacer.

Por ejemplo, si bien algunos reptiles, como las tortugas, no cuidan a sus crías, en otros se observan comportamientos diferentes según las especies, que van desde la vigilancia de los huevos por parte de la hembra hasta un complejo cuidado de los huevos y de las crías a partir de una protección del territorio, como en el caso de los cocodrilos. En este último ejemplo, la acción del macho es importante porque las crías son presa fácil de otros organismos.

Otro ejemplo son las aves, cuyos pichones necesitan que sus padres los alimenten, les proporcionen calor y los defiendan.

dan de los predadores por algún tiempo. Las aves grandes cuidan a sus pollos más tiempo que las pequeñas, y el final de la etapa de cuidado parental se da cuando los pollos han adquirido la capacidad de volar. En los mamíferos, el cuidado de las crías es aún más prolongado.

Veamos el caso de los gorilas, que presentan una **estructura familiar** muy marcada. Pero ¿qué es una estructura familiar en los animales? Es una organización jerárquica estricta en la que cada participante tiene su función específica. El macho jefe, que tiene un característico lomo plateado, actúa como líder, protector y defensor del grupo frente al peligro. ¿Y las hembras? Dan a luz a los diez años, aproximadamente, después de una gestación de ocho a nueve meses, y mantienen una estrecha relación con la cría durante cuatro años. Al principio, la madre transporta al recién nacido sobre su pecho, pero muy pronto el gorila puede sujetarse solo y sube a la espalda de la madre, donde viaja hasta que alcanza la edad suficiente

para caminar. Durante la crianza, la hembra tiene autoridad sobre el resto de la manada, solo el macho puede ignorarla.



## EvaluáDOS

11. Volvé a mirar el capítulo e identificá el tema que te resultó más interesante y el que te pareció más complejo de entender. Fundamentá la elección del tema en cada caso.
12. Intercambiá con un compañero esta información. Registrá las causas por las que un tema te resultó difícil.
13. En parejas, preparen una presentación con los temas más importantes del capítulo.
  - a) Hagan un listado de las palabras clave que figuran en el capítulo para cada tema.
  - b) Escriban oraciones con las palabras clave elegidas.
  - c) Elaboren un afiche digital que las incluya junto con imágenes representativas. Para armar el afiche, pueden usar la herramienta Fotojet.



Autoevaluación



Audioresumen

Buscalos en el

Espacio  
TIC



# 8

# La reproducción en el ser humano



©Elizabeth Fernández

La reproducción humana involucra no solo aspectos biológicos, sino también sociales y culturales.

## CARACTERÍSTICAS DE LA REPRODUCCIÓN HUMANA

Los seres humanos, al igual que muchos otros animales, nos reproducimos en forma sexual. En esta forma de reproducción, las células sexuales (el óvulo de la mujer y el espermatozoide del varón) se unen durante la fecundación. Este proceso es muy valioso, ya que, como cada una de esas células posee información genética de cada progenitor, su unión permite una gran variedad de combinaciones entre el material genético de ambos padres. Por eso, habrás observado que dos hermanos pueden ser muy diferentes.

Ahora bien, ¿cómo ocurre la reproducción en el ser humano? ¿Es similar al resto de los animales? En principio, los humanos somos seres sociales y vivimos inmersos en un mundo atravesado por una cultura que influye en nuestras actitudes, en nuestra toma de decisiones y, como no podía ser de otra manera, también incide en nuestro comportamiento sexual. El hecho de que seamos seres sociales que desarrollamos una cultura, que implica valores que le dan sentido a la vida humana y a la sexualidad humana, hace que nos diferenciamos claramente del resto de los seres vivos. Veamos...



- Proyectos interdisciplinarios
- Programa de comprensión lectora
- Audioresúmenes
- Autoevaluaciones



**BIO**

**LOGIA**

**2**

**ORIGEN, EVOLUCIÓN  
Y CONTINUIDAD  
DE LOS SISTEMAS  
BIOLÓGICOS**

**“**El mejor medio de proporcionar alivio a los que sufren es colocar a su lado personas comprensivas, afables y capacitadas que puedan colaborar en la lucha por recobrar su salud”.

Cecilia Grierson (1859-1934).  
Primera médica de la república Argentina.



## REPRODUCCIÓN, SEXO Y SEXUALIDAD

Si bien la forma de reproducción es similar en la mayoría de los mamíferos, en los seres humanos el proceso es más complejo. Involucra el sexo biológico, pero tiene en cuenta, además, la sexualidad. ¿A qué nos referimos? ¿Cuál es la diferencia entre ambos conceptos?

El **sexo biológico** está relacionado con aquellos aspectos propios de los órganos genitales.

El concepto de **sexualidad** es más amplio porque incluye no solo los aspectos biológicos inherentes a los sexos femenino y masculino (que son su base), sino que también hace referencia al ámbito psicológico y socio-cultural en el cual se desenvuelven las personas.

Así, este concepto es, en parte, una construcción social, por eso hay diferentes formas de entenderlo. Para interpretarlo debemos tener en cuenta el momento histórico, la etnia, las diferentes culturas y los valores dominantes de cada sociedad.

## LOS CARÁCTERES SEXUALES

Desde el punto de vista biológico, hay un momento en la vida del varón y de la mujer en el que el organismo pasa por una serie de cambios asociados con la adquisición de la capacidad de reproducirse. Este momento es la **pubertad** y se inicia entre los diez y los catorce años. Así, cada sexo va adquiriendo sus caracteres propios, llamados caracteres sexuales.

- Los **caracteres sexuales primarios** se refieren a la existencia de órganos sexuales femeninos o masculinos que se manifiestan desde la etapa embrionaria.
- Los **caracteres sexuales secundarios** son el producto del aumento de la actividad de las hormonas sexuales. En los sistemas reproductores se producen los óvulos y los espermatozoides, y ocurren modificaciones que permitirán la reproducción y la gestación. Además, se desarrollan otros aspectos físicos y psicológicos, como la aparición de la barba, el engrosamiento de la voz en el varón, y el desarrollo de las mamas o el ensanchamiento de las caderas en la mujer.



La sexualidad es un proceso de interacción entre el individuo y su entorno cultural que se inicia en el nacimiento y se construye a lo largo de toda la vida. Por eso se entiende como un conjunto de comportamientos de las personas.

# FERTILIDAD Y FECUNDACIÓN

Como vimos, la capacidad de reproducirse comienza en la pubertad, cuando los varones empiezan a producir espermatozoides (y ocurren las primeras eyaculaciones), y las mujeres, óvulos, hecho que se manifiesta cuando ocurre su **primera menstruación o menarca**.

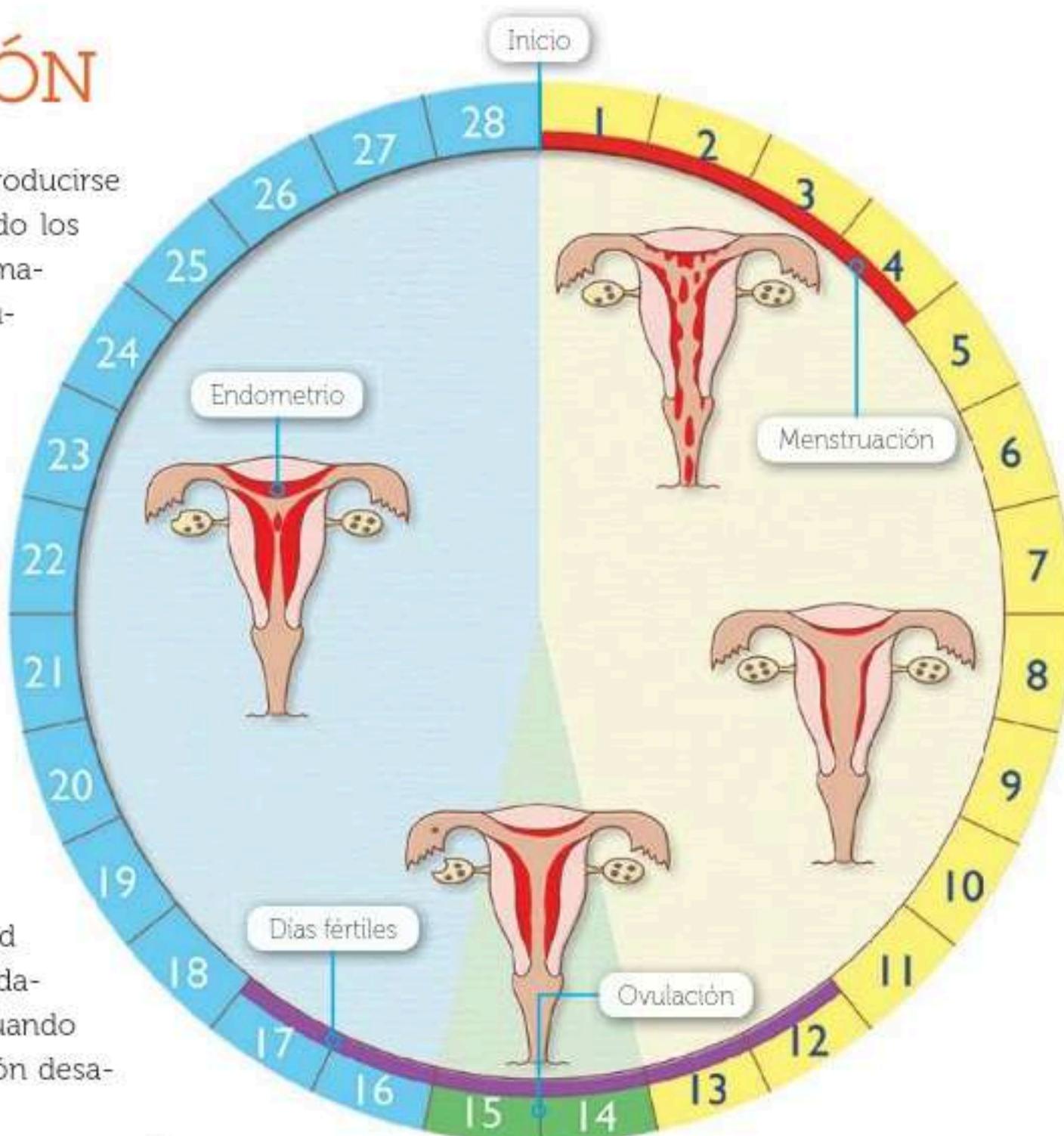
Se denomina **fertilidad** al período de vida reproductiva tanto del varón como de la mujer. En los varones, el periodo fértil es mucho más largo que en la mujer, ya que pueden seguir produciendo espermatozoides pasados los sesenta años, pero los niveles de hormona masculina desciden, y a este período se lo denomina **andropausia**. En las mujeres, la edad reproductiva se prolonga aproximadamente hasta los cincuenta años, cuando llega la **menopausia** y la menstruación desaparece.

En la mujer, uno de los primeros procesos vinculados con la posibilidad de reproducirse es la formación de los óvulos. Estas células sexuales maduran en el interior de los ovarios, y una vez que han adquirido las características necesarias para una posible fecundación, se desprenden de los ovarios durante la **ovulación**.

En algunos animales, como los gatos o los conejos, la ovulación es inducida por la cópula, es decir, en el momento en que se encuentran el macho y la hembra, el contacto entre el pene y la vagina estimula la liberación de los óvulos. En otros organismos, entre los que nos encontramos los seres humanos, la producción de óvulos se realiza en forma cíclica, esto es, de manera periódica.

## EL CICLO MENSTRUAL

Durante todo el período fértil de la mujer se lleva a cabo el **ciclo menstrual o reproductor**, con una periodicidad aproximada de 28 a 30 días, aunque esas cifras pueden variar entre las diferentes mujeres e incluso pueden alterarse para distintos períodos de una misma mujer.

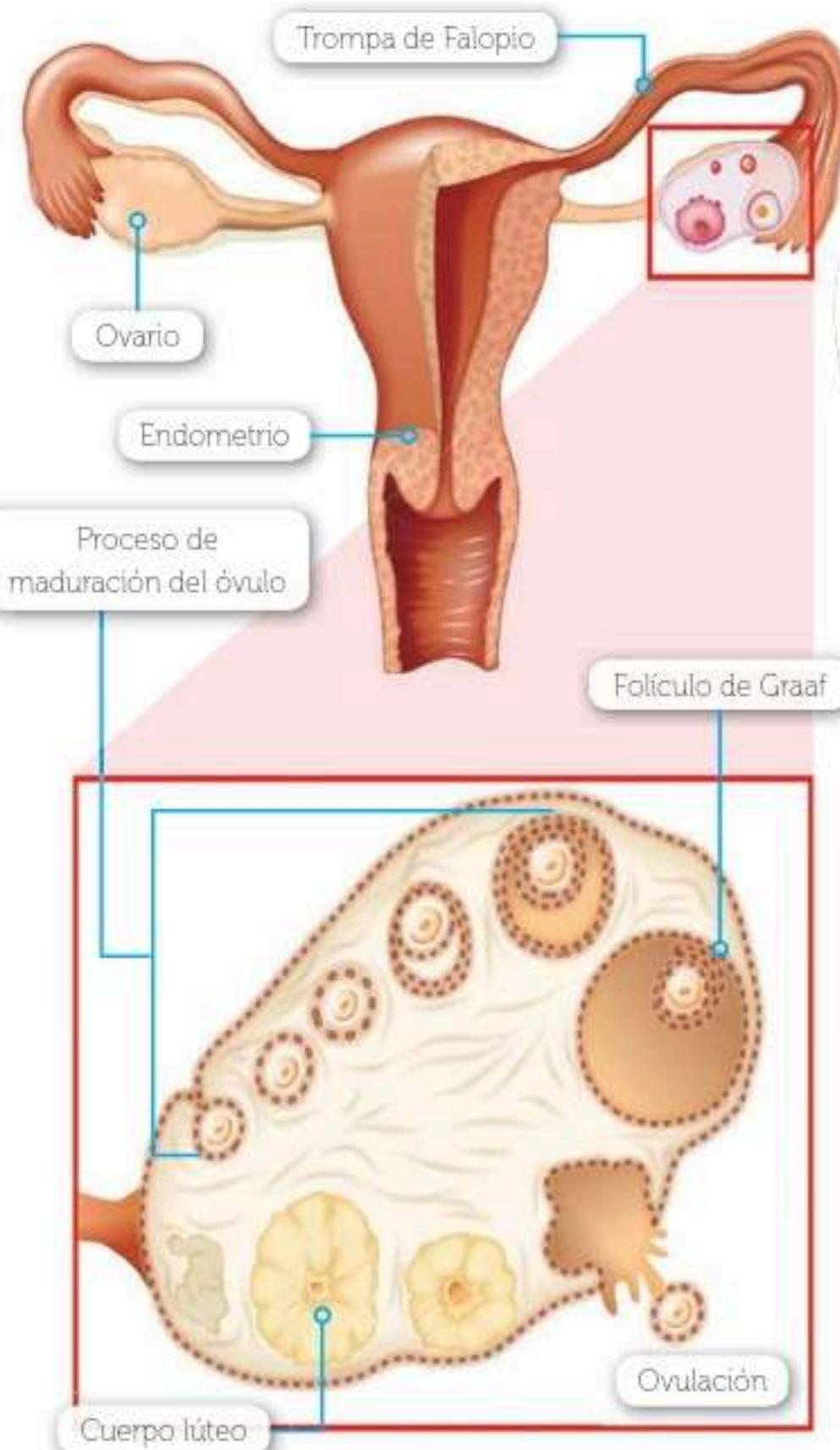


- Ocurre la menstruación.
- El óvulo va madurando. Crece el endometrio.
- Días fériles probables.
- Se produce la ovulación.
- El óvulo se dirige hacia el útero por las trompas de Falopio

A diferencia del varón, la mujer no produce células reproductoras en forma ininterrumpida. Los óvulos maduran en forma regular en los ovarios, en períodos cíclicos de aproximadamente 28 a 30 días.

En este ciclo se producen dos eventos sumamente importantes y fundamentales para la reproducción: por un lado, la maduración de los óvulos dentro del ovario, y por otro, el engrosamiento del endometrio (pared del útero), cuyo fin es alojar al embrión, en el caso de que haya fecundación.

Durante los primeros 14 días del ciclo sexual se produce la maduración de un folículo ovárico, en cuyo interior madura el óvulo. Alrededor del día 14 del ciclo se produce la ovulación, es decir, la ruptura del folículo maduro (o folículo de Graaf) y la salida del óvulo hacia las trompas de Falopio.



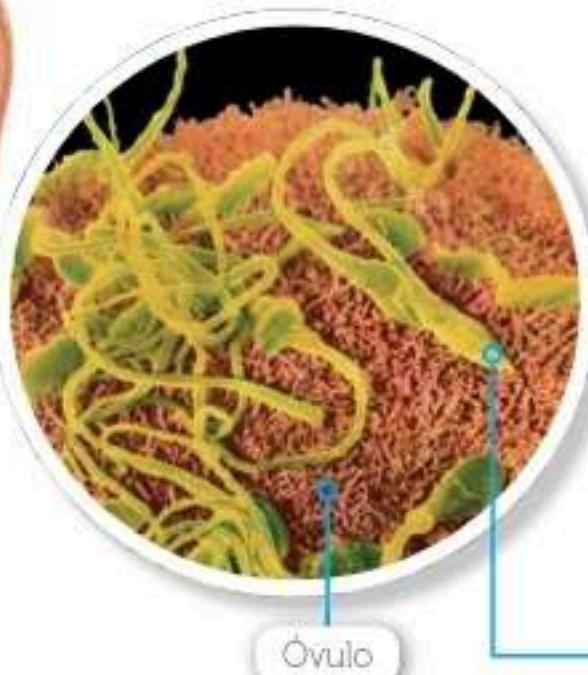
**Los gametos inmaduros u ovocitos** se ubican cerca de la superficie del ovario, cada uno rodeado de células, y conforman los folículos ováricos. A partir de la pubertad, en el interior de cada folículo madura un óvulo y de forma cíclica durante toda la etapa fértil de la mujer.

Durante lo que dure su vida fértil, la mujer liberará cada mes un óvulo, que vive solo 24 h. Si no es fecundado en ese lapso, muere. Los días cercanos (tanto previos como posteriores) a la ovulación son los de mayor fertilidad de la mujer: si durante esos días mantiene relaciones sexuales, tiene una mayor probabilidad de quedar embarazada.

Una vez que se ha liberado el óvulo, las células del folículo de Graaf forman el cuerpo lúteo, el cual produce una hormo-

na que promueve que el endometrio crezca (como si fuera un "colchón") para alojar al embrión si se produce la fecundación.

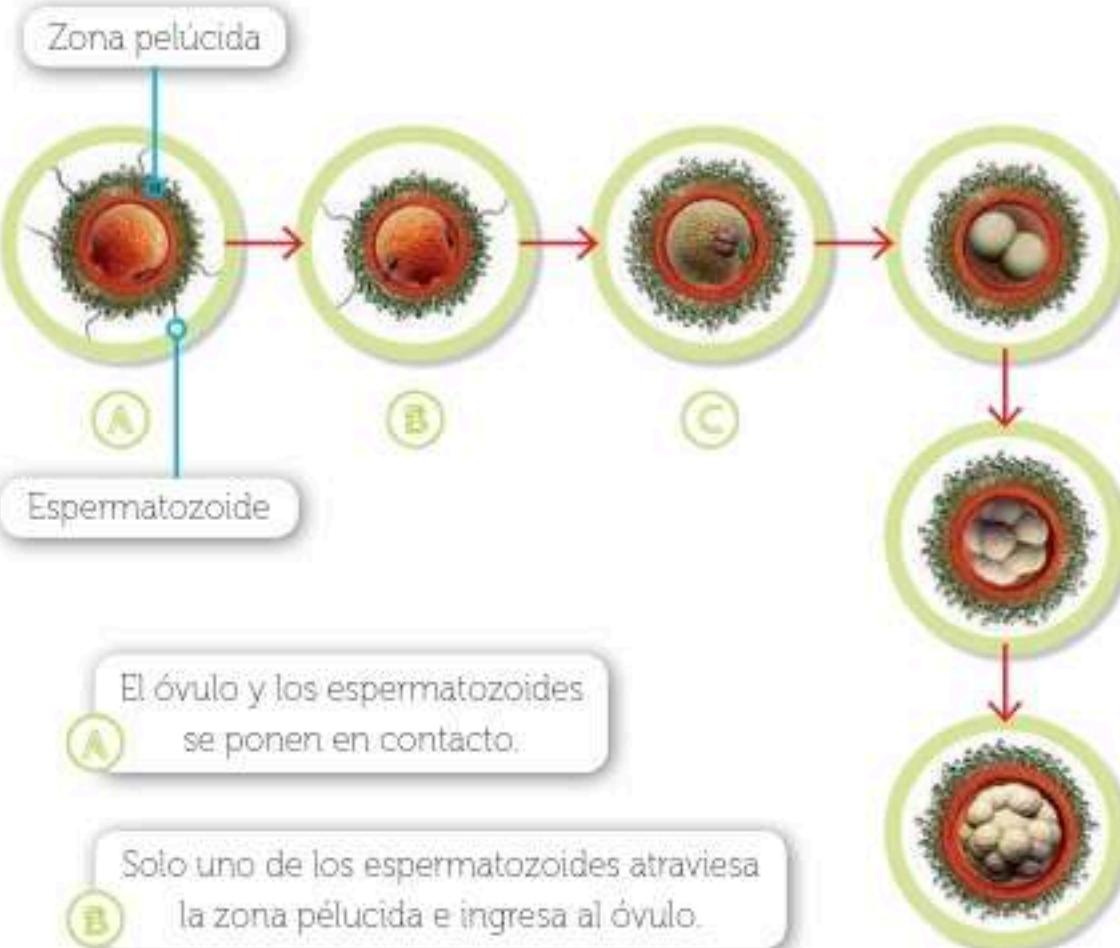
Si la fecundación se lleva a cabo, la mujer queda embarazada. Si no la hay, se produce la menstruación, que consiste en la eliminación de sangre y del tejido endometrial. Este sangrado puede durar entre tres y siete días.



El óvulo es esférico, de gran tamaño y con un gran contenido de nutrientes. Los espermatozoides son mucho más pequeños, de forma alargada, y con un flagelo que les otorga movilidad. Uno solo logrará penetrar en el óvulo.

Espermatozoide

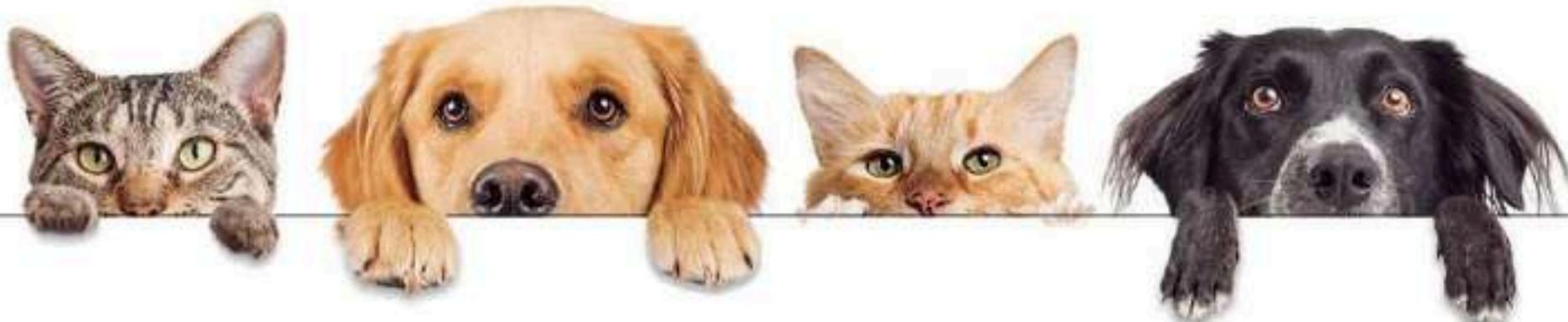
Para que se lleve a cabo la fecundación, es decir, la unión del óvulo con el espermatozoide, una mujer debe tener relaciones sexuales en los períodos de mayor fertilidad. Una vez que el semen está en el interior de la vagina, los espermatozoides pueden vivir entre tres y cinco días. Durante este tiempo puede producirse el encuentro con un óvulo y la fecundación, con la formación de la primera célula, el **cigoto**, que dará origen al futuro bebé.



A El óvulo y los espermatozoides se ponen en contacto.

B Solo uno de los espermatozoides atraviesa la zona pélucida e ingresa al óvulo.

C El núcleo del espermatozoide se une con el del óvulo y se forma el cigoto, que comienza a dividirse formando un grupo de células que dará origen al futuro embrión.



## EL CICLO ESTRAL

Así como en los primates antropoides, entre los cuales se encuentran el chimpancé, el gorila y el ser humano, se da un ciclo menstrual, el resto de los mamíferos presentan un **ciclo estral**. Este ciclo, que transcurre entre una ovulación y otra, se llama así por la existencia de un momento particular del periodo denominado **estro o celo**, que explicaremos más adelante.

La duración del ciclo estral varía según la especie animal. Por ejemplo, en las ovejas es de 16 días y en las cabras, de 21. Además, existen diferencias en cuanto a la cantidad de ciclos en el año. En las perras pueden darse uno o dos períodos al año. En las vacas, los ciclos son continuos, solo se interrumpen, cuando existe fecundación, durante el tiempo de desarrollo del embrión.

Al igual que en el ciclo menstrual, en el estral existen distintos momentos. El primero de ellos es el estro o celo, en el que las hembras manifiestan una gran receptividad o deseo hacia el macho. ¿Sabías que el origen de la palabra *estro* está asociado a "frenesi" o "pasión"? Bueno, este periodo se llama así porque en él se aprecian ciertos comportamientos en la hembra, generados por una mayor concentración de sus hormonas sexuales, que permiten que acepte a su compañero para el en-

contro sexual. Entonces, se observa que la hembra está inquieta y elimina secreciones a través de la vagina.

En ocasiones, suele confundirse ciclo menstrual con ciclo estral, ya que en el momento de receptividad sexual y de fertilidad hay una leve expulsión de sangre. Pero esta posee un origen diferente, ya que no proviene de las modificaciones del endometrio, sino de ciertos cambios celulares a nivel de la vagina. Es importante tener presente que **solo en el momento del estro hay un acercamiento de la pareja**, y no en el resto del ciclo. Y no es casual que ese momento de receptividad hacia el macho coincida con el de fertilidad, ya que simultáneamente se produce la ovulación. Por eso, si hay encuentro sexual con el macho, los espermatozoides ingresan en el cuerpo de la hembra y puede producirse la fecundación.

El tiempo que puede prolongarse el estro es muy variado, por ejemplo, en las perras se extiende aproximadamente por un mes. Pueden producirse varias ovulaciones a lo largo de ese periodo, y algunas de ellas en forma simultánea.

Luego del estro, el ciclo tiene distintos momentos que se vinculan con la preparación del organismo de las hembras en caso de producirse la fecundación. Diferentes hormonas participan engrosando la pared del útero, de manera de acondicionarlo si los embriones se han formado. Observá el cuadro de esta página, en el que aparecen algunas comparaciones interesantes.



En los perros, el estro es estimulado por algunos olores producidos por las hormonas sexuales, que se aprecian en las glandulas sebáceas y en los sistemas reproductor y urinario.

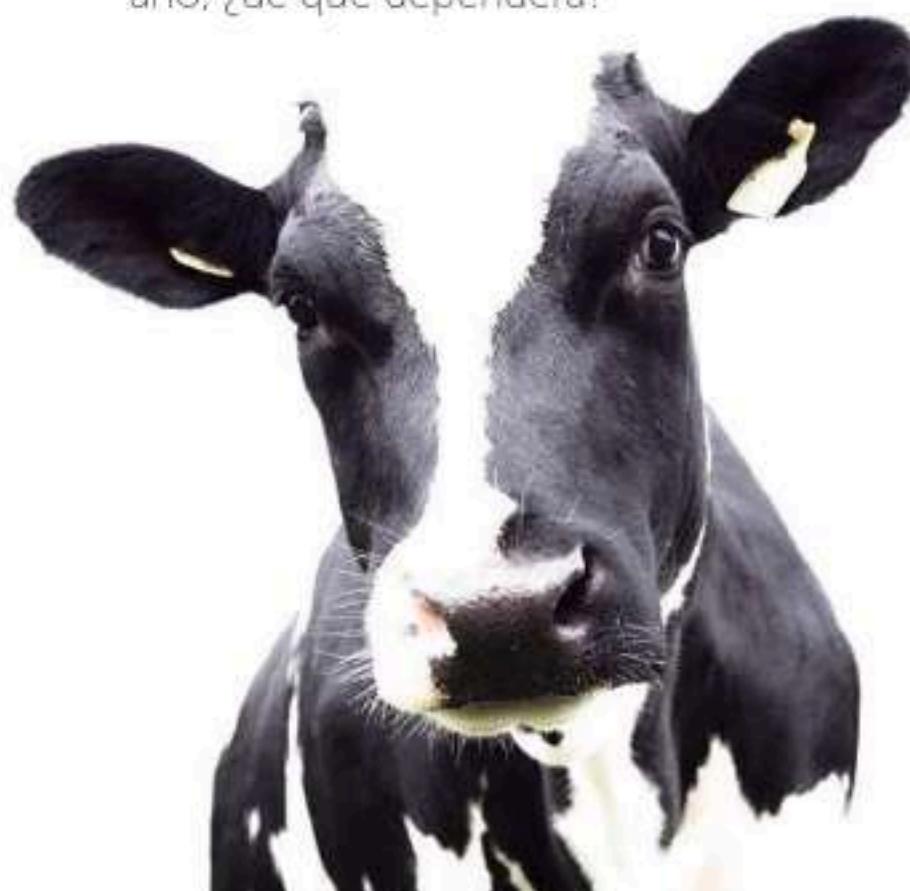
Animales	Ciclo estral	Ciclo menstrual
Ovulación	Durante el celo o unas horas después.	En la mitad del ciclo.
Aceptación del macho	Solo durante el celo o estro.	En cualquier momento del ciclo.
Fecundación	Durante el celo.	En la mitad del ciclo.

# RESOLUCIÓN DE problemas

1. Imaginate la siguiente situación: es 14 de febrero, el Día de los enamorados, y estás sentado en una plaza esperando a tu cita. Se presenta un vendedor de perfumes que dice tener una fragancia con feromonas que te dará éxito seguro para enamorar. El señor anuncia energicamente: ¡Tan solo con rociarte una ligera cantidad de feromonas humanas en tu piel, te amará para siempre! Como estás en dudas de lo que dice, decidís buscar en Google algunos datos sobre las feromonas. Encontrás esto:

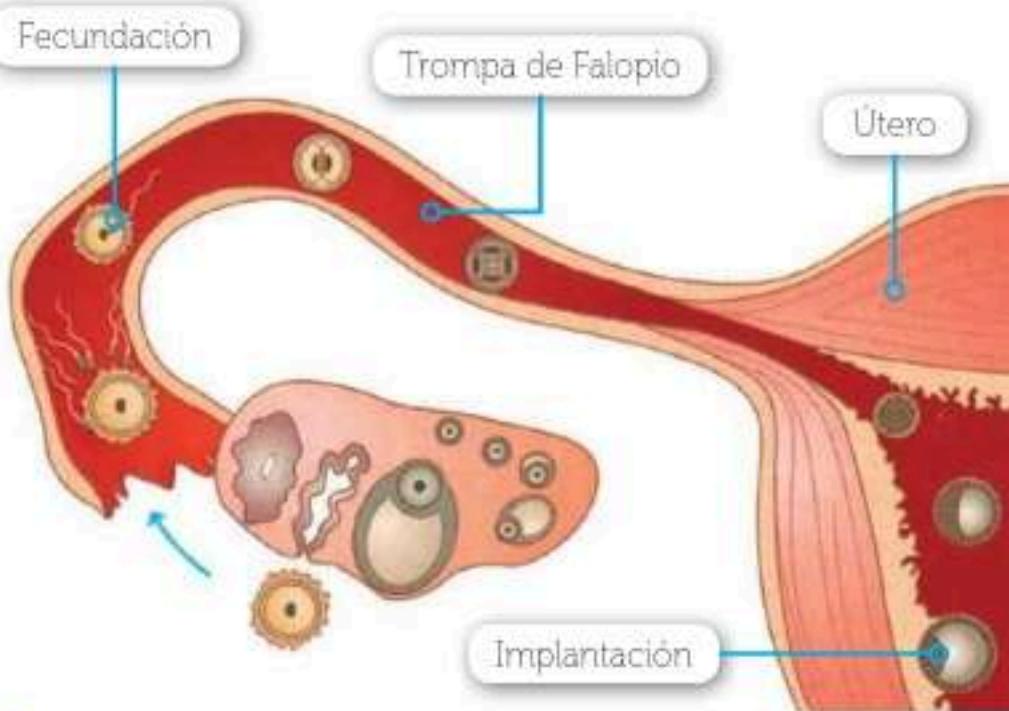
Las **feromonas** son hormonas importantes para los animales que son liberadas al ambiente. Los perros las usan como forma de comunicación. Se conocen dos sustancias que podrían considerarse **feromonas en los humanos**: una se encuentra en el sudor y en el semen masculino y otra se identificó en la orina de las mujeres. Algunos investigadores han estudiado la influencia de esas sustancias en el comportamiento de los humanos. Los resultados no han sido concluyentes.

- a) ¿Harias la compra? ¿Creés que funcionará el perfume con feromonas? ¿Es suficiente con lo que encontraste en Google para dar esa respuesta?
- b) Considerá la frase dicha por el vendedor: "¡Tan solo con rociarte una ligera cantidad de feromonas humanas en tu piel, te amará para siempre!". ¿Está en lo cierto? ¿La atracción sexual humana puede depender solo de esto? Explicá.
- c) Cuando llegás a tu casa, luego de tu cita, te sentás a mirar la televisión y justo pasa una publicidad de un perfume. Huele a flores y cítricos. La dama lo usa y los caballeros se enamoran instantáneamente. ¿Podría relacionarse esto con las feromonas? ¿Cómo?
- d) ¿Te parece que es posible comparar el "cortejo" y la reproducción humana con la de otros mamíferos? ¿Por qué? ¿Qué aspectos podrías comparar?
2. Armá un cuadro comparativo con los datos encontrados en c), que puedas publicar en el blog escolar. Podés utilizar una aplicación como Blogger.
3. a) ¿Te sirve organizar la información en forma de cuadro comparativo? ¿Por qué?
- b) ¿Qué opinión te merece que se busque información por internet? ¿Te parece útil? ¿Qué tenés en cuenta?
4. Ezequiel trabaja con ganado vacuno. En el ámbito de la producción ganadera son muy comunes el estudio y el seguimiento del ciclo estral, de manera de apreciar cuándo es el momento óptimo para que se produzca la fecundación.
- a) ¿Qué datos necesita para calcular las posibilidades de encuentro de las vacas con los toros?
- b) Le toca estimar cuántas posibilidades tiene la misma vaca hembra de gestar al cabo de un año, ¿de qué dependerá?



# LA GESTACIÓN EN EL SER HUMANO

Y a vimos que el cigoto, una vez formado, comienza a dividirse en muchas otras células. Pasados cinco días de la fecundación, el **embrión** es un conglomerado de aproximadamente 120 células, y comienza a esbozarse en ellas la diferenciación de funciones. Algunas se ocuparán de la nutrición, otras producirán sustancias o comenzarán a transmitir información, entre otras tantas funciones. Casi al sexto día, el embrión **se implanta** en la pared del útero, donde continuará su desarrollo.



▲ **Recién cuando los espermatozoides llegan a las Trompas** de Falopio, si se encuentran con un óvulo, se puede producir la fecundación y se forma un cigoto. Las células se dividen y el embrión que se forma se implanta en la pared del útero luego de unos seis días de ocurrida la fecundación.

La **gestación** es el periodo en el cual se desarrolla un **nuevo individuo** a partir de un óvulo fecundado. En un embrión humano tiene una duración de unas 38 a 40 semanas. Durante este periodo, de manera progresiva y a lo largo de nueve meses, se van formando los distintos tejidos y órganos del nuevo individuo, y cada una de las células adquiere sus funciones específicas.

Al observar a una mujer embarazada pueden surgirnos un montón de preguntas: ¿cómo respira el embrión en desarrollo?, ¿cómo se alimenta?, ¿es cierto que hay líquido alrededor?

Cuando el embrión está implantado en la pared del útero, se forman distintas estructuras que le servirán para nutrirse, protegerse y eliminar desechos.

- El **saco amniótico** es una bolsa membranosa llena de

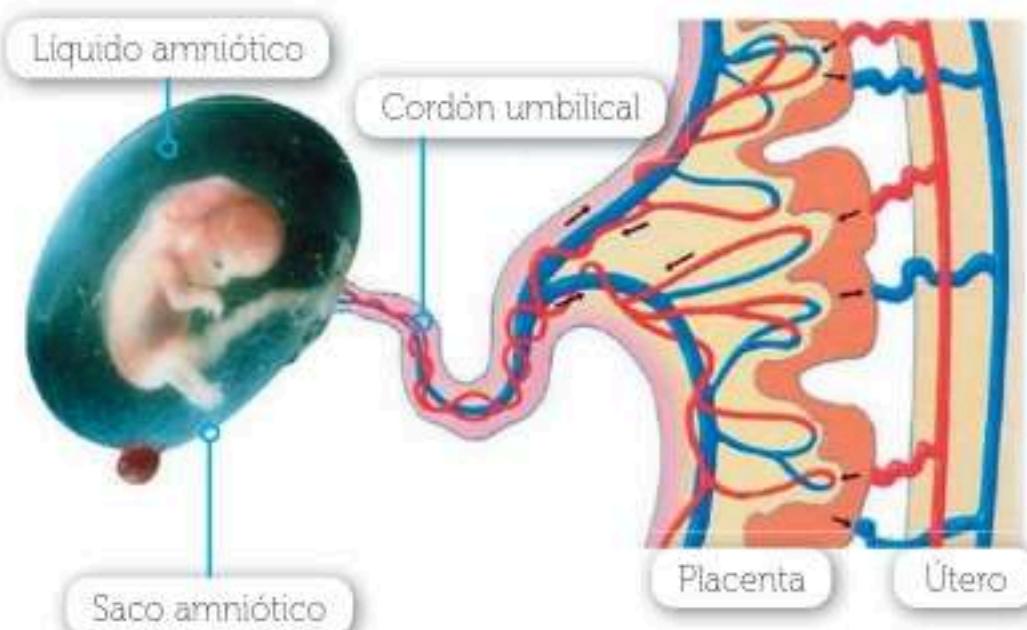
líquido amniótico que le permite al embrión moverse, y que lo protege, amortiguando los golpes.

- El **corion** forma prolongaciones que se insertan a manera de raíces en la pared del útero, dando origen a la **placenta**, que es el órgano a través del cual el embrión se alimenta e intercambia todo tipo de sustancias con la madre.
- El **cordón umbilical** une el embrión con la placenta, que se encuentra en la pared del útero. Posee vasos sanguíneos que permiten el intercambio de sustancias con la madre.

El embrión recibe los nutrientes de la madre, así como las defensas que lo protegerán en los primeros tiempos luego del nacimiento. A su vez, el embrión elimina los desechos producidos en sus células.

Como dijimos, el embrión está "nadando" en el líquido amniótico, pero no puede ahogarse, ya que posee una forma de respiración muy especial, en la cual no utiliza los pulmones, que progresivamente se van formando, sino que recibe el oxígeno y elimina el dióxido de carbono también a través de la placenta. Un dato interesante: hay dos anexos embrionarios que cumplen importantes funciones. Uno es el **saco vitelino** en el que se originan los primeros componentes sanguíneos. Otro es el **alantoides** en el que se acumulan desechos.

Estas estructuras que rodean al embrión en los mamíferos también están presentes en los animales oviparos y son evidencia de una historia evolutiva en común.



Hasta la octava semana de embarazo se forman los órganos, y esta es la etapa en la que más cuidados se deben tener frente a la exposición de agentes nocivos como los rayos X, ciertos medicamentos, así como el tabaco y otras sustancias, que pueden alterar el desarrollo. Luego el embrión adquiere la funcionalidad de todos sus sistemas, y entonces comienza a llamarse **feto**.

# LA GESTACIÓN EN OTROS MAMÍFEROS

Ya viste que el embrión del ser humano, luego de la fecundación, se desarrolla dentro del útero. Esto ocurre en la mayoría de los mamíferos, que pertenecemos al grupo de los **placentarios**. Es decir, en los cuales, se intercambian nutrientes a través de la placenta, que se une a la cría en gestación mediante el cordón umbilical.

Sin embargo, hay un grupo muy particular de mamíferos en los que esto no ocurre. Ese grupo es el de los **marsupiales**, como el canguro, la zarigüeya y el koala. ¿Cuál es la principal diferencia con los demás mamíferos? Que no tienen placenta.

Veamos el caso del canguro. El útero solo contiene al embrión, que se desarrolla en su interior durante cuarenta días. Luego, el feto apenas formado sale a través de la vagina y, agarrándose del pelo de su madre, llega hasta el **marsupio**,

una bolsa de piel en donde están las mamas. Dentro del marsupio, el feto permanecerá otros doscientos días, succionando la leche que le permitirá completar su desarrollo.



Un grupo menos numeroso dentro de los mamíferos es el de los **monotremas**, como el ornitorrinco y el equidna, que son ovíparos, por lo tanto, sus embriones



Oornitorrinco



Equidna

Los **monotremas** son los únicos mamíferos que ponen huevos.

Mamífero	Gestación (en días)
Elefante	660
Caballo	340
Vaca	285
Ser humano	270
Gorila	260
Chimpacé	245
Oveja	150
Perro	63
Gato	63

Comparación de los tiempos de gestación en varios mamíferos:

no se desarrollan en el útero materno, sino dentro de huevos. Sin embargo, una vez producido el nacimiento alimentan sus crías con leche.

Luego del nacimiento, las crías de todos los animales pasan por un proceso de crecimiento y maduración hasta alcanzar cierta independencia. ¿Viste lo frágil y vulnerable que es un bebé humano al nacer? En otros mamíferos no sucede lo mismo. Por ejemplo, un ternero tarda apenas unas horas en adquirir firmeza en sus patas y deambular por sí solo. Cuando llega el momento de alimentarse, se acerca a su mamá y comienza a tomar leche, succionando las glándulas mamarias.

Un caso similar al del ser humano, por la vulnerabilidad de su cría, es el de los gorilas. Al nacer, pesa alrededor de dos kilos y pasa la mayor parte del tiempo "pegada" a su madre. Recién puede caminar a los cuatro o cinco meses. Los primeros cuatro meses se alimenta exclusivamente de leche materna, y luego la alterna con hojas tiernas. El destete ocurre a los tres años.

## Vale comprender



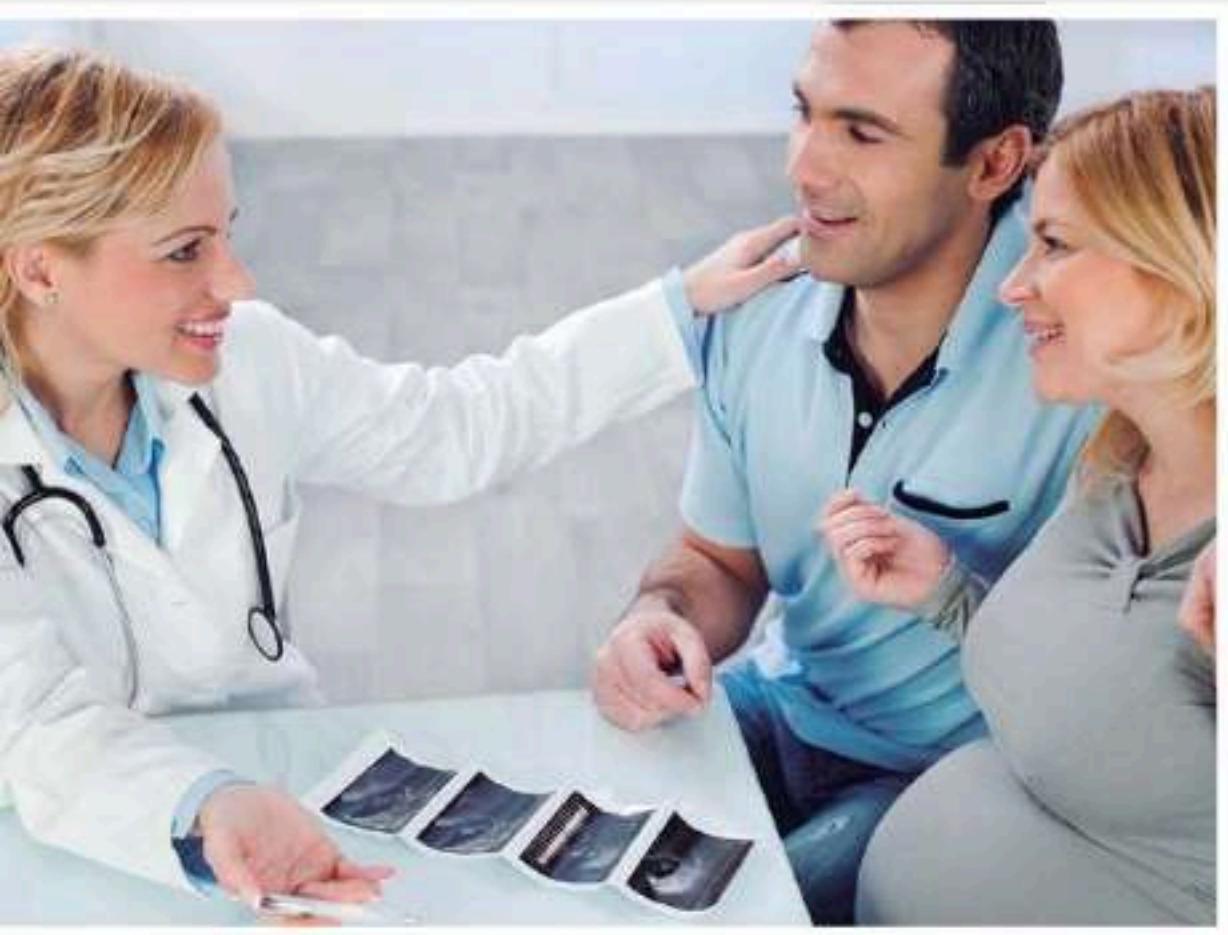
5. Vinculá en un párrafo los grupos de mamíferos mencionados en el texto con su tipo de gestación.
6. Elaborá tres preguntas que se puedan responder con la información de esta página e intercambialas con un compañero. Respóndanlas y luego corrijan entre los dos las respuestas.
7. Relacioná mediante una oración cada uno de estos pares de términos.
  - a) Placenta y cordón umbilical.
  - b) Marsupio y maduración.
  - c) Ovíparo y desarrollo.

# LA REPRODUCCIÓN ASISTIDA

Hasta hace pocos años, muchas parejas veían frustradas sus posibilidades de ser padres porque el embarazo no se concretaba. Pero a partir de los avances tecnológicos y de los diferentes tipos de investigaciones que se han llevado a cabo en el área de la medicina reproductiva, esto ha cambiado, y mucho. Los científicos han logrado obtener **resultados repetibles** con nuevas técnicas.

La **fertilización asistida** tiene su origen en un claro y único objetivo: ayudar a las parejas infériles que desean tener hijos biológicos a tenerlos por medio de la fertilización del óvulo con el espermatozoide fuera del vientre materno. Utilizando la tecnología adecuada, este tipo de fertilización es exitosa en la mayoría de los casos.

Las causas biológicas por las cuales muchas parejas no pueden tener hijos son diversas y pueden depender tanto del hombre como de la mujer. Se calcula que alrededor del 15% de las parejas en edad reproductiva tiene problemas de fertilidad. En ocasiones, las causas son emocionales y esto repercute de manera significativa en el funcionamiento del sistema reproductor, por ejemplo, en el ciclo ovulatorio. En estos casos, solo basta que el médico corrija esta disfunción por medio del tratamiento adecuado.



UNA DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LA CIENCIA ES QUE SE OBTENGAN **RESULTADOS REPETIBLES**. ESTO SIGNIFICA QUE LOS RESULTADOS OBTENIDOS POR UN GRUPO DE CIENTÍFICOS DEBEN PODER SER REPRODUCIDOS POR OTROS INVESTIGADORES. PARA ELLO, ES FUNDAMENTAL QUE SE UTILICEN METODOLOGÍAS PRECISAS Y DEFINIDAS.

Pero existen otros casos más complejos en los que si se requieren técnicas de fertilización asistida. Técnicas que, por otra parte, son desaprobadas por algunos sectores de la sociedad y algunas religiones, como la católica apostólica romana y el judaísmo ortodoxo.

En el siglo XX, el médico inglés Patrick Steptoe y el embriólogo Robert Edwards lograron fertilizar por primera vez un óvulo fuera del cuerpo de una mujer que, por métodos naturales, no podía quedar embarazada. De este modo, en 1978 nació la primera beba concebida por fertilización in vitro o FIV: Louise Brown.

Ese fue el puntapié para que se desencadenara un enorme avance en la investigación científica sobre el tema. Veamos algunas de las técnicas:

- Una técnica de baja complejidad es la **estimulación ovárica** mediante hormonas, la cual consiste en estimular el ovario para la maduración y el crecimiento de los folículos ováricos.
- En la **inseminación artificial intrauterina**, se introducen espermatozoides en el útero, ahorrándole el recorrido hacia el óvulo. Esta técnica se aplica en conjunto con la estimulación ovárica.
- Para la **fertilización in vitro** se extraen por medio de una punción óvulos maduros del ovario, se incuban con espermatozoides, y luego los embriones obtenidos se transfieren al útero.
- Otra técnica de fertilización *in vitro* consiste en la **inyección de un espermatozoide dentro del óvulo**. Luego de producida la fecundación, se transfiere el pequeño embrión al vientre materno.
- En casos extremos, en los cuales uno de los miembros de la pareja no puede producir gametos, es posible recurrir a los bancos de gametos.

La **reproducción asistida** es una alternativa para las parejas que no pueden concebir en forma natural.



Qué función tienen  
los ovarios



**L**a mayoría de los médicos del siglo XIX creía que durante el periodo menstrual la mujer padecía de debilidad: tenía que hacer reposo, no trabajar ni concurrir a la escuela. Ya en la segunda mitad de ese siglo, algunos médicos desarrollaron la siguiente hipótesis sobre el sangrado menstrual: "La sangre constantemente se acumula en el útero esperando un embarazo y, si esto no ocurre, la sangre se vuelve inútil y se elimina".

La primera investigación del sistema reproductivo femenino fue realizada por el ginecólogo vienes **Emil Knauer**, en 1890. A este científico le intrigaba cuál era la función de los ovarios. Comprobó que si se les extirpaban los ovarios a las hembras de los mamíferos, la menstruación desaparecía. **De este modo, surgió la idea de que los ovarios tenían influencia sobre la menstruación.**

A su vez, al trasplantar ovarios de animales desarrollados en hembras inmaduras, logró que estas desarrollaran características sexuales secundarias. Sugirió así la existencia de secreciones internas estimuladas por los ovarios.

Años más tarde, otros investigadores concluyeron que los ovarios segregaban misteriosos químicos que eran transportados a través de la sangre hacia ciertos órganos. Estos mensajeros llevaban órdenes que producían diversos efectos. Hacia 1905, los mensajeros fueron llamados *hormonas*.

El misterio de la menstruación finalmente se develó cuando luego de muchos estudios se llegó a la conclusión de que la mucosa uterina (hoy sabemos que es el endometrio) presenta modificaciones a lo largo del ciclo menstrual. Y que **es en los ovarios donde maduran y se liberan los óvulos**.

# LAS INFECCIONES DE TRANSMISIÓN SEXUAL

Existen infecciones de transmisión sexual (ITS) causadas por diversos tipos de agentes infecciosos (hongos, virus, bacterias y otros parásitos). Estos agentes generalmente se transmiten de una persona a otra por contacto sexual.

Hasta hace poco tiempo, las ITS se llamaban enfermedades de transmisión sexual o ETS. ¿Y por qué cambió este nombre? Veamos. Una persona enferma presenta síntomas. En cambio, estar infectado con un agente extraño a nuestro cuerpo significa que ese agente ha ingresado en él y podría causar una enfermedad. Es decir, **una persona infectada no necesariamente presenta síntomas**.

Algunas ITS pueden ser menos "preocupantes" o molestas que otras; sin embargo, no hay que descuidarse. Con algunas excepciones, la prevención es sencilla: abstinencia o **sexo seguro**, con personas sanas o con el uso de **preservativo**. Es importante saber que el preservativo, además de ser un método anticonceptivo físico, es el más eficaz a la hora de impedir la transmisión de las ITS. ¿Por qué? Está formado por materiales no porosos, como el látex, que frenan el flujo del esperma hacia el cuello del útero, y el avance de las secreciones vaginales en sentido opuesto, por lo que actúa como una barrera efectiva para la transmisión de microorganismos en alrededor del 99% de los casos.

A continuación analizaremos algunas **ITS**.

- **ITS causadas por hongos:** el ambiente propicio para el desarrollo de los hongos son los sitios cálidos y húmedos del cuerpo, como los genitales. La **candidiasis** es común en las mujeres, y es ocasionada por



Candida albicans.

un hongo, *Candida albicans*, que, al atacar la zona genital, produce comezón, irritación en la vulva y flujo vaginal abundante, con un olor característico. Los hombres la pueden portar y transmitir, pero no presentan síntomas.

- **ITS causadas por animales:** un ejemplo es la **pediculosis del pubis**, causada por unos artrópodos, las ladillas, que pueden medir 2 mm y se incrustan en la raíz de los vellos púbicos. Debido a que se alimentan constantemente de sangre, producen comezón e irritación en la piel de esa zona, donde la hembra deposita los huevos. Las ladillas, si bien no son tan peligrosas para el sistema reproductor como otras ITS, son altamente contagiosas por el contacto sexual.



La pediculosis del pubis es una ITS causada por pequeños animales parásitos llamados ladillas.

- **ITS causadas por protozoos:** la más común es la trichomoniasis, que afecta principalmente a las mujeres. Causada por *Trichomonas vaginalis*, esta infección produce irritación vaginal y ardor al orinar. Al igual que en la candidiasis, el varón puede ser portador asintomático, pero activo transmisor de la infección, la cual se trata con medicamentos específicos que atacan al protozoo.



Trichomonas vaginalis.

- **ITS causadas por bacterias:** estas ITS pueden tratarse con antibióticos, no obstante, pueden ser imperceptibles y, en algunos casos, cuesta detectarlas con exámenes médicos. Un tratamiento oportuno y el seguimiento de todas las recomendaciones médicas frente a la infección son necesarios para prevenir graves consecuencias en el futuro. Por ejemplo, una ITS bacteriana no tratada a tiempo puede derivar en esterilidad o puede ser transmitida por una mujer infectada a su hijo en el momento del parto. Un ejemplo es la **sífilis** causada por la bacteria *Treponema pallidum*. Esta bacteria produce ulceraciones en los genitales, seguidas de erupciones generalizadas en el cuerpo e inflamaciones de los ganglios. En fases avanzadas, puede causar trastorno mental por lesiones en el sistema nervioso y transmitirse de madre a hijo durante el embarazo. Otra ITS bacteriana es la **blenorragia**, conocida vulgarmente como gonorrea, cuyos síntomas son inflamación, molestias y secreciones purulentas en la zona genital.
- **ITS causadas por virus:** los virus no pueden ser "atacados" con antibióticos, sino con tratamientos más complejos. La ITS provocada por virus de mayor gravedad por su pronóstico y por la incidencia en la población es el **sida o síndrome de inmunodeficiencia adquirida**, cuyo agente transmisor es el VIH, o virus



**El lazo rojo es un símbolo internacional de lucha contra el sida** y apoyo y solidaridad a las personas que sufren de sida o son portadoras de VIH.



de la inmunodeficiencia humana. La **infección por VIH** se adquiere a través del contacto sexual, por la vía sanguínea, a través de la placenta o de la lactancia.

El virus puede ingresar al organismo y permanecer latente por un periodo de cinco a diez años. En este tiempo, infecta un tipo de células del sistema inmunológico, los linfocitos T, que son necesarias para defendernos de agentes patógenos. La consecuencia es la imposibilidad del organismo de defenderse ante la infección de otros microorganismos. Si bien hoy existen tratamientos farmacológicos que ayudan a mejorar la calidad y la expectativa de vida de los infectados, el sida todavía no es curable, por lo que la prevención del contagio es crucial. Una vez más, el uso correcto del preservativo es el único método eficaz para impedir el contagio por contacto sexual.

Otra ITS es causada por el **virus del papiloma humano (VPH)**. En realidad, existen más de cuarenta tipos

de VPH que pueden infectar las zonas genitales, la boca y la garganta de ambos sexos. En la mayoría de los casos no presenta síntomas y es posible que exista una eliminación natural del virus. Pero en ciertas ocasiones produce verrugas genitales. Si bien estas verrugas suelen ser benignas, algunas variantes pueden causar cáncer. Por eso es importante el control médico periódico.

◀ **La consulta al médico** es fundamental ante cualquier sospecha de ITS.



## Vale comprender

8. Hacé un listado con las infecciones de transmisión sexual que aparecen en el texto y elaborá un glosario por orden alfabético.
9. Explicá en una oración por qué las ITS causadas por virus son las más difíciles de tratar.

# LA SEXUALIDAD RESPONSABLE

En las páginas anteriores estudiaste algunas infecciones de transmisión sexual, los agentes que las producen y las formas de prevención. Ahora bien, ¿cómo podemos relacionar estos conceptos con la idea de la salud sexual y reproductiva?

Debido a que la sexualidad abarca todos los aspectos de la persona y a que involucra cuestiones del ámbito social y cultural (lo que compromete los valores que le dan sentido a la vida personal), es importante tomar conciencia sobre ciertos cuidados que cada uno debe asumir en lo que respecta a vivir la sexualidad para que esta pueda ser instancia de crecimiento y desarrollo, tanto de cada individuo como de la pareja.

En líneas generales, la **salud sexual** busca promover en los varones y las mujeres el desarrollo de una sexualidad sana, criteriosa, placentera, sin riesgos, a lo largo de todas las etapas de la vida. En este sentido, salud sexual es también procreación responsable.

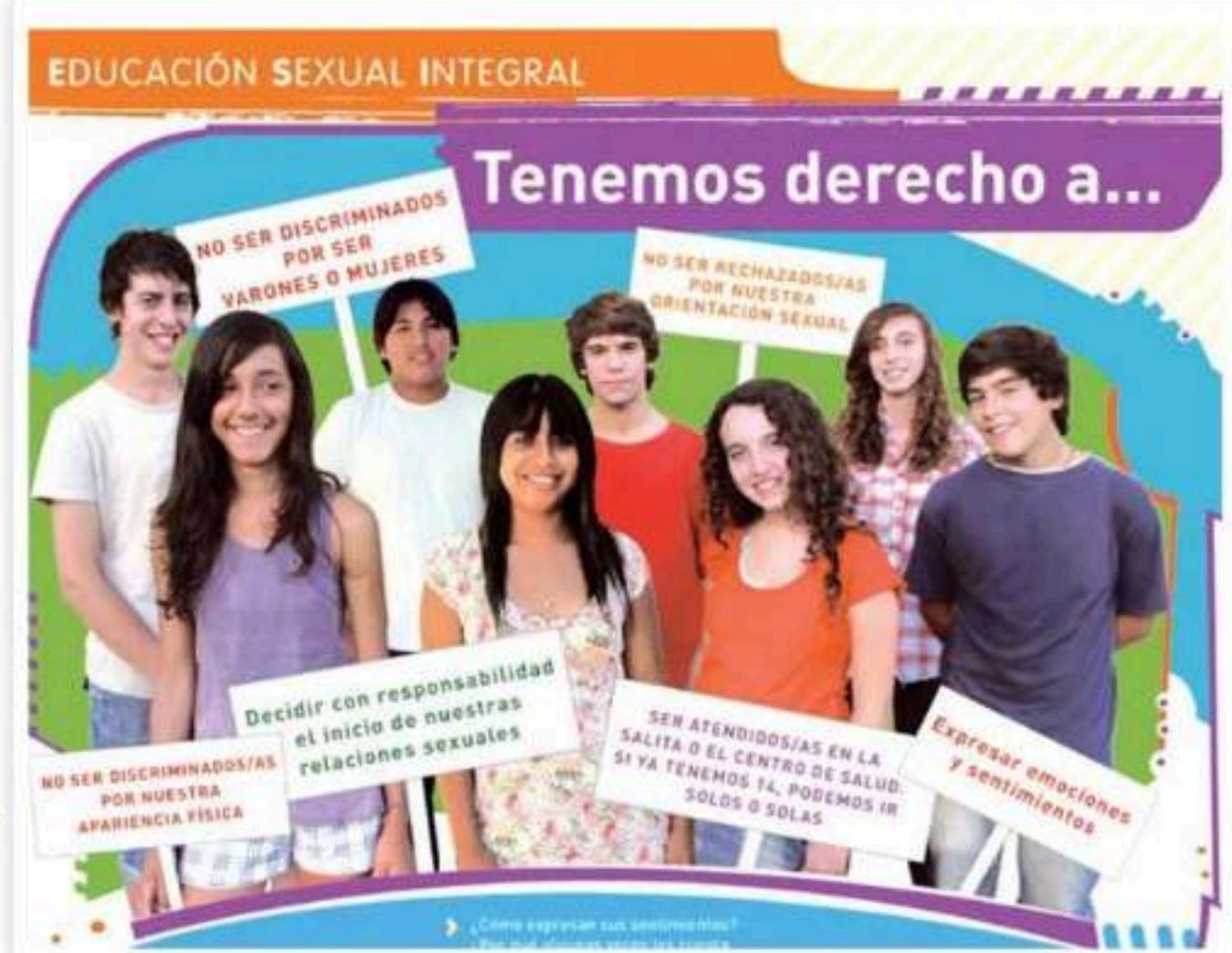
La **procreación responsable** abarca diferentes aspectos, tales como tomar decisiones sobre el propio cuerpo, la posibilidad de que cada pareja decida en qué momento tener hijos, así como la cantidad de hijos que quiera tener. Además, si estas decisiones son saludables, contribuyen a mejorar grandes problemáticas de la salud, por ejemplo, la mortalidad materna causada por embarazos a edades muy tempranas.

Para cumplir con estos objetivos, es de fundamental importancia brindar en las escuelas **educación sexual** para que esto contribuya al aprendizaje sobre el

cuidado del cuerpo, el autoconocimiento, la capacidad de autogobierno, la claridad de los valores en juego, la sexualidad y la importancia de reflexionar sobre la procreación responsable.

A tales fines, en nuestro país, el Congreso de la Nación sancionó en 2006 la **Ley 26.150 que creó el Programa de Educación Sexual Integral (ESI)**. Esta ley sostiene que todos los educandos tienen derecho a recibir educación sexual integral en los establecimientos educativos en todos sus niveles y en todas las jurisdicciones. Y entiende como educación sexual integral la que articula aspectos biológicos, psicológicos, sociales, afectivos y éticos.

Si bien el derecho a la salud sexual y reproductiva debe ser reconocido y ejercido por toda la población, preocupa de manera particular durante la adolescencia. Para la OMS, la adolescencia es el periodo en el cual este concepto requiere mayor atención por parte de los adultos. En este momento, el cuerpo de los jóvenes experimenta muchos cambios, hay nuevas sensaciones y el medio social ejerce una presión singular sobre aquellos. Por eso, resulta crucial una adecuada formación en educación sexual que implica lo biológico, lo psicológico, lo social y los valores propios de cada comunidad.



Folleto sobre el programa de Educación Sexual Integral extraído de la página oficial del Ministerio de Educación de la Nación.



## Vale comprender

10. Explicá en un párrafo cómo se relaciona el concepto de salud sexual con el de procreación responsable.
11. Volvé a leer el texto y explicá por qué se habla de educación sexual integral.

## PLANTEAR UNA HIPÓTESIS

- A continuación te mostramos un extracto del Manual del Vacunador del Ministerio de Salud de la Nación (2017). ¿Qué palabras no entendés del texto? Subrayalas y buscá su significado.
- ¿Qué preguntas te parece que se hicieron los investigadores sobre este tema?
- Teniendo en cuenta los resultados y las conclusiones que se detallan en el texto, ¿Qué respuestas o hipótesis habrán planteado?

*La vacuna contra el Virus del Papiloma Humano (VPH) fue incorporada al Calendario Nacional de Vacunación en el año 2011, para niñas de 11 años nacidas a partir del año 2000, con el propósito de disminuir la incidencia y mortalidad por cáncer cérvico-uterino (CCU). La infección persistente por tipos de VPH de alto riesgo oncogénico (especialmente VPH 16 y 18) es causa de diferentes tipos de cáncer en mujeres (CCU) y también en varones, como ser anal, perineal, perianal, peneano y orofaríngeo. Los tipos de VPH 6 y 11 son los causantes de más del 90% de las verrugas. Por eso, en el año 2014 se definió la transición de vacuna bivalente a cuadrivalente con el beneficio adicional de prevención de verrugas genitales. La Organización Mundial de la Salud recomienda incluir la vacunación en varones teniendo en cuenta que genera una reducción de la transmisión del virus, lo que contribuiría a la disminución del cáncer de cuello de útero, en mujeres, y a la prevención de las enfermedades asociadas al VPH en ambos géneros. Además, la vacunación en varones contribuye con la equidad de género, siendo ambos responsables de la transmisión del VPH por lo que deberían asumir la carga de reducir el riesgo de las enfermedades relacionadas, así como tener el mismo acceso a los beneficios directos de la vacunación.*



En el trabajo científico, primero se identifica el tema de investigación, por ejemplo: "La infección persistente por tipos de VPH es causa de diferentes tipos de cáncer". Luego se formula una **pregunta investigable** relacionada con ese tema: "¿A quiénes conviene aplicar la vacuna?". Finalmente se plantea una **hipótesis** o posible respuesta: "Se recomienda dar la vacuna contra el VPH tanto a mujeres como a varones".



## HORA DE HACER CIENCIA



- 12.** En grupo, relean la información sobre el VPH. Propongan preguntas y formulen hipótesis sobre la aplicación de la vacuna a partir de los once años. A continuación, imaginen una forma divertida que sirva para realizar una campaña de concientización sobre el tema.

### Elegí cómo resolver:

- Realizar un afiche para el aula.
- Elaborar un juego de preguntas y respuestas.
- Diseñar un crucigrama.

### Preguntas para tener en cuenta

- ¿Por qué es importante contar con una vacuna contra el VPH?
- ¿Por qué se considera que la vacuna está indicada para niñas de once años y no más grandes?
- ¿Por qué la publicidad dice "ahora también para varones"? ¿Cuál es la importancia de esto?

# LA SEXUALIDAD, UN ENFOQUE CULTURAL

En la primera página de desarrollo de este capítulo definimos la sexualidad como una construcción so-

cial, ¿te acordás? Según esta concepción, entonces, habrá distintas formas de entender la sexualidad según la época, la etnia cultural de una comunidad o los valores dominantes en la sociedad. Muchos o casi todos los aspectos de la sexualidad son influenciados por el entorno cultural. Veamos algunos ejemplos.

## ASPECTOS DE LA SEXUALIDAD

### Conformación de la pareja

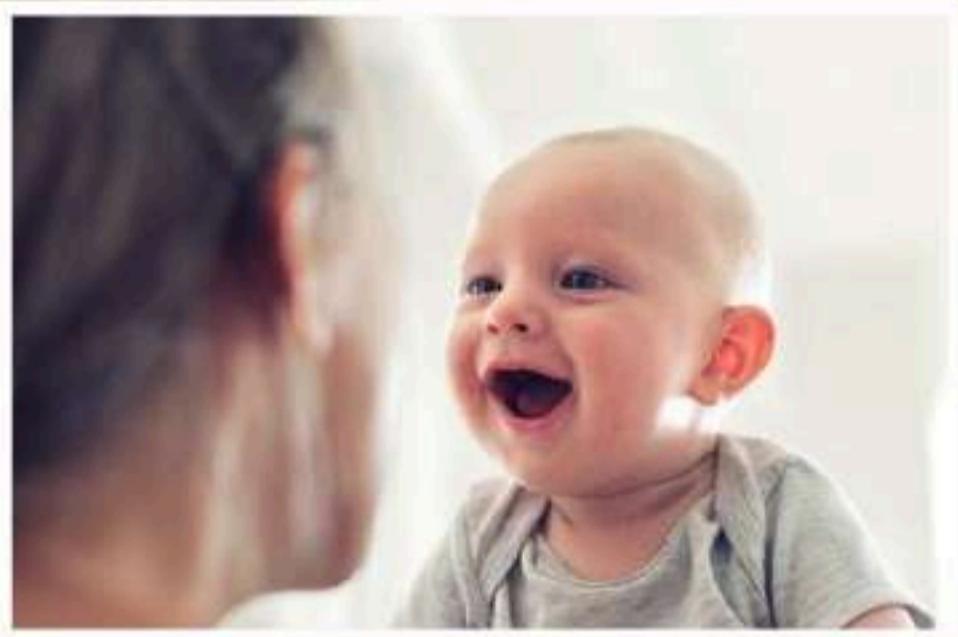
Es uno de los aspectos de la sexualidad que tienen una fuerte influencia cultural. La pareja característica es la monogámica, representada por la unión de un hombre y una mujer, o dos personas del mismo sexo (en algunos países se ha reconocido legalmente esta situación). Otros modos de unión son los polígamicos, como la unión entre un varón y varias mujeres.



La pareja monogámica es habitual en la cultura occidental.



En algunas culturas, la iniciación a la vida sexual o el arribo a la pubertad se enmarca en ceremonias o rituales de los que participa toda la comunidad.



Por diversos motivos que deben ser respetados, las personas pueden cambiar su género a lo largo de su vida.

### Identidad de género

El género o rol sexual es el significado que una sociedad le asigna al hecho de ser varón o mujer. Según esa manera de concebir la masculinidad y la feminidad, cada sociedad les asigna distintos roles a mujeres y varones. Ahora bien, las personas se pueden identificar o no con el género asignado, por eso, la identidad de género se considera un aspecto de la sexualidad. En nuestro país, la ley define la identidad de género como la vivencia interna e individual del género tal como cada persona la siente, la cual puede o no corresponder al sexo asignado al momento del nacimiento, incluyendo la vivencia personal del cuerpo.

### La madurez sexual

Desde el punto de vista biológico, hay un momento en la vida del varón y de la mujer en que el organismo pasa por una serie de cambios asociados con la adquisición de la capacidad de reproducirse. Este momento es la pubertad, que, como vimos, se inicia entre los diez y los catorce años, y es la etapa a partir de la cual cada sexo comienza a adquirir sus caracteres propios. La entrada a esta etapa tan importante en la vida de las personas suele estar marcada, según las épocas y las culturas, por distintos ritos.

## PENSAMIENTO crítico



**13.** Leé, analizá y luego respondé:

*La sexualidad no posee un único sentido. Es compleja y el comportamiento sexual humano viene de la mano de la cultura en donde este se encuentra inmerso. Por ejemplo, los **Mehinaku** son una etnia indígena de Brasil. Se trata de un grupo que fue poco alterado después de la conquista, ya que la colonización no llegó hasta los lugares donde habitaban. Muchos de sus rasgos culturales pueden parecernos inicialmente extraños.*

*Solo analizar su mitología nos permite ver la distancia entre su cultura y la nuestra. Para los Mehinaku, a lo largo de la historia han existido diversas humanidades. Las humanidades, según ellos, han ido siendo destruidas por el Sol en diversos episodios. Según esta creencia, la humanidad actual, tal como la conocemos nosotros, sería una de estas tantas humanidades que han existido.*

*¿Y qué sucederá con la sexualidad? Los Mehinaku poseen una cultura sexual étnica de carácter distintivo. Creen que la menstruación de las mujeres daña a los hombres. ¡Pero no solo eso! También consideran que perjudican las cosechas, a las figuras sagradas y otras representaciones emblemáticas de la tribu.*

*Debido a esta creencia es que las mujeres son mantenidas separadas de los hombres durante el desarrollo de su periodo menstrual. Además, una vez finalizado este periodo deben someterse a una purificación.*

*¡Pero cuidado! Más allá de la instancia de separación, algunas investigaciones aducen que esa separación de la población durante el periodo menstrual femenino podría tener alguna intención de permitir a la mujer cierto descanso de su rutina diaria, muy exigente durante el resto del tiempo. Además, podría verse como una forma de establecer vínculos con otras mujeres durante ese intervalo de tiempo.*



- a)** ¿Te parece llamativa esta forma de vivir de los Mehinaku? ¿La ves similar a lo que sucede en nuestra cultura? Explicalo.
- b)** ¿Qué opinión te merece el trato hacia las mujeres en ese grupo étnico? La cultura a la que pertenecés ¿influye tu parecer? ¿Por qué?
- c)** ¿Te parece que es importante respetar la cultura sexual de las diversas agrupaciones humanas por más diferentes que sean de las nuestras? ¿Por qué?

**14.** Elaborá un mural digital en el cual se vuelquen tus investigaciones acerca de culturas sexuales que para nosotros pueden ser consideradas "extrañas" vistas desde nuestra perspectiva. Para elaborar el mural podés usar Lino.it.



**15.** Según las ideas más aceptadas sobre género (estereotipos de género), hay características que se asocian habitualmente con la mujer y otras con el varón. Analizá los siguientes ejemplos y señala con una **M** los que se consideran propios de las mujeres, y con una **V**, los propios de los varones.

- Se encargan del cuidado del hogar y de los hijos.
- Les encantan el fútbol y los autos.
- Realizan trabajos duros y de esfuerzo físico.
- No usan ropa de color rosa.
- Les gusta jugar con muñecas.

- a)** Compartí tus respuestas en clase, y entre todos piensen otros ejemplos.
- b)** ¿Pensás que estos estereotipos influyen en la desigualdad de derechos, en la discriminación y la violencia? Debatilo en clase y luego anotá las conclusiones a las que llegaron entre todos.

**16.** Podés realizar una wiki para expresar las opiniones del grupo sobre los estereotipos de género usando Wikispaces u otro recurso que conozcas.



# LA PLANIFICACIÓN DEL EMBARAZO

Hemos estudiado que son varios los temas que se deben encarar de forma responsable e interdisciplinaria para la promoción de la salud sexual y reproductiva. También vimos que es necesaria la prevención para evitar contraer ITS, y, además, que cada cultura tiene una concepción diferente sobre la sexualidad y la posibilidad de reproducción. Uno de los temas relevantes que se destacan es que las personas deben contar con la información sobre los métodos disponibles de anticoncepción, de modo tal que elija, de común acuerdo con su pareja, cuándo transformarse en padres, así como la cantidad de hijos que desea tener, lo que da lugar a una procreación responsable.



La decisión de ser padres no es sencilla. Si bien todas las personas gozan de este derecho, esto debe planificarse con la información y la madurez emocional y social necesarias. Hoy contamos con diversos **métodos anticonceptivos**, que impiden o reducen significativamente las posibilidades de fecundación, y cuya efectividad depende de características propias y de su correcto uso. En esta página te presentamos algunos. Como vimos, el control de la natalidad es un tema que debe ser tratado en la pareja para llegar a un acuerdo mutuo, respetando sus convicciones religiosas. Ambos tienen que sentirse cómodos y seguros con el método elegido. El consentimiento sobre el uso de cualquiera de estos métodos debe ser reciproco. Tené siempre presente que la elección de un método anticonceptivo implica un acto de responsabilidad para con vos mismo y para con tu pareja.

Es conveniente que la elección de un método anticonceptivo surja de la consulta con un médico o médica ginecóloga. Dado que los médicos hacen un juramento de confidencialidad en cuanto a todo lo que se pregunta y se habla en la consulta, no dejes de preguntar nada. Tené en cuenta que puede ayudarte, hasta cierta edad, conversar este tema con tus padres o familiares.

## LOS MÉTODOS NATURALES

Se basan en la abstinencia periódica, a partir del reconocimiento del ritmo biológico del organismo (son los únicos métodos aceptados oficialmente por la religión católica apostólica romana y el judaísmo ortodoxo, entre otras religiones).

- **Método del ritmo ovulatorio:** consiste en la abstinencia de relaciones sexuales durante el período ovulatorio del ciclo menstrual. Se debe controlar la temperatura rectal (aumenta 0,5 °C durante la ovulación) y observar el moco cervical (más líquido y claro durante los días fértiles). No obstante, la temperatura puede estar condicionada por otros factores, como un proceso inflamatorio; además, no siempre el flujo presenta este aspecto tan marcado, y este método puede fallar.
- **Método del calendario:** consiste en practicar la abstinencia durante la época fértil de la mujer (en un ciclo de 28 días, desde el día 10, a partir del inicio de la menstruación, hasta el día 17). La desventaja de este método es, muchas veces, la irregularidad del ciclo menstrual.



## LOS MÉTODOS DE BARRERA

Actúan impidiendo el encuentro entre el óvulo y el espermatozoide. Como vimos, son los más eficaces para evitar la transmisión sexual de diversas infecciones.

- **Preservativo masculino:** es un protector de látex utilizado para cubrir el pene durante la relación sexual. Retiene el esperma eyaculado y evita que se deposite en la vagina.



Preservativo masculino.

- **Preservativo femenino:** se introduce en la vagina y tiene la misma finalidad que el preservativo masculino, aunque su uso no es tan frecuente.

Preservativo femenino. ➤



## LOS MÉTODOS QUÍMICOS

Consisten en la utilización de sustancias químicas que anulan la funcionalidad de los espermatozoides o impiden la ovulación. Pertenece a este grupo los espermicidas, las píldoras anticonceptivas y el anticonceptivo subdérmico, también llamado implante.

Espermicida. ➤



◀ **Las píldoras anticonceptivas** son pastillas con hormonas que impiden la ovulación.



## LOS MÉTODOS INTRAUTERINOS

Se considera que su acción es impedir que los espermatozoides lleguen a destino.

- **Dispositivo intrauterino (DIU):** es un dispositivo de plástico y cobre que el médico coloca en el útero y puede quedar allí cerca de tres años. Luego debe retirarse o reemplazarse.



- **Sistema intrauterino:** También se conoce como dispositivo intrauterino hormonal. La diferencia con el DIU es que libera una hormona en cantidades mínimas que ejerce un efecto anticonceptivo.

## LOS MÉTODOS QUIRÚRGICOS

Son cirugías que provocan una esterilización permanente, como la ligadura de trompas y la vasectomía. En el primer caso, se bloquean las trompas de Falopio, con el fin de impedir que el óvulo pase hacia el útero o que los espermatozoides se encuentren con él. En el segundo caso, se seccionan los conductos deferentes, para que los espermatozoides no puedan salir con la eyaculación.

## Evaluados

- 17.** Revisá tus respuestas de las actividades de los Vale comprender. Chequeá que estén correctas intercambiándolas con un compañero o compañera.
- 18.** Con el mismo compañero o compañera, discutan qué conceptos les resultaron nuevos. Acuerden cuáles son los más importantes para tener en cuenta.
- 19.** Preparen carteles con las definiciones y armen con ellos una lámina en papel que puedan colgar en el aula.
- 20.** Pueden agregar imágenes que acompañen las definiciones. Para tal fin pueden utilizar un editor de imágenes que los ayude, como Be funky.



Audioresumen

Buscalos en el

**Espacio TIC**



# 9

# Las leyes de la herencia



Los parecidos físicos que existen entre padres e hijos o entre familiares son producto de la transmisión de información que llevamos en el ADN de nuestras células

## LA TRANSMISIÓN DE CARACTERÍSTICAS

Frecuentemente observamos que los hijos se parecen a los padres, los hermanos entre si, e incluso que algunos rasgos son particulares de una familia. Hoy sabemos que esto se debe a que las características de los seres vivos se heredan.

Ya alrededor del 410 a. C., Hipócrates, un médico de la antigua Grecia, propuso una explicación teórica sobre la transmisión de las características de padres a hijos, a la que más tarde se llamó **pangénesis**. Según esta teoría, cada parte del cuerpo produce una especie de "semilla" que porta sus características esenciales. Estas semillas se reúnen en los órganos reproductores y se transmiten a la descendencia.

Más tarde, los preformacionistas plantearon la existencia de los homúnculos, como viste en capítulo 5, pero con la invención del microscopio en el siglo xvii, sus ideas perdieron vigencia. Finalmente, no había un consenso entre los científicos, pero todos estaban de acuerdo en que características como el color de los ojos se heredaban de los padres. Uno de los primeros en intentar explicar el fenómeno de la herencia mediante experimentos fue **Gregor Johann Mendel**, un naturalista y monje austriaco.

“Antes pensábamos que nuestro futuro estaba en las estrellas. Ahora sabemos que está en nuestros genes”.

James D. Watson (n. 1928). Biólogo molecular estadounidense, descubridor del ADN.



## LOS TRABAJOS DE MENDEL

Para sus experimentos, Mendel eligió dos variedades de una planta que crecía fácilmente: la arveja o *Pisum sativum*. Las plantas elegidas diferían una de otra en características fácilmente observables: el color y la textura de la semilla, la longitud del tallo, la posición y el color de las flores, el color y el aspecto de la vaina. A estos rasgos o características los denominó **caracteres biológicos**. Además, cada uno de ellos presentaba variedades, por ejemplo, el color de las semillas podía ser amarillo o verde.

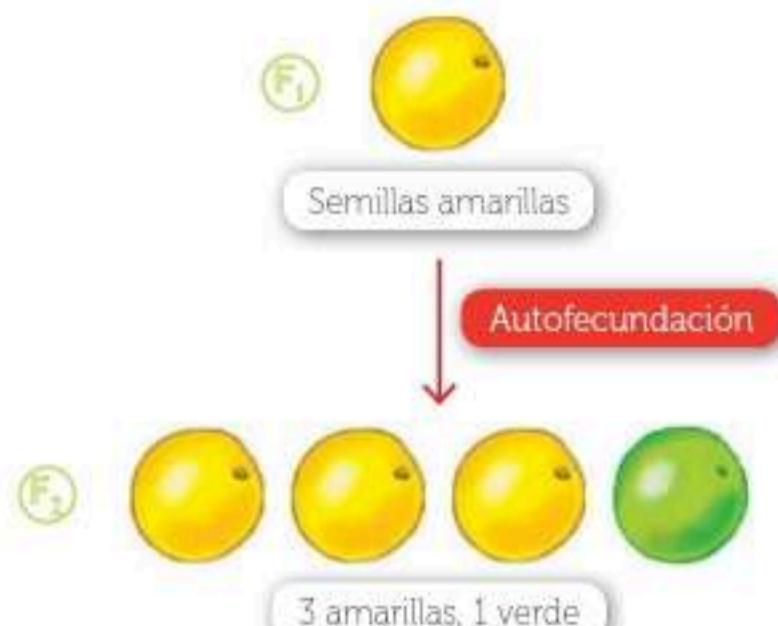
### EXPERIMENTOS CON UNA SOLA CARACTÉRISTICA

Para dar inicio a sus trabajos, **cruzó dos variedades de plantas de arvejas**: una de semillas amarillas y otra de semillas verdes. Luego de un tiempo obtuvo la descendencia o plantas hijas de la **primera generación filial (F<sub>1</sub>)** y se sorprendió al descubrir que todas las semillas que se originaban eran de color amarillo. ¿Qué habría pasado con el color verde?



Esto llamó mucho la atención de Mendel y, por eso, decidió realizar un segundo experimento, pero esta vez dejó que los descendientes (**F<sub>1</sub>**) del primer experimento se autofecundaran (es decir que se cruzaran flores de la misma planta). Los resultados fueron contundentes: la

variedad de semilla verde volvía a aparecer en la **segunda generación filial (F<sub>2</sub>)**. Entonces postuló que debía existir "algo" dentro de los individuos que determinaba cuál será la variedad observable de cada carácter biológico en un individuo. A ese "algo" lo llamó **factor hereditario**.



Mendel no solo planteó la existencia de un factor que se transmitía de generación en generación, sino también que cada individuo tenía dos de esos factores, que se heredan uno de cada progenitor. Al ver sus resultados y luego de realizar este análisis, planteó que determinadas características dominan frente a otras. En su ejemplo, el color amarillo es **dominante**, mientras que el "color verde" es **recesivo** y permanece oculto. En el único momento en que el color verde recesivo se manifiesta es cuando el descendiente presenta sus dos factores hereditarios recesivos (de color verde).



Según Mendel, el carácter "color de la flor" podía presentarse en la variedad roja si la planta contenía el factor hereditario para el color rojo, o en la variedad blanca si el factor era de color blanco.

## EXPERIMENTOS CON DOS CARACTERÍSTICAS

En su teoría de la herencia, Mendel también argumenta que **cada individuo posee muchísimos factores que se transmiten de generación en generación**. ¿Cuántos? Tantos como características heredables tenga. Por eso, para continuar con sus investigaciones, se dedicó al análisis de la herencia, pero ahora para dos características.

Mendel había visitado agricultores de la región, y había encontrado que tenían las semillas de arveja clasificadas; vio que para cada característica particular había dos formas alternativas. Por ejemplo, había semillas verdes y semillas amarillas; había lisas y rugosas.

Veamos cómo podemos razonar este problema: Mendel realizó la cruce de plantas de semillas amarillas y lisas con plantas de semillas verdes y rugosas. Observó que el 100% de las plantas hijas ( $F_1$ ) presentaban semillas amarillas y lisas, tal como cabía esperar por sus experimentos anteriores.



Seguidamente dejó que se autofecundaran las plantas obtenidas en la  $F_1$ , y obtuvo una segunda generación filial ( $F_2$ ) en la que aparecían plantas que presentaban todas las combinaciones posibles y siempre en la misma proporción. De cada 16 semillas, 9 eran amarillas lisas, 3 amarillas rugosas, 3 verdes lisas y 1 verde rugosa. La proporción que obtenía era 9:3:3:1. Entonces, repitió los experimentos con plantas que se diferenciaban en otros dos caracteres (por ejemplo, de tallo alto y flores de color púrpura, y de tallo enano y flores de color blanco). En todos los cruces obtuvo la misma proporción en los resultados: 9:3:3:1. Esto hizo pensar a Mendel que **cada factor se hereda de forma independiente** en relación con los demás, y puede combinarse con los otros originando caracteres que no estaban presentes en la generación parental.



## EL DISEÑO DE LOS EXPERIMENTOS

Mendel implementó una forma novedosa de realizar experimentos para su época:

- **Utilizó líneas puras.** Las plantas que son líneas puras, al autopolinizarse, producen una descendencia igual, de la misma variedad, que se mantiene generación tras generación. Por ejemplo, una planta que tiene flor roja producirá plantas con flores rojas.



- **Realizó polinizaciones artificiales.** Seleccionó siete caracteres, y en cada cruzamiento se concentró solo en uno o dos a la vez.
- **Estudió la descendencia a lo largo de varias generaciones.** De esta manera, pudo observar a lo largo del tiempo la transmisión de los caracteres elegidos.
- **Analizó los resultados de los cruzamientos de manera cuantitativa.** Pudo clasificar los descendientes, contarlos y establecer relaciones entre ellos. Obtuvo, así, proporciones numéricas fáciles de interpretar.

# TODO guna empezó por una pregunta



Cómo pueden interpretarse los resultados de Mendel



Gregor Johann Mendel (1822-1884) es considerado el **padre de la genética moderna**. ¡Sus ideas revolucionaron el mundo científico! A partir de sus experimentos fue capaz de desarrollar **una teoría de la herencia** mucho antes de que se descubrieran los cromosomas y se comprendiera su comportamiento.

Mendel vivió una infancia humilde en una aldea de la actual República Checa. A los 21 años ingresó en un monasterio agustino en la ciudad de Brünn. En 1857 comenzó sus famosos experimentos con la planta del guisante (la conocida arveja) en un pequeño jardín y proyectó cuidadosamente cada experimento con el fin de descubrir la forma en que se transmitían los caracteres heredables.

En 1866 publicó los resultados de sus experimentos en la revista de la Sociedad de Ciencias Naturales de Brünn. Teniendo en cuenta que en ese momento se carecía de conocimientos acerca de la naturaleza del ADN y de los genes, sus trabajos obtuvieron poca repercusión científica. Años después sus postulados constituyeron las **leyes fundamentales de la herencia**.



## Postulados de la primera ley

- Las plantas de la primera generación obtenidas por el cruzamiento de dos plantas que difieren en un solo carácter (flores blancas x flores púrpuras) originan individuos que se parecen a uno de los progenitores. A esa característica que se manifiesta en las plantas de la F1 se la denomina "carácter dominante" y a la que no se manifiesta, "carácter recesivo".
- Las características enmascaradas u ocultas en la F1 reaparecen en la F2 en una proporción de 1/4. Al volver a cruzar entre sí plantas obtenidas de la primera generación F1, observó que se obtiene un 75% de plantas con flores púrpuras y un 25% con flores blancas. La proporción obtenida 3:1 en la F2 lo llevó a pensar que **los factores responsables de la herencia se encuentran de a pares y se separan solo al formarse las células sexuales o gametos**.

## Postulado de la segunda ley

- Al analizar en simultáneo dos características, obtuvo distintas combinaciones, y postuló así que **las variantes de estos caracteres se heredan de forma independiente unos de otros**.

# LA TEORÍA CROMOSÓMICA

A finales del siglo XIX, muchos investigadores estaban convencidos de que la información hereditaria estaba contenida en el núcleo de las células, según lo había anticipado Mendel.

En la medida en que se fue perfeccionando el instrumental óptico (microscopio), las observaciones fueron cada vez más precisas. Así se pudieron reconocer en el núcleo unas estructuras muy particulares que cambiaban de forma. ¿Qué eran? Los **cromosomas**. Con el tiempo sabriamos que eran efectivamente los que contenían los factores de Mendel.

En 1902 entró en escena una nueva hipótesis, basada en el rol de los cromosomas en la herencia, de la mano de Walter Sutton y Theodor Boveri. Lo que llamaba la atención de los científicos y daba indicios de que la herencia estaba "contenida" en los cromosomas era, en primer lugar, el modo en que estos se comportaban durante la división celular, similar a lo que había propuesto Mendel para sus factores. Esta hipótesis fue demostrada en 1933 por Thomas Morgan y fue llamada **teoría cromosómica de la herencia**.

## LOS EXPERIMENTOS DE BOVERI Y SUTTON

Theodor Boveri era un embriólogo alemán que investigó la división celular. Realizó experimentos con los óvulos de una especie de erizo de mar a los que les extrajo los núcleos. Luego realizó la fecundación de estos óvulos sin núcleo con los espermatozoides de

una especie distinta de erizo de mar. Los resultados fueron embriones con características biológicas idénticas a su progenitor masculino, evidencia de que el control de la herencia se localizaba en el núcleo.

Casi al mismo tiempo y en forma independiente, el médico genetista estadounidense Walter Sutton llegó a la conclusión de que dentro de cada núcleo celular los cromosomas se encuentran de a pares: uno procede del gameto femenino y otro del gameto masculino. Sutton los denominó **cromosomas homólogos**, ya que los cromosomas de este par eran similares entre ellos en su forma, tamaño e información de los caracteres biológicos. Esto convalidaba las leyes de Mendel.

## LOS EXPERIMENTOS DE MORGAN

Alrededor del año 1910, el genetista estadounidense Thomas Hunt Morgan eligió para sus experimentos la mosca de la fruta cuando descubrió una mosca de ojos blancos entre la mayoría que tenía ojos rojos.



La mosca de la fruta presenta varias ventajas para experimentar: es de fácil manipulación, se reproduce rápido, deja numerosa descendencia y los machos se distinguen fácilmente de las hembras.

Decidió cruzar una hembra que tenía ojos rojos con un macho con ojos blancos. Así obtuvo su primera generación filial (F1) de moscas de ambos sexos, todas con ojos rojos. Según las leyes mendelianas, el rojo era el color de ojos dominante y el blanco era el recesivo.

Continuó su experimento cruzando los descendientes de F1 para obtener la segunda generación filial (F2). Los resultados obtenidos fueron los esperados: la probabilidad era encontrar un 75% de las moscas con ojos rojos y solo un 25% con ojos blancos (proporción 3:1).

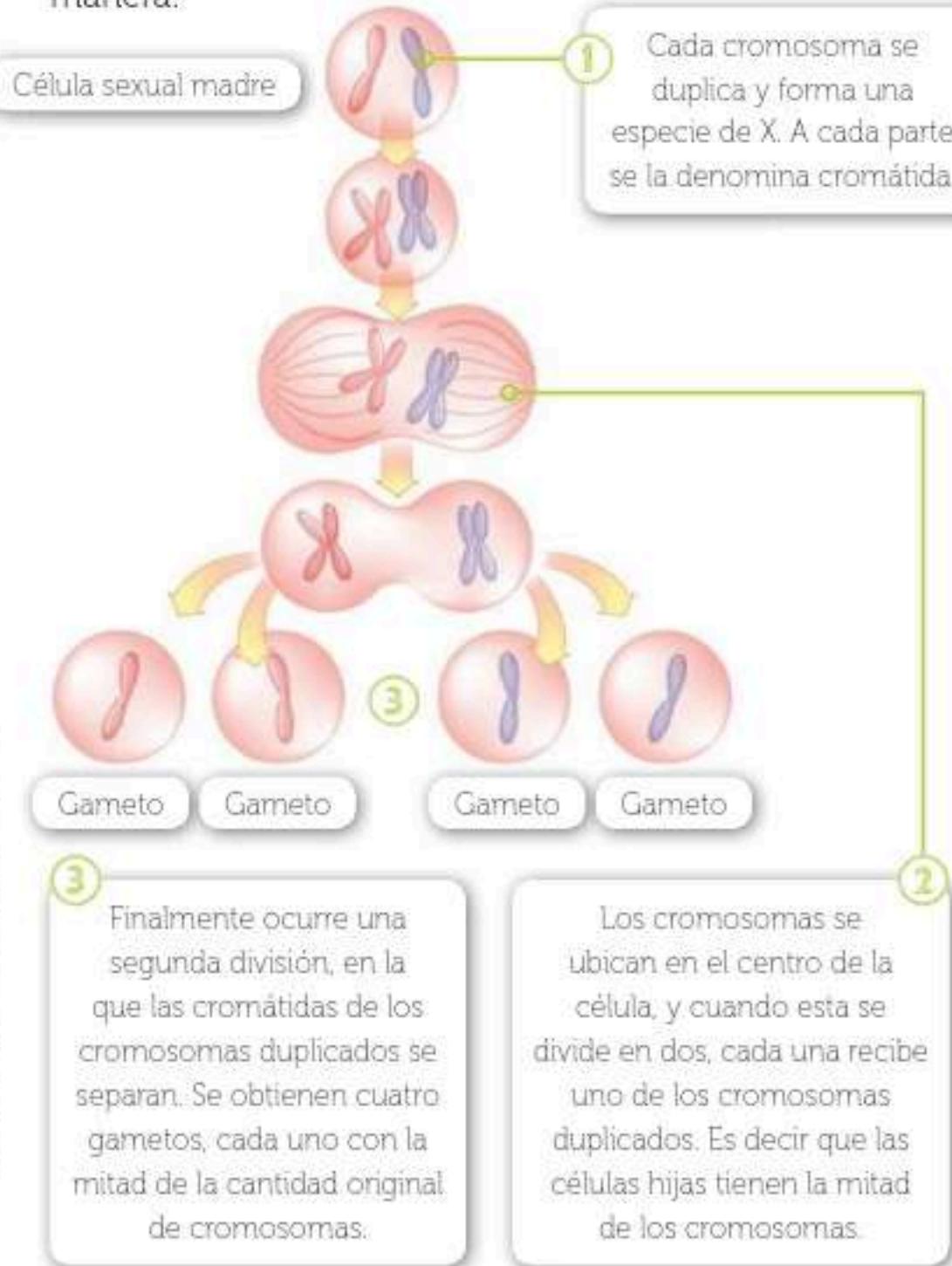
Gracias a sus resultados, Morgan no solo logró validar las leyes de Mendel y comprobar los resultados de Boveri y Sutton, sino que además obtuvo el Premio Nobel de Fisiología y Medicina en 1933 al demostrar que los **cromosomas eran efectivamente los portadores de los "factores hereditarios"** entre generaciones.



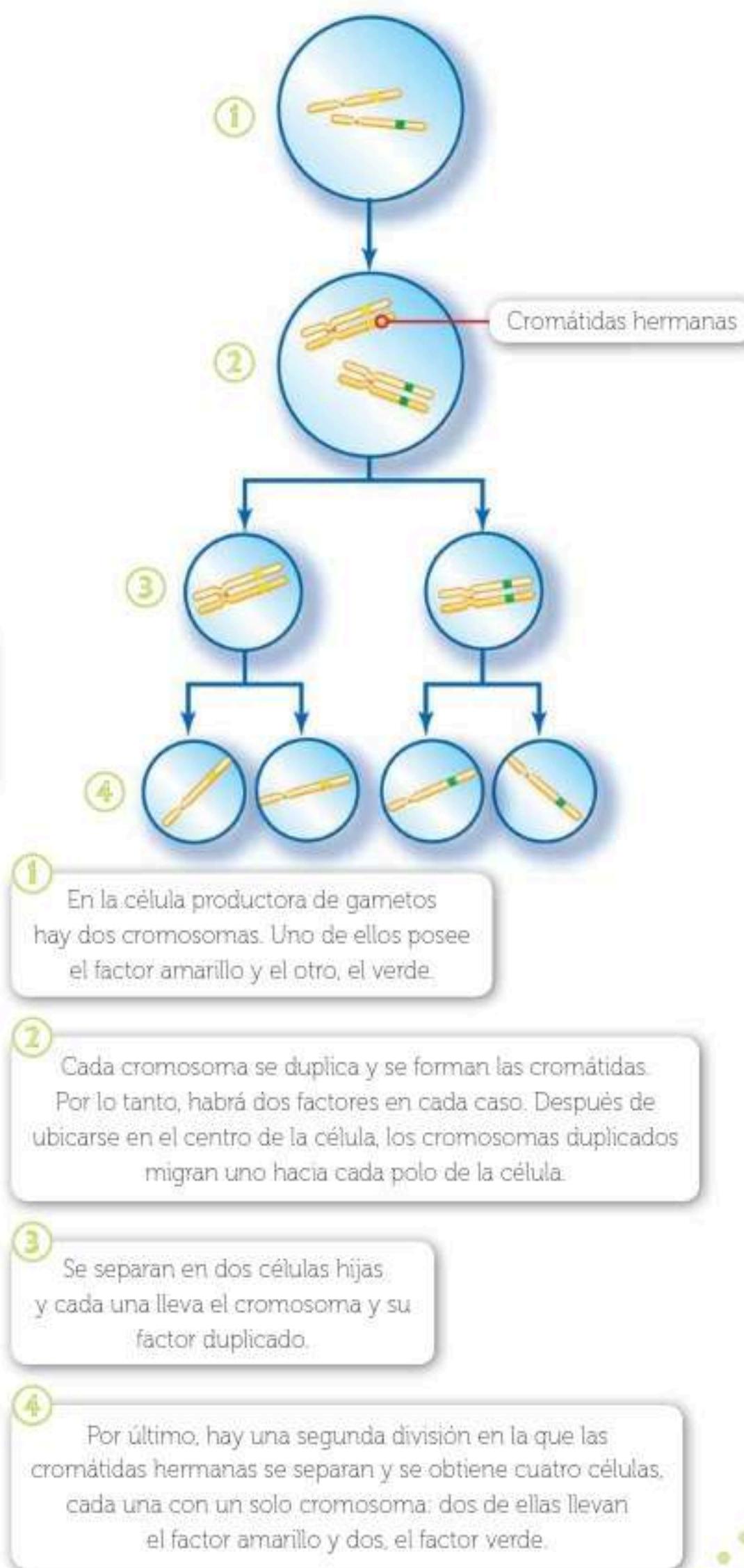
Walter Sutton.

# LA MEIOSIS

Sabemos que a través de la reproducción sexual se originan individuos que presentan características de ambos progenitores. Y que la información sobre la herencia que se transmite a los descendientes se localiza en los cromosomas. Ahora bien, cada especie tiene una cantidad determinada de cromosomas en el núcleo de sus células; en nuestra especie, la humana, son 46. En el capítulo de reproducción estudiaste que, para mantener la cantidad de cromosomas constante, las células reducen su material genético a través de divisiones. Esto es así porque, para que se origine un nuevo individuo, es preciso que se unan los gametos de ambos progenitores durante la fecundación. Entonces, si no existiese una reducción de la cantidad de cromosomas previa a la fecundación, el cigoto resultante tendría 92 cromosomas, y así seguiría incrementándose sucesivamente la cantidad. Sin embargo, esto no sucede. Con el uso del microscopio se pudo observar que, a través de la **meiosis**, algunas células somáticas o del cuerpo ubicadas en las gonadas (llamadas células sexuales madre) generan los gametos que llevan la mitad de la cantidad de cromosomas, o sea, 23. Podemos esquematizarlo de la siguiente manera:



Cuando un gameto femenino de la F1 se une con un gameto masculino se forma el cigoto, que cuenta con la misma cantidad de cromosomas que la célula madre (46), es decir, se mantiene constante la cantidad de cromosomas de la especie. El anterior esquema resume así los pasos de la meiosis que explican la conservación de la cantidad de cromosomas en cada especie. El siguiente esquema te permitirá analizar cómo se separan los "factores", tal como lo expresan las leyes de Mendel.



## CONSECUENCIAS DE LA MEIOSIS

Volvé a mirar la ilustración de la página anterior. En ese caso estaba exemplificado que para un solo factor (color de la semilla) hay dos tipos de gametos posibles; en este caso, los que llevan el factor amarillo y los que llevan el factor verde. Pero Mendel, en sus conclusiones, argumentó que cada individuo posee muchísimos factores que se transmiten de generación en generación. Entonces, si analizamos la meiosis para más de una característica, siguiendo con el ejemplo del color de las semillas (amarillo o verde) y su textura (rugosa o lisa), encontramos que hay cuatro posibilidades de gametos. Por lo tanto, la **meiosis es un mecanismo que, además de generar gametos, produce diversidad entre ellos.**

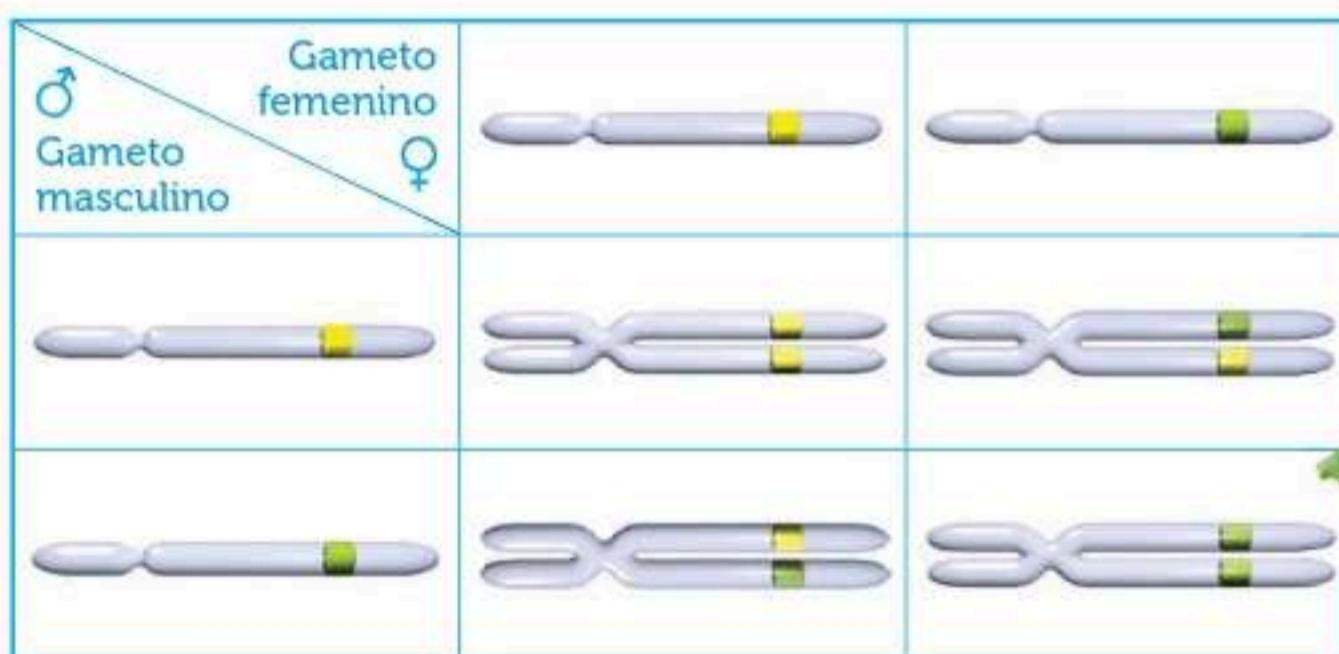
Mendel se dio cuenta de que los factores hereditarios ("genes") se separan cuando se forman los gametos, pero además los dos alelos de un gen se separan independientemente de cómo lo hacen los alelos del otro gen. Luego vuelven a unirse en la fecundación, lo cual produce nuevas combinaciones. Esto constituye –como

vimos– la segunda ley de Mendel o ley de la segregación (o distribución) independiente.

## EXCEPCIONES DE LAS LEYES DE MENDEL

Los nuevos análisis genéticos hicieron necesaria una revisión de las conclusiones de Mendel. Según él, siempre el alelo dominante determinaba el aspecto (fenotipo) del individuo, y el alelo recesivo solo se expresaba en ausencia del dominante. Sin embargo, hoy se conocen varios tipos de herencias. Veamos algunas.

En la **dominancia intermedia**, el alelo dominante no logra imponerse completamente sobre el recesivo. Por ejemplo, en algunas flores, al cruzar plantas de flores rojas con plantas de flores blancas, se obtienen flores de un color intermedio: rosa. En la **codominancia**, ambos alelos se manifiestan. Por ejemplo, si se cruzan dos plantas de achira, una con flores amarillas y otra con flores rojas, el resultado es una flor amarilla con manchas rojas. Esta situación se da también con el pelaje de perros y gatos.



▲ **Cuando se resuelven problemas de herencia**, la manera más fácil de representar las cruzas de individuos es a través de un cuadro de doble entrada llamado cuadro de Punnett. En una entrada se colocan los alelos que aportan los gametos masculinos y en la otra, los gametos femeninos. Luego se completa cada casillero con la combinación de ambos gametos. Se analiza cada casillero en función de los alelos que posee y se determina cuáles son las características observables de ese individuo (su fenotipo). Al finalizar, se cuentan los fenotipos iguales que aparecen, y se expresa como probabilidades. Mirá el cuadro para entender mejor.



### Vale comprender

1. Identificá en el texto la frase que explica cuál es la función que cumple la meiosis.
2. Explicá en una oración por qué es necesaria la meiosis.
3. Completá la siguiente oración: Las divisiones celulares que ocurren durante la meiosis permiten la distribución de los ..... de cada .....

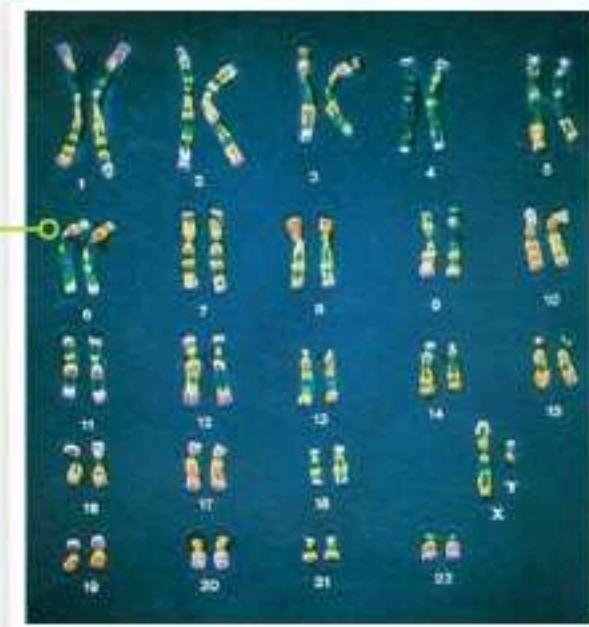
# LA GENÉTICA

En los tiempos en que Mendel realizó sus experimentos, no se conocía ni la estructura del ADN ni su modo de acción. Tampoco se conocía muy bien el papel del núcleo (de las células eucariotas) en la división celular. Todo esto es lo que hace aún más asombroso que haya arribado a las leyes que, como vimos, predicen de alguna manera el proceso de meiosis.

Mendel demostró que los caracteres hereditarios estaban determinados por factores independientes, que se transmitían de generación en generación.

Hoy sabemos que esos factores son **genes**, fragmentos de ADN que contienen la información necesaria para determinar un carácter hereditario. Y que cada gen se encuentra localizado dentro de un cromosoma.

El examen microscópico de cada cromosoma permite identificar y ordenar todos los pares. En el caso de una célula del cuerpo humano, el par 23 corresponde a los cromosomas sexuales que juntos determinan el sexo biológico.



En la foto podés observar el conjunto de cromosomas extraídos de una célula de un ser humano, ordenados de a pares según la forma y el tamaño. Esta imagen representa el cariotipo, que es la dotación completa de cromosomas que tiene cada especie.

En nuestro caso, todos los seres humanos presentamos 23 pares de cromosomas. A estos cromosomas de a pares se los llama **homólogos**, y son los que se enfrentan y se separan durante las divisiones celulares.

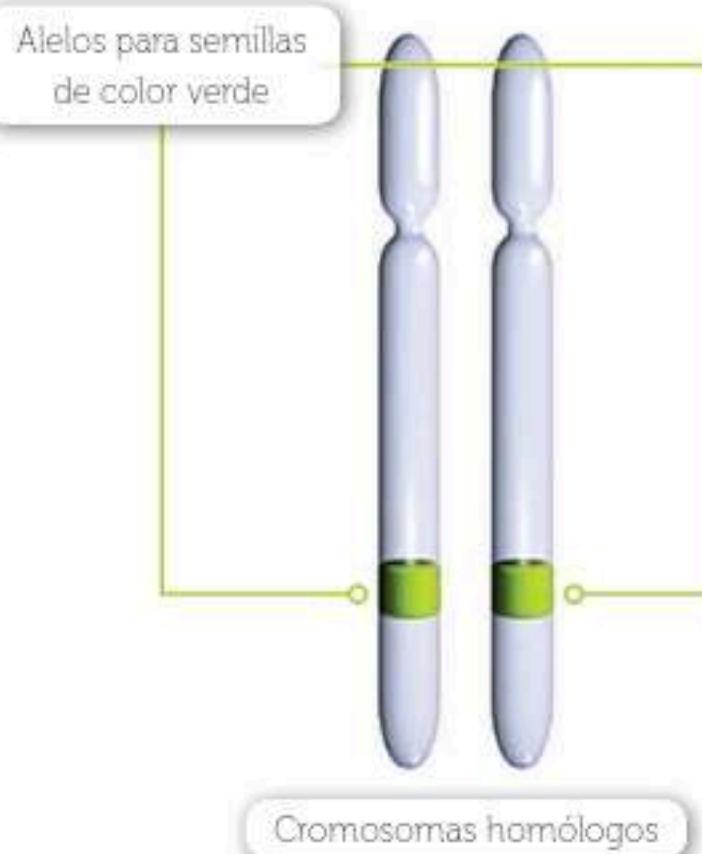
En cada cromosoma puede haber cientos de genes, cada uno con información para una característica distinta. Al conjunto de genes que posee un individuo y que ha heredado de sus progenitores se lo llama **genotipo**.

Mientras al conjunto de características físicas (aspecto), conductuales, etc., que se expresan sobre la base del genotipo y el ambiente se lo denomina **fenotipo**.

Como vimos en el capítulo 3, el fenotipo es el resultado de la información de los genes y la intervención del ambiente, por lo que puede variar a lo largo de la vida

de un individuo. El genotipo es, en gran parte, responsable del fenotipo de cada individuo, pero, a diferencia de este permanece constante a lo largo de la vida.

**La selección natural opera sobre el fenotipo y no sobre el genotipo.** Normalmente, cada carácter viene determinado por una pareja de genes, cada uno de ellos aportado por un progenitor. Estos genes ocupan la misma posición en cada uno de los cromosomas homólogos, y reciben el nombre de **alelos** (variantes del gen). Los alelos determinan el genotipo para cada carácter. Habitualmente se representa el alelo dominante con una letra mayúscula y el recesivo, con una minúscula. Por ejemplo, el genotipo para las plantas de arveja con semillas verdes se representa como aa.



Cuando se forman los gametos o células sexuales, los cromosomas de cada pareja de homólogos se reparten, de forma que cada gameto recibe un solo alelo para cada carácter.

Tras la fecundación, las células sexuales se unen para formar el cigoto, dando origen a individuos que, para un carácter determinado, pueden presentar los mismos alelos de un gen o no. ¿Qué significa?

Cuando un individuo posee los dos alelos iguales para un carácter se dice que es **homocigótico** para ese carácter (pueden ser ambos dominantes, AA, o ambos recesivos, aa). Si los alelos o variantes del gen son distintos, el individuo es **heterocigótico** para ese carácter, Aa.

Recordemos que el carácter dominante necesita un solo alelo para manifestarse, o los dos. Al tener ojos oscuros, podemos tener un genotipo Aa o AA. En cambio, el carácter recesivo necesita de los dos alelos. Es el caso de los ojos claros, que se representa como aa.

# EL ÁRBOL GENEALÓGICO

Seguro habrás escuchado alguna de las expresiones: Te parecés a tu abuelo, tenés los ojos de tu tía, sos igual a tu hermano, etc. Y si te interesa indagar un poco más sobre los parecidos, podés confeccionar un **árbol genealógico**. Se trata de una **representación gráfica** con toda la historia familiar, ordenada y sistematizada, incluyendo todas las relaciones que unen a los miembros de la familia. Permite estudiar la transmisión de un carácter determinado a través de varias generaciones de individuos emparentados entre sí.

En el caso de enfermedades, el árbol permite analizar si el alelo que las produce es dominante o recesivo. También permite inferir si los descendientes de una pareja tienen el riesgo de padecer ciertas enfermedades hereditarias.

Para la elaboración de los árboles genealógicos se utiliza una simbología específica.

- Los círculos representan a las mujeres, y los cuadrados, a los hombres.
- Un rombo representa un embarazo interrumpido.
- Los matrimonios se indican mediante una línea horizontal, y los hijos, con líneas que parten del trazo ho-



Con los **árboles genealógicos** se puede determinar si ciertas enfermedades que aparecen en algunas familias son de carácter hereditario.



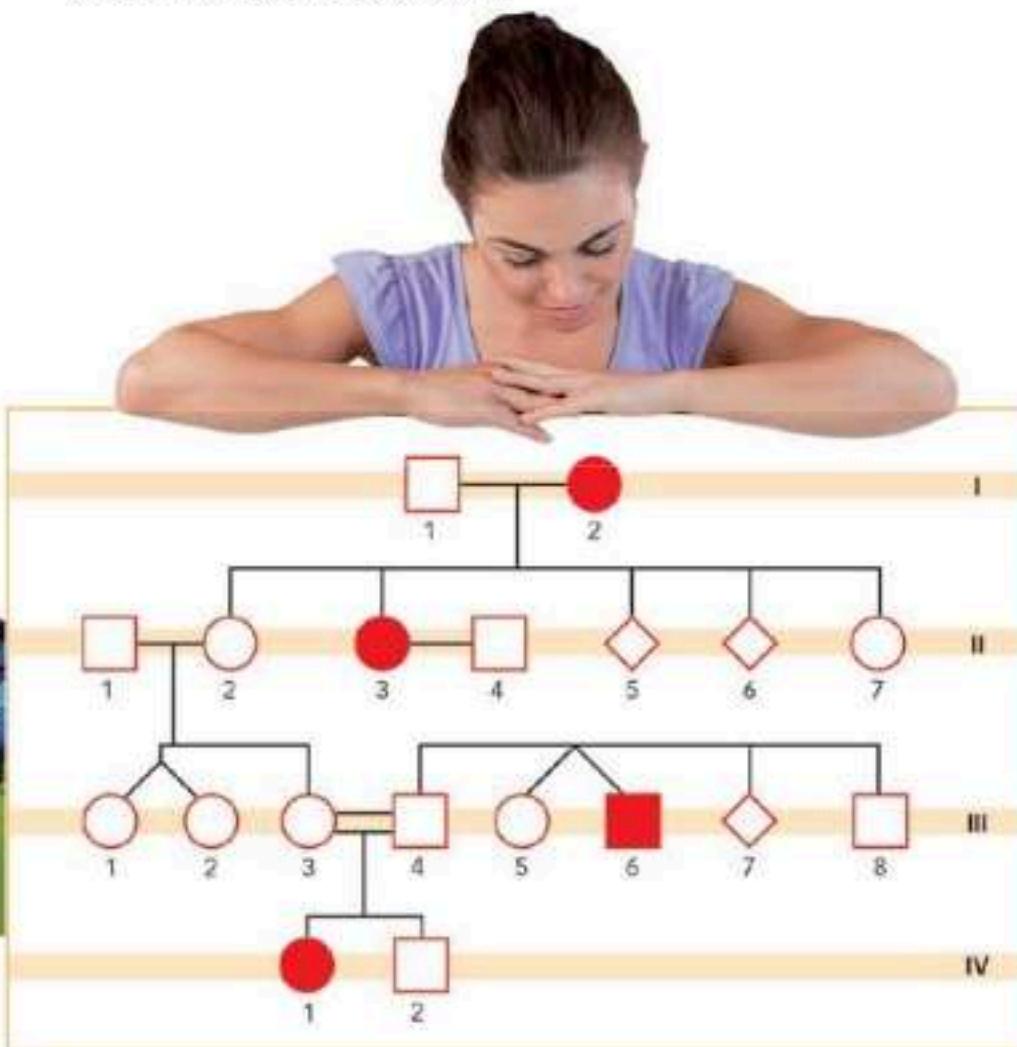
## Vale comprender

4. Identificá las distintas categorías de símbolos en el árbol genealógico que aparece en la página.
5. Explicá la siguiente oración: El árbol genealógico "también permite inferir si los descendientes de una pareja tienen el riesgo de padecer ciertas enfermedades hereditarias".
6. Reemplazá el verbo *inferir* por otro que le dé el mismo significado a la oración.

Las **representaciones gráficas** permiten comunicar información de manera ordenada, clara y rápida. En ciencias, los investigadores utilizan distintos tipos de representaciones para comunicar sus hallazgos.

rizontal. Los hijos de una misma pareja se disponen de izquierda a derecha según el orden de nacimiento.

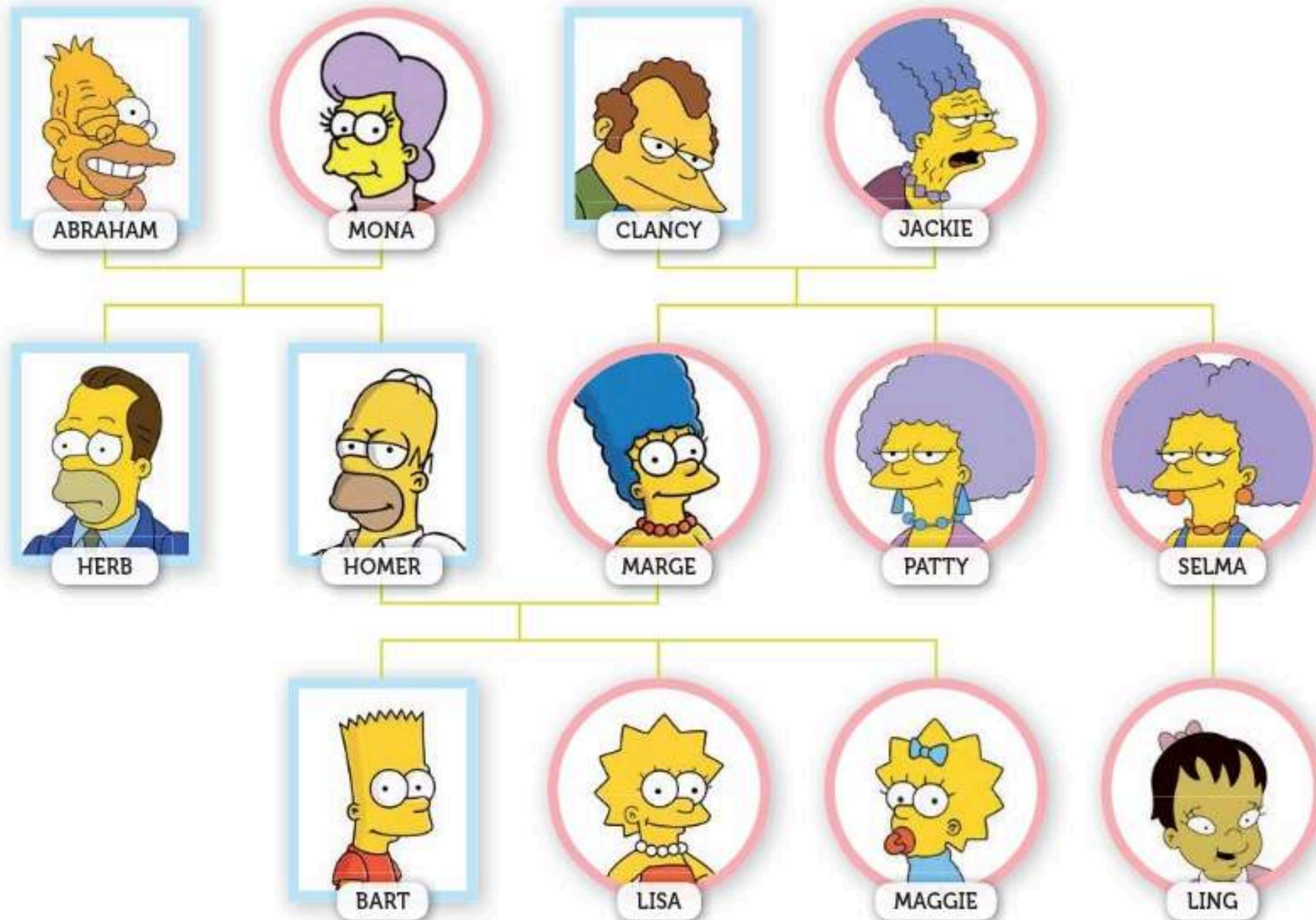
- Si el matrimonio es consanguíneo (descienden de un mismo tronco), se indica con una doble línea.
- Las diferentes generaciones se representan con líneas horizontales y se indican al margen mediante números romanos. Para distinguir a las personas que pertenecen a la misma generación, se numeran de izquierda a derecha con números arábigos.
- Los hermanos gemelos salen de un mismo punto.
- Con sombreado se representan las personas afectadas de un rasgo o malformación. Los individuos portadores pero que no muestran la enfermedad, se indican sombreando solo la mitad izquierda del círculo o del cuadrado.



Representación del **árbol genealógico** de una familia con cuatro generaciones.

## COMUNICACIÓN

7. En ocasiones, si vas a una reunión familiar muy grande, es posible que te confundas con los parentescos que relacionan a cada participante. Además, generación tras generación, se vuelve difícil identificar todas las relaciones. ¿De quién era padre el abuelo Alberto? ¿Cuántos hijos tuvo el bisabuelo Ezequiel? Para ordenar toda esta información vimos que es posible construir árboles genealógicos. Te proponemos que analices este árbol genealógico que pertenece a una familia muy conocida por todos y a partir de ella resuelvas las consignas que figuran a continuación.



- a) ¿Cuántas hermanas tiene Bart? ¿Cuáles son sus nombres? ¿Tienen primos por parte de la mamá?
- b) ¿Marge tiene cuñado o cuñada? ¿Cuál es su nombre? ¿Y Homero?
- c) ¿Qué utilidad tiene un árbol genealógico? Investigá qué similitudes y diferencias tiene con un árbol filogenético.
- d) ¿Cómo se representan las cruzas en este árbol? ¿Y los hermanos?

8. Te proponemos que investigues los datos necesarios y elabores el árbol genealógico, por ejemplo de un artista, un científico o un protagonista de la historia, respetando las mismas reglas que el de la imagen de esta página.
- a) Para recopilar la información, preguntá a docentes y a familiares, además de consultar otras fuentes.
  - b) Compartí el árbol con el de tus compañeros en un muro que quede disponible.

9. Para resolver la actividad de armar el árbol genealógico:
- Le consultás a un compañero cómo lo hizo.
  - Buscás otros árboles publicados.
  - Lo preparás y después lo consultás con el docente.



# LA HERENCIA EN LA ESPECIE HUMANA

Como viste en capítulos anteriores, en la especie humana, cada individuo se origina al ser fecundado un óvulo por un espermatozoide. Cada uno de estos gametos se produce por meiosis y, por lo tanto, contiene solo 23 cromosomas, de los cuales uno solo es **sexual** (X o Y) y el resto se denominan **autosomas**. El nuevo individuo tendrá 46 cromosomas, es decir, 23 pares de cromosomas provistos por el padre y 23 provistos por la madre.

Algunos caracteres, como el grupo sanguíneo o el color de ojos, están regulados por genes localizados en los autosomas. Otros, como el sexo, o enfermedades como la hemofilia o el daltonismo, dependen de genes localizados en los cromosomas sexuales.

¿Qué sucede con el resto de los caracteres? Muchos de los rasgos que mostramos las personas (caracteres fenotípicos) dependen de numerosos factores ambientales. Sin embargo, todos tenemos una "marca de familia", como puede ser una forma determinada de la nariz, unos ojos grandes o un hoyuelo en la barbilla.

Cada uno de estos caracteres suele estar controlado por un gen que se transmite de progenitores a hijos. Algunos son **dominantes** en las poblaciones, mientras que otros se manifiestan en menor porcentaje; son los **recesivos**.

©Ben Gingell



▲ La capacidad de enrollar la lengua es un carácter dominante.



▲ Los ojos de color claro son un carácter recesivo.



©Milena Boniek

▲ El lóbulo de la oreja separado es un carácter dominante.

## CARACTERES NO HEREDABLES

Habrás escuchado más de una vez decir de alguien "lo lleva en los genes". Sin embargo, esto no siempre es cierto. Muchos caracteres no son heredables y, en general, son los que modifican el fenotipo. ¿Te acordás cuando se definió?

Pensemos un ejemplo: un hombre cree que, si practica deportes habitualmente y desarrolla cierta musculatura, al tener hijos, estos no tendrán necesidad de hacer ejercicio físico para desarrollar sus músculos, porque él les habrá transmitido esta característica. ¿Vos qué creés? Esta característica no será transmitida a los descendientes. Te explicamos por qué.

Muchos caracteres son heredables, esto significa que pueden pasar de generación en generación, como el albinismo. Pero, para que esto suceda, la información debe estar contenida en los genes, es decir, en la molécula de ADN. Esto es, debe estar en el genotipo del individuo. Por lo tanto, todo lo que no esté codificado en el ADN no tiene posibilidad de manifestarse.

©Vasily Pindyurin



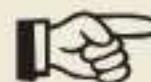
▲ El albinismo es la ausencia de pigmentación de ojos, piel y cabello causada por una alteración genética.

## COMPROBAR UNA HIPÓTESIS

- Observá esta imagen: ¿cómo son los fenotipos que presentan los dos hermanos con respecto a su cabello y sus ojos?
- Teniendo en cuenta que el color de ojos marrón es dominante sobre el color celeste, y el cabello negro es dominante sobre el rubio, ¿qué genotipos tendrán los dos hermanos para esos caracteres? Elaborá una posible respuesta o hipótesis al respecto.



Los científicos se hacen preguntas sobre el mundo que los rodea y buscan respuestas. Algunas de estas respuestas se establecen como **hipótesis** que deberán ser probadas, para que tengan validez científica.



Mediante algún procedimiento experimental o de análisis se obtienen evidencias y datos confiables que permiten aceptar o rechazar la hipótesis planteada. La **comprobación de una hipótesis** es una etapa muy importante en la investigación y en la construcción del conocimiento científico.

### HORA DE HACER CIENCIA



**10.** Reúnanse en grupos para analizar el fenotipo y el genotipo de los hermanos de la imagen. Si la madre de los hermanos es de cabello rubio y ojos celestes, ¿cómo será el color del cabello y de los ojos del padre? En grupo, y sin realizar ningún cálculo, planteen una hipótesis que responda la pregunta. Una vez que lo hicieron, pongan a prueba la hipótesis analizando probabilidades de ocurrencia, mediante la simulación de la formación de los gametos durante la fecundación.

- Según la hipótesis planteada, determinen cuáles son los posibles genotipos del padre. Luego, analicen las posibles combinaciones de los alelos de ambos progenitores para color de ojos y color de cabello.
- Sabiendo que durante la fecundación los hijos reciben un "alelo" de cada progenitor para cada carácter, realicen un esquema de cómo se entrecruzan los progenitores y de los posibles descendientes. Utilicen la convención de letras mayúsculas y minúsculas según si son dominantes o recesivos, respectivamente.
- ¿Pudieron comprobar la hipótesis? ¿Cuál es la probabilidad de que la hipótesis planteada sea verdadera?

# LA HERENCIA LIGADA AL SEXO

Los descubrimientos a finales del siglo XIX y principios del siglo XX no terminaron ahí. Clarence McClung observó que en los gametos masculinos podía distinguir un cromosoma diferente, del cual se desconocía su función. Lo llamó **cromosoma accesorio (X)**. Edmund Wilson, quien también investigaba esto, propuso que los espermatozoides que portaran el cromosoma X, al unirse con los gametos femeninos, darian descendientes hembras. Y los que no lo tuviesen, darian machos. Lo novedoso en este relato histórico es que, por primera vez, se relacionaba a una pareja de cromosomas con la determinación del sexo. Más tarde se los llamó **cromosomas sexuales**.

En la mujer, ambos cromosomas son X, pero en el hombre uno de ellos es X y el otro, Y. Ahora bien, ¿de dónde proviene el cromosoma X de los varones? La respuesta es simple: del gameto femenino que aporta el cromosoma X. Veamos: **el genotipo de las mujeres es XX**, por lo tanto, todos los gametos generados por meiosis tendrán un cromosoma X. En cambio, en los varones, la mitad de los gametos portará el cromosoma X y la otra mitad, el Y.

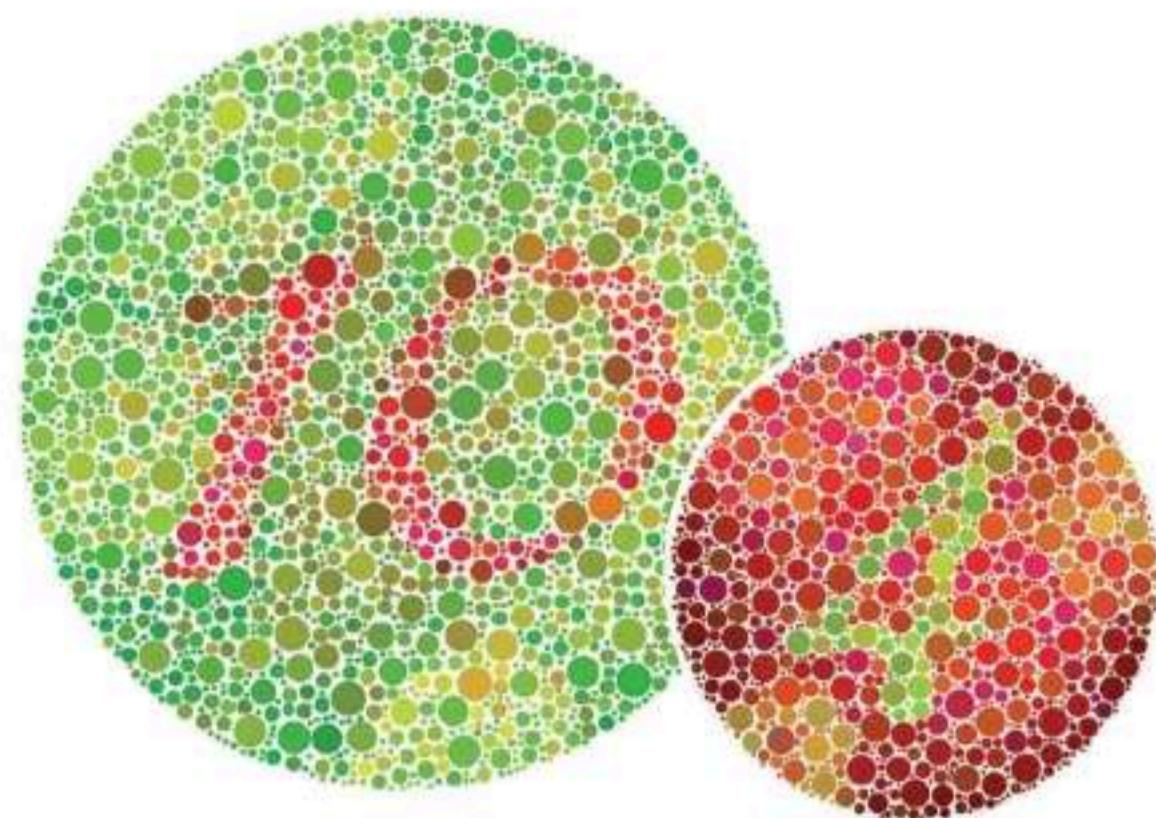
En los seres humanos existen algunos trastornos hereditarios cuyos genes están localizados en el cromosoma X y que se transmiten, por lo tanto, **ligados al sexo**. Entre estos genes se encuentran los que causan el daltónismo y la hemofilia, enfermedades provocadas por un alelo recesivo situado en el cromosoma X.

El **daltónismo** o ceguera parcial para los colores consiste en la dificultad para distinguir correctamente los colores verde y rojo y, con menor frecuencia, el azul y el amarillo. Este defecto, mucho más frecuente en hombres que en mujeres, se debe a un gen recesivo localizado en el cromosoma X y que se transmite según un modelo de herencia ligada al sexo.

Observá la imagen que se encuentra arriba en esta página: ¿ves algún número dentro de los círculos? Si no lo ves, significa que no podés distinguir los colores rojo y verde. Entonces, es conveniente que consultes al médico porque es probable que seas daltónico.

Para que un hombre sea daltónico basta con que el cromosoma X porte el gen que provoca esta afección ( $X_d Y$ ).

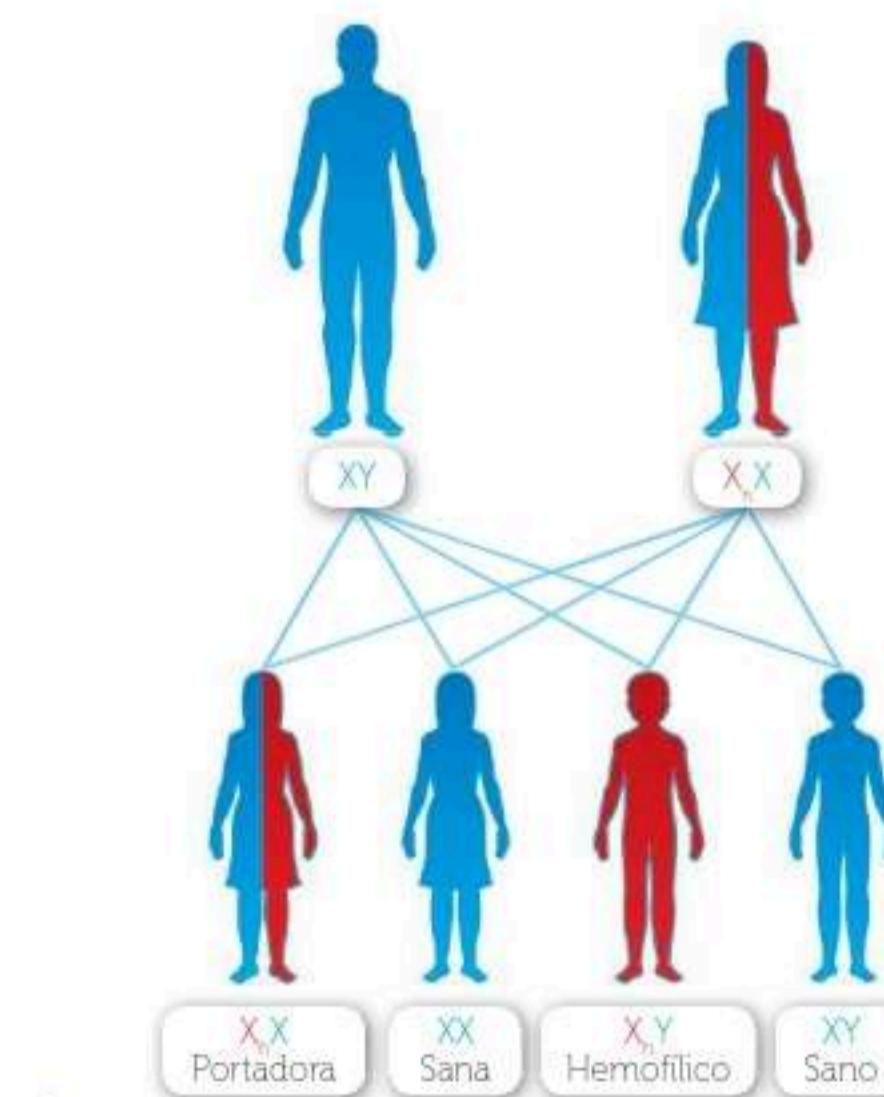
Para que una mujer sea daltónica es necesario que reciba este gen recesivo de sus dos progenitores, es



decir, que sea homocigótica recesiva ( $X_d X_d$ ). Las mujeres heterocigóticas ( $X_d X$ ) no padecerán la enfermedad, serán solo portadoras, pero esto implicará que pueden transmitirla a su descendencia.

La **hemofilia** se caracteriza por la imposibilidad de coagulación de la sangre del individuo que la padece. Se trata de un carácter recesivo, que solo afecta a hombres, ya que en homocigosis resulta letal durante el desarrollo embrionario.

Para que un hombre sea hemofílico, en el cromosoma X tiene que portar el gen que origina el trastorno ( $X_h Y$ ). No hay mujeres hemofílicas, ya que las posibles mujeres hemofílicas ( $X_h X_h$ ) no llegan a nacer. Sin embargo, si pueden ser portadoras ( $X_h X$ ) y transmitir la enfermedad a su descendencia.



Genotipos posibles de descendientes de una mujer portadora de hemofilia y un hombre no portador

# PENSAMIENTO crítico

11. Leé en forma individual y luego discutan en pequeños grupos y resuelvan las consignas.

Francis Galton era un científico prestigioso. ¡Y además, primo de Charles Darwin! Sus campos de investigación eran variados. Realizó aportes a la meteorología, la biología y otras ciencias. Tenía una gran fascinación por contar y medir. Entre todo lo que medía, encontró interés por medir las fortalezas y las debilidades de los humanos. Tuvo que idear y organizar diferentes formas para recolectar datos como características físicas y habilidades. Medía desde habilidades mentales a través de cuestionarios hasta la cultura e imágenes faciales y los patrones de las huellas dactilares.

Francis quería descubrir si la inteligencia se hereda de igual forma que cualquier característica física, como la forma de la nariz o el color de ojos. Él creía que, si la inteligencia se heredaba, debía haber más personas eminentes entre los integrantes de ciertas familias que en la población general. Aunque hizo muchas mediciones, no encontró datos concluyentes y continuó intentando resolver la pregunta estudiando gemelos.

Luego de mucho investigar, Galton concluyó que las pruebas favorecían la naturaleza en lugar del aprendizaje. Terminó así definiendo la eugenesia como una filosofía que sostiene la mejora de los rasgos hereditarios humanos a través de la manipulación y selección artificial. Creía que podía definirse un esquema o mapa para las habilidades de una familia y que el matrimonio precoz entre ciertas familias de alto rango (y no entre otras) debía fomentarse.

Estas afirmaciones no tardaron en generar repercusiones. La eugenesia y otras teorías se pusieron al servicio de ciertos ideales de superioridad de raza, como los del nazismo. Además, la práctica de la eugenesia se vio reflejada en ciertas acciones forzadas como la esterilización de personas con discapacidad intelectual, delincuentes o pobres en diferentes lugares o situaciones.

Fuente: <https://bit.ly/2EHrk3P>

- a) ¿Por qué les parece que tiene importancia saber que Galton era primo de Darwin?
- b) ¿Qué opinión les merece la eugenesia?
- c) Busquen en el diccionario la palabra ética. Luego analicen ¿puede ser la eugenesia considerada una práctica poco ética? Pueden citar otras fuentes para argumentar sus opiniones.
- d) Elaboren sus propias conclusiones respecto de esta pregunta: ¿Solo depende de nuestra genética el éxito en la escuela? ¿Qué otros factores influyen?

12. ¿Te resultó necesario consultar otras fuentes para terminar de formar tu opinión con respecto a este tema? ¿Considerás importante compartir esta información? ¿Por qué?



13. Actualmente existe la opinión mayoritaria acerca de que es inadecuado el uso del término *raza* para referirse a los diversos grupos humanos, y se considera más apropiado utilizar los términos *etnia* o *población* para definirlos. Muchas de esas opiniones están sustentadas por los análisis genéticos que demuestran que el ADN de distintos seres humanos es idéntico en el 99.9 por ciento.

- a) Aceptando la existencia de diferentes etnias, ¿creés que existen etnias superiores y etnias inferiores? Argumentá.
- b) Discuti en grupo la siguiente frase: "La verdadera base del racismo es socioeconómica y no biológica". Justificá tu respuesta.

14. Las personas que padecen enfermedades raras tienen muchas dificultades para encontrar medicamentos que los ayuden, y tampoco encuentran con facilidad profesionales médicos que entiendan bien su problema.

- a) Investigá sobre los medicamentos "huérfanos". ¿Qué son?
- b) ¿Por qué creés que las compañías farmacéuticas no invierten dinero en ellos?
- c) ¿Hay algún concepto que no te haya quedado claro de lo que investigaste? Identificá cuál es y buscá en este libro qué puede ayudarte a explicarlo. Volvé a leerlo y repasá las actividades propuestas en relación con ese tema.

# MENDEL Y DARWIN

Si les pedís a tus compañeros qué describan físicamente a los integrantes del curso es muy probable que te encuentres con respuestas diferentes. Cada uno habrá elegido determinados caracteres y habrán notado que existe variedad entre ustedes: algunos son más altos, otros, más bajos; hay alumnos con ojos verdes, azules, marrones, grises... ¡y podríamos seguir! Estos resultados, ¿te suenan conocidos? ¡Claro que sí!

En el capítulo 2 estudiaste a Charles Darwin y sus trabajos sobre la evolución por selección natural. ¿Acaso a él no le llamaron la atención las diferencias y semejanzas que había entre individuos y las innumerables variantes? La respuesta es sí, le despertó curiosidad la variabilidad que presentaba cada población, pero también leiste que su teoría pasó inadvertida y fue reconocida mucho tiempo después. Recién en 1933, los trabajos de Morgan sobre la teoría cromosómica de la herencia reivindicaron los postulados de la teoría por selección natural. Tal es así que dio origen a la llamada teoría sintética de la evolución (de la que hablamos en el capítulo 2), que además de incorporar conceptos de genética, avanza un poco más y se enriquece.

Antes de continuar, es importante que tengas en cuenta que ya conocés mucho más acerca de la herencia de lo que sabía Darwin en su momento. Entonces, ¿por qué fue tan duramente criticada la teoría de la evolución? Entre otras cosas, porque para Darwin era imposible justificar la variedad que se observaba. El no

contaba con una teoría de la herencia que apoyara sus postulados. En un primer momento, Darwin adhirió a la herencia por mezcla aceptada en aquel entonces, aunque iba en contra de la variabilidad por él propuesta. Luego recurrió a la idea de Lamarck, de la herencia de caracteres adquiridos, aunque tampoco logró convencer a sus colegas científicos.

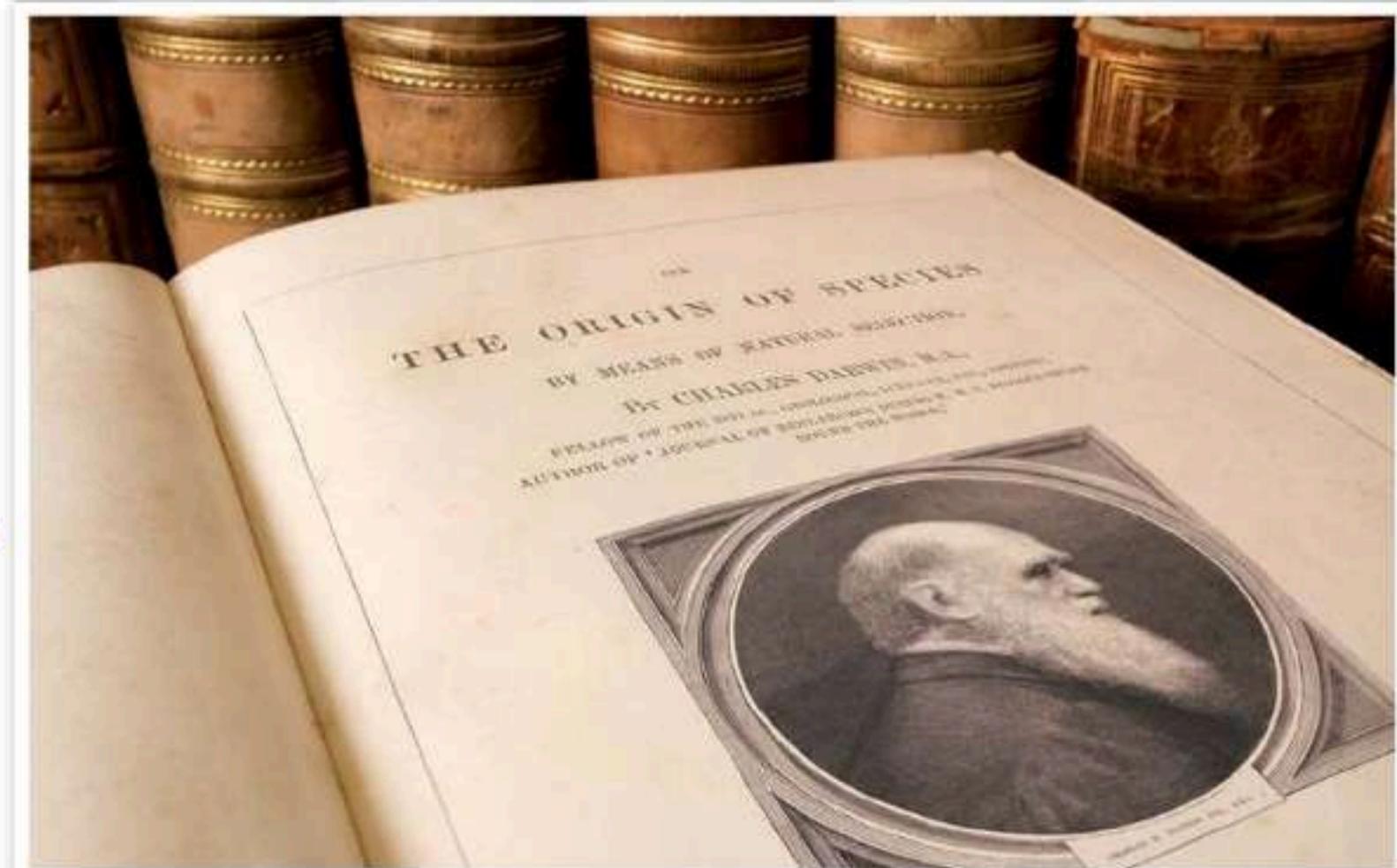
Hoy sabemos que la reproducción sexual permite que, a través de la meiosis, cada individuo origine una gran diversidad de gametos que pueden contener muchas combinaciones de factores o alelos, es decir, una variedad de información hereditaria. Además, sabés que durante la fecundación dos gametos cualesquiera de cada progenitor se unirán o se combinarán para dar origen a un nuevo individuo.

Y esto explica, por ejemplo, por qué dos hermanos pueden ser tan diferentes entre sí.

Pero hay algo más. El ADN, a veces, puede cambiar o alterarse en algunas partes muy pequeñas y esto hace que puedan aparecer individuos con alguna característica nueva. Estas **mutaciones** también son una fuente más de variabilidad sobre la que puede actuar la selección natural.

Si Mendel y Darwin fueron contemporáneos, ¿por qué no se comunicaron? Esto tiene una explicación y vos, seguramente, ya podés imaginárla.

La comunicación en ese momento histórico no era igual a la que hoy conocemos, por eso, mientras uno investigaba sus plantas, el otro, sin saberlo, realizaba sus observaciones.



Darwin publicó su libro *El origen de las especies* en 1859 y Mendel presentó sus trabajos con la planta de arvejas en las reuniones de la Sociedad de Historia Natural de Brún, Alemania, 1866. Sin embargo, nunca se comunicaron.

## HERENCIA, VARIABILIDAD Y EVOLUCIÓN

Como vimos, de acuerdo con la teoría de Darwin, la variabilidad es un requisito para que se produzca la evolución de las especies. En la práctica, **la variabilidad está garantizada en varias etapas durante el proceso de reproducción sexual.**

- El primero de esos momentos lo describió Mendel cuando estableció su segunda ley, que enuncia que los alelos (variedades de un gen) se separan de forma independiente al generarse los gametos o células sexuales. En la actualidad sabemos que esa separación

ocurre durante la meiosis. Los cromosomas se separan, pero el destino de cada uno del par –es decir, en cuál de las dos células hijas terminan– es fruto del azar. Y el azar es sinónimo de variabilidad.

- El segundo de esos momentos también tiene lugar durante la meiosis, y es un proceso conocido como recombinación genética. Los cromosomas homólogos intercambian fragmentos de manera azarosa. Por lo tanto, cuando se separan tendrán partes nuevas.
- Finalmente, durante la fecundación, un mismo gameto dará origen a un individuo distinto dependiendo del gameto del otro sexo con el que se aparee.



Existe **múltiples condiciones genéticas**, tanto dominantes como recesivas, que se heredan de generación en generación, y son las que determinan junto con el ambiente la variabilidad en una población.

### EvaluadOs

- Confeccioná un cuadro para organizar la información más relevante de este capítulo.
- Identificá los conceptos clave, y compárti tus ideas con un compañero o una compañera.
- Elaboren, en parejas, trivias que abarquen los conceptos elegidos como más importantes por ustedes.

#### Elian cómo resolver:

- Subir las trivias al blog escolar, o armar uno, utilizando Blogger.
- Elaborar las trivias en papel y repartirlas en el aula.
- Realizar trivias en papel con texto e imágenes y exponerlas en la escuela.



Autoevaluación



Audiorresumen

Buscalos en el

**Espacio  
TIC**



En **Biología 2** encontrarás **todos los textos** que necesitás para aprender y mucho más:

- Actividades desafiantes para **desarrollar tus capacidades...**



Pensamiento crítico



Comunicación



Compromiso y responsabilidad



Trabajo con otros



Resolución de problemas



Aprender a aprender

- Actividades para hacer **con TIC**.
- Actividades que **atienden la diversidad** y te permitirán **elegir cómo resolver**.
- Actividades para darte cuenta de cuánto **vale comprender**.
- Actividades de coevaluación. **EvaluadOs**
- **Porfolios** para trabajar con los dos proyectos interdisciplinarios.

### Y además...

Con el código que encontrarás en la retiración de contratapa podrás ingresar en **www.valesaber.santillana.com.ar**

y acceder a contenido exclusivo en el



- Un **audiorresumen** por capítulo.
- Una **autoevaluación** por capítulo.
- Un **programa de comprensión lectora** elaborado por especialistas.
- Dos **proyectos interdisciplinarios** para integrar saberes emergentes.

ISBN 978-950-46-5729-3

9 78950 46 5729 3



**SANTILLANA Vale saber**



Aprender  
a aprender



Compromiso y  
responsabilidad



Trabajo  
con otros



Comunicación

# Mi portfolio del **Proyecto**

Este es mi registro  
personal de evaluación  
del proyecto.

## ¿TESOROS EN NUESTRA



## COMUNIDAD?

Accedé al proyecto en el

Espacio TIC



[www.valesaber.santillana.com.ar](http://www.valesaber.santillana.com.ar)



SANTILLANA

## ¿Con qué te vas a encontrar en la web?

Solo tenés que hacer clic para ir descubriendo cada etapa del proyecto y los recursos que te permitirán resolver las actividades. ¿Para qué? ¡Para organizar una muestra de interés para la comunidad!

CON ALGO QUE PODÉS COMPARTIR EN LA ESCUELA CON TODOS.

Con desafíos para resolver en equipo.

Con un tema que seguro te va a interesar.

Con mucho para aprender.



## ¿Cuánto tiempo tomará?

Aquí podés anotar cómo van a distribuir el tiempo para hacer el proyecto en equipo.

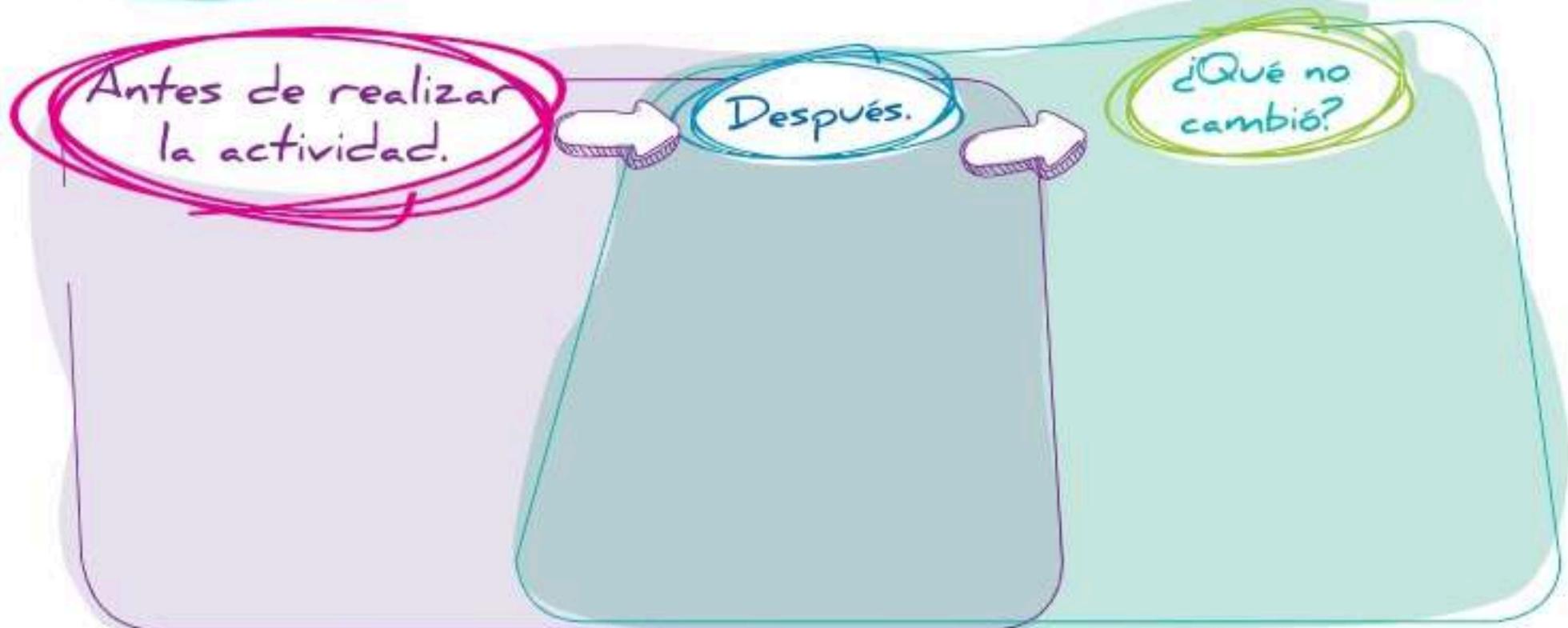
Etapas/actividades	Primer mes				Segundo mes				Tercer mes			
	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
¿Qué tesoros?												
Arranca la búsqueda de tesoros.												
¡Tesoros encontrados!												
Muestra activada.												

¿Quiénes integran el equipo?

## ¿TESOROS EN NUESTRA COMUNIDAD?

### ¿Qué tesoros?

- \* Mis ideas sobre el patrimonio.



- \* ¿Considerar algo como patrimonio es útil, o no, para la comunidad? Este es mi argumento...

**ESPACIO DE REFLEXIÓN PERSONAL**

Esta vez fui > ¿Cómo me fue? ▼	Comunicador	Moderador	Redactor	Buscador	Analista	Observador	Otro
Más que bien!							
Lo repito.							
No insisto.							

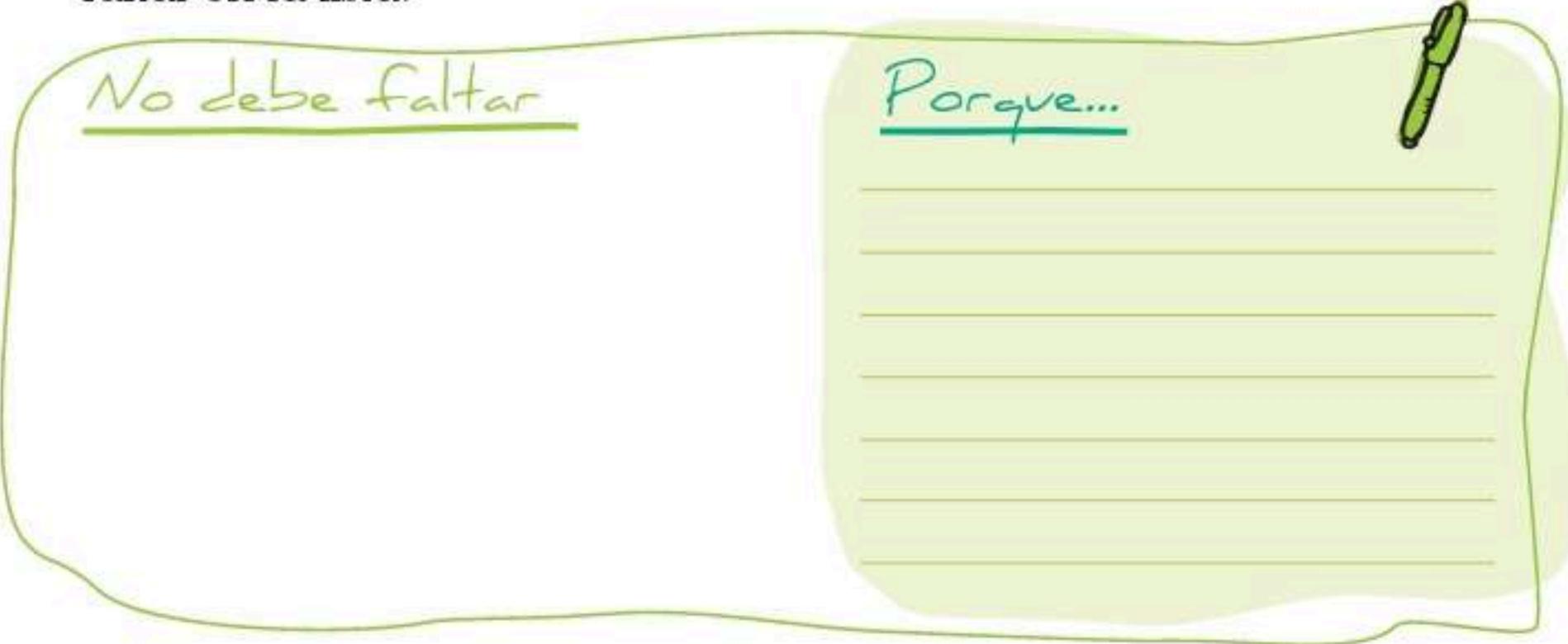
Voy chequeando...

-  Interpretamos videos y un texto.  Intercambiemos ideas.   
Concluimos algo.  Acordamos hacer una muestra.

Me voy evaluando en la página 8.

# Arranca la búsqueda de tesoros

- \* Represento qué propuse como patrimonio y explico por qué no debe faltar en la lista.



- \* ¿En qué se parece el patrimonio propuesto a un tesoro?



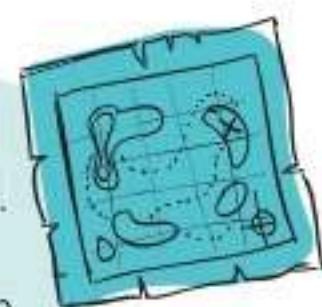
Lo considero valioso.



Estaba escondido u olvidado.



No sabía de su existencia. Necesité un mapa para encontrarlo.



- \* ¿Cómo nos fue revisando las propuestas?

Todas las propuestas van a integrar la muestra



Propuestas no incluidas

Motivos

- \* Aprendí que donde vivo...

...hay personas  
recopadas...  
...historias relindas...



- \* Cuento cómo logré que los vecinos participaran (¿me animo a dibujar la red que se formó?).



Esta vez fui > ¿Cómo me fue? ▼	Comunicador	Moderador	Redactor	Buscador	Analista	Observador	Otro
¡Más que bien!							
Lo repito.							
No insisto.							

Voy chequeando...



Interpretamos ejemplos.  Elaboramos una síntesis.  Elaboramos un cuestionario.  Nos pusimos en contacto con la comunidad.

# Tesoros encontrados

- \* ¿Logré clasificar bien los patrimonios? ¿Fue fácil la clasificación? ¿Qué tuve en cuenta? Le pongo puntaje a las fichas digitales que hicimos.



- \* Con el mapa pude ver mejor 

Cosas importantes que pasan en mi comunidad.

Con este ícono lo represento en el mapa colectivo.

Esta vez fui > ¿Cómo me fue? ▼	Comunicador	Moderador	Redactor	Buscador	Analista	Observador	Otro
Más que bien!							
Lo repito.							
No insisto.							

Voy chequeando...

Organizamos información.  Elaboramos fichas digitales.  Elaboramos un mapa colaborativo.

Me sigo evaluando en la página 8.

# ¡Muestra activada!

- \* ¿Cómo es mi muestra ideal? La sintetizo en estos dos objetivos y en este cartel.

1

2



- \* ¡Hago un balance...; y más allá!



Esta vez fui ➤ ¿Cómo me fue? ➤	Comunicador	Moderador	Redactor	Buscador	Analista	Observador	Otro
Más que bien!							
Lo repito.							
No insisto.							

Voy chequeando...



Nos pusimos de acuerdo en los objetivos y la organización de la muestra.   
Difundimos la muestra.  Evaluamos el trabajo realizado.

# ¡Hasta aquí llegué!

PARA  
NADA      CASI,  
CASI      ¡SIN  
DUDA!

## ¿FUI CAPAZ DE...?

### ¡Qué tesoros!

Participar activamente en la formación del equipo y en la toma de decisiones.

Interpretar el tema y tener opinión propia sobre la información y los conceptos.

Expresarme con claridad en el equipo para comunicar mis ideas.

Apreciar los aportes de los demás integrantes del grupo y reconocer cambios en lo que pensaba sobre el tema.

### Arranca la búsqueda de tesoros

Encontrar información confiable para elaborar fichas de contenido.

Comprender la importancia del patrimonio para la comunidad.

Asumir distintos roles para mejorar las tareas colectivas.

### ¡Tesoros encontrados!

Interpretar, organizar y representar información variada.

Afrontar inconvenientes en el desarrollo de una tarea compleja y aportar soluciones.

### Muestra activada

Analizar qué elementos se tienen en cuenta para hacer una muestra.

Comparar qué actividades y resultados habría que revisar para mejorar la muestra.

### Para cerrar el proyecto

Aprender algo nuevo y comunicarlo.

Reconocer el sentido de las actividades.

Descubrir mis talentos ocultos.

Tener empatía con el proyecto y el trabajo grupal hasta el final.

Imaginar en qué otra ocasión podría utilizar lo aprendido.

# Mi portfolio del Proyecto 2

2

Este es mi registro  
personal de evaluación  
del proyecto.

¿HABLAMOS  
DE  
NOSOTROS?



Aprender  
a aprender



Compromiso y  
responsabilidad



Trabajo  
con otros



Comunicación

Accedé al proyecto en el



[www.valesaber.santillana.com.ar](http://www.valesaber.santillana.com.ar)



SANTILLANA

# ¿Con qué te vas a encontrar en la web?

Con algo que podés compartir en la escuela con todos.

Con desafíos para resolver en equipo.

Con un tema que seguro te va a interesar.

Con mucho para aprender.

Solo tenés que hacer clic para ir descubriendo cada etapa del proyecto y los recursos que te permitirán resolver las actividades. ¿Para qué?

Para elaborar una trilogía de videos!



## ¿Cuánto tiempo tomará?

Aquí podés anotar cómo van a distribuir el tiempo para hacer el proyecto en equipo.

Etapas/actividades	Primer mes				Segundo mes				Tercer mes			
	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
¿Quién nos entiende?												
¿Quiénes somos?												
¿Qué queremos saber?												
Y así lo contamos...												

¿Quiénes integran el equipo?

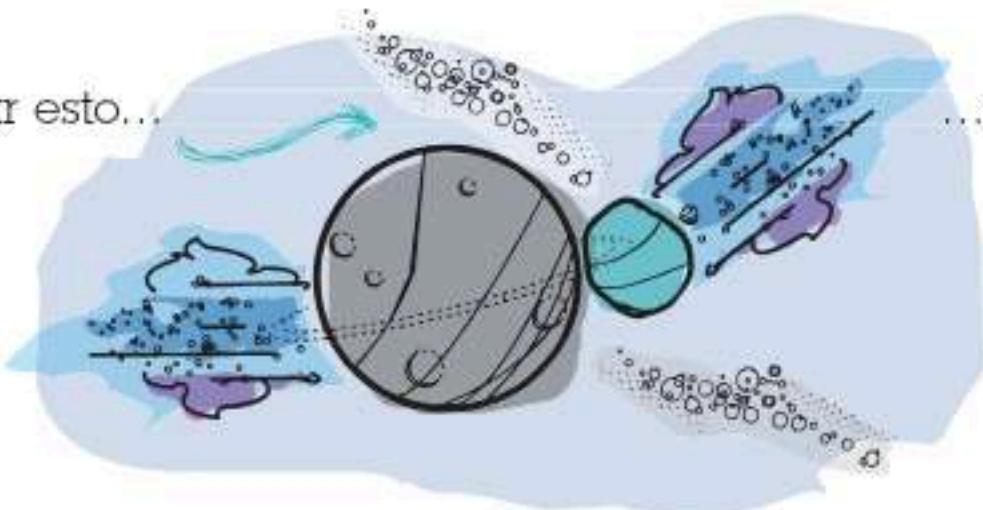
---

---

---

## ¿Quién nos entiende?

\* Para evitar esto...



...necesito tener claro...

¿Qué opinan los adultos de nosotros?

Lo que más me sorprende de lo que piensan los adultos es...

- \* ¿Qué temas me interesa hablar con un adulto? Imagino un posible diálogo a través de WhatsApp.



- \* Releo las frases que se pusieron en el mural digital.



Esta vez fui ¿Cómo me fue? ▼	Comunicador	Moderador	Redactor	Buscador	Analista	Observador	Otro
Más que bien!							
Lo repito.							
No insisto.							

Voy chequeando...

- E Interpretamos videos y textos.  Intercambiamos ideas en un mural digital.   
Concluimos algo.  Acordamos preparar la trilogía para el encuentro.

Me voy evaluando en la página 8.

# ¿Quiénes somos?

- \* ¿Somos todos iguales? Escribo ESTEREOTIPOS sobre los adolescentes que me molestan más que otros.



Para mí ser adolescente es...

Esta vez fui ¿Cómo me fue? ▼	Comunicador	Moderador	Redactor	Buscador	Analista	Observador	Otro
Más que bien!							
Lo repito.							
No insisto.							

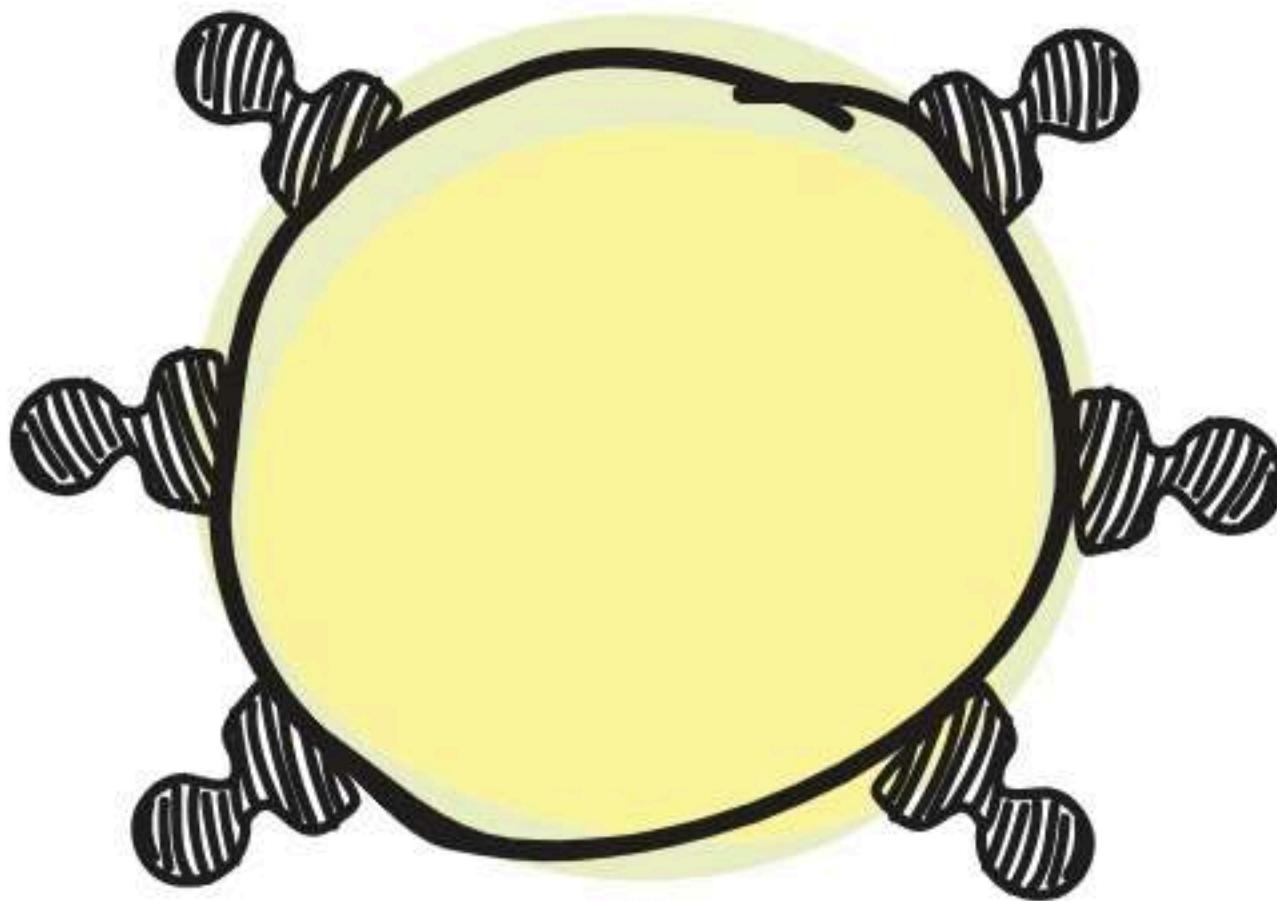
Voy chequeando...



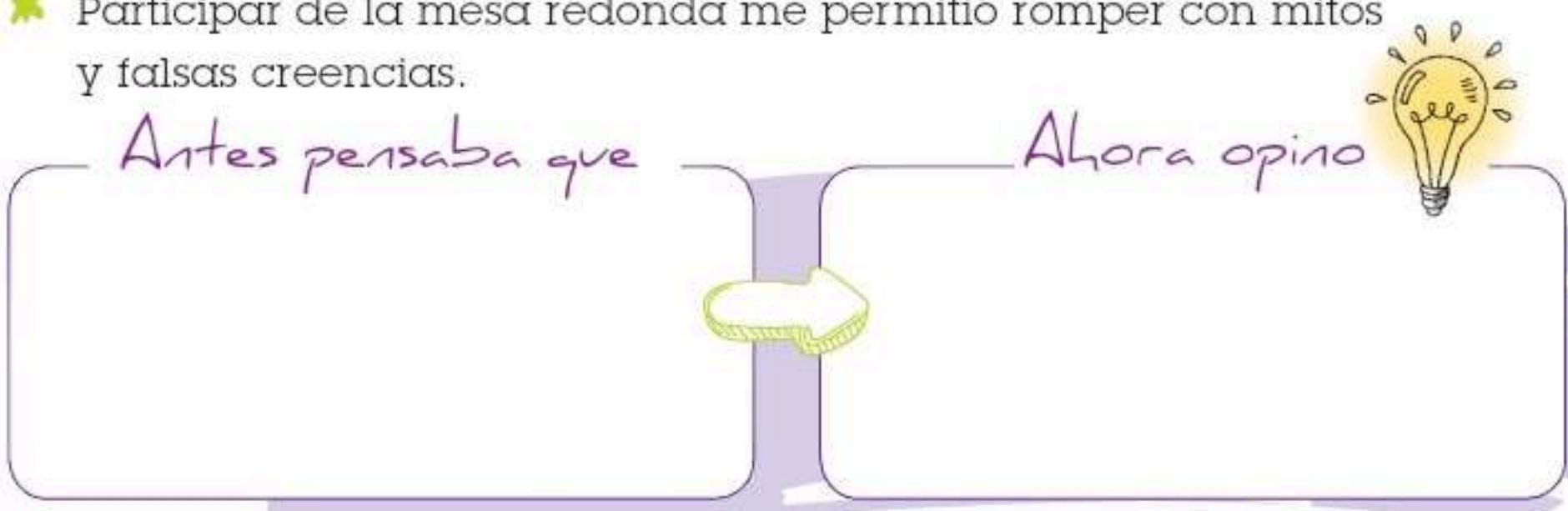
Intercambiamos ideas.  Armamos un afiche.  Realizamos entrevistas.   
Organizamos la información.

# ¡Qué queremos saber?

- \* En la mesa redonda sobre derechos y sexualidad salieron muchas cosas... Pongo sobre la mesa los principales argumentos que surgieron en mi grupo.



- \* Participar de la mesa redonda me permitió romper con mitos y falsas creencias.



Esta vez fui ➤ ¿Cómo me fue?	Comunicador	Moderador	Redactor	Buscador	Analista	Observador	Otro
Más que bien!							
Lo repito.							
No insisto.							

© Santillana S.A. Prohibida su fotocopia. Ley 11.723

Voy chequeando...

E Analizamos una ley.  Organizamos una mesa redonda. Asumimos distintos roles y debatimos.  Registramos el intercambio de ideas.

Me voy evaluando en la página 8.

# Y así lo contamos...

\* Evalúo los videos...

El mensaje es claro.

Falta información.

Cumplen el objetivo.

Hay que revisar los guiones.

## VIDEO 1

Se trata de:



Le doy

## VIDEO 2

Se trata de:

Le doy

## VIDEO 3

Se trata de:



Le doy

¿Hubo algo que me quede con las ganas de hacer o proponer en este proyecto?

Esta vez fui  
¿Cómo me fue?

Más que bien!

Lo repito.

No insisto.



Comunicador



Moderador



Redactor



Buscador



Analista



Observador



Otro

Voy chequeando...

- Analizamos la información obtenida.
- Generamos propuestas para la trilogía.
- Elaboramos guiones para los videos.
- Hacemos difusión de los videos.
- Evaluamos el trabajo realizado.

# ¡Hasta aquí llegué!



## ¿FUI CAPAZ DE...?

PARA  
NADA

CASI,  
CASI

¡SIN  
DUDA!

## ¿Quién nos entiende?

Participar activamente en la formación del equipo y en la toma de decisiones.

Interpretar el tema y tener opinión propia sobre la información y los conceptos.

Expresarme con claridad en el equipo para comunicar mis ideas.

Apreciar los aportes de los demás integrantes del grupo y reconocer cambios en lo que pensaba del tema.

## ¿Quiénes somos?

Encontrar información confiable para elaborar puntos de vista.

Comprender que la mejora del diálogo entre los adolescentes y los adultos se tiene que abordar desde distintos saberes.

Asumir diferentes roles para mejorar las tareas colectivas.

## ¿Qué queremos saber?

Interpretar la información a través del debate en una mesa redonda.

Participar y argumentar mi postura sobre el tema.

## Y así lo contamos...

Analizar qué elementos se tienen en cuenta para hacer una trilogía de videos.

Comparar qué actividades y resultados habría que revisar para mejorar la trilogía y su difusión.

## Para cerrar el proyecto

Aprender algo nuevo y comunicarlo.

Reconocer el sentido de las actividades.

Descubrir mis talentos ocultos.

Tener empatía con el proyecto y el trabajo grupal hasta el final.

Imaginar en qué otra ocasión podría utilizar lo aprendido.