

Liliana Elisabet Mosso - Sergio Hernán Tedesco

# BIOLOGÍA



2° Secundaria - 8° EGB

# Biología



# Biología

Liliana Elisabeth Mosso

Sergio Tedesco



EDITORIAL  
MAIPUE







Biología  
Liliana Elisabeth Mosso, Sergio Tedesco  
1º edición, enero de 2009.

© 2009 Editorial Maipue  
Zufriategui 1153  
1714 – Ituzaingó, provincia de Buenos Aires  
Tel./Fax 54-011-4458-0259  
Contacto: promocion@maipue.com.ar / ventas@maipue.com.ar

ISBN: 978-987-9493-46-5

Tapa: "Tropical", óleo sobre tela de Armando Dillon  
Ilustraciones interior: Mariana Gabor  
Diagramación: Paihuen  
Coordinación y corrección: María Milena Sesar

La presente publicación se ajusta a la cartografía oficial establecida por el Poder Ejecutivo Nacional a través del Instituto Geográfico Militar por Ley 22.963 y fue aprobada por el Exp. GG 09 0225/5

Mosso, Liliana Elisabet  
Biología / Liliana Elisabet Mosso y Sergio Tedesco. - 1a ed. - Ituzaingó : Maipue, 2009.  
180 p. ; 27x19 cm.

ISBN 978-987-9493-46-5

1. Biología. I. Tedesco, Sergio II. Título  
CDD 574

Fecha de catalogación: 21/01/2009

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

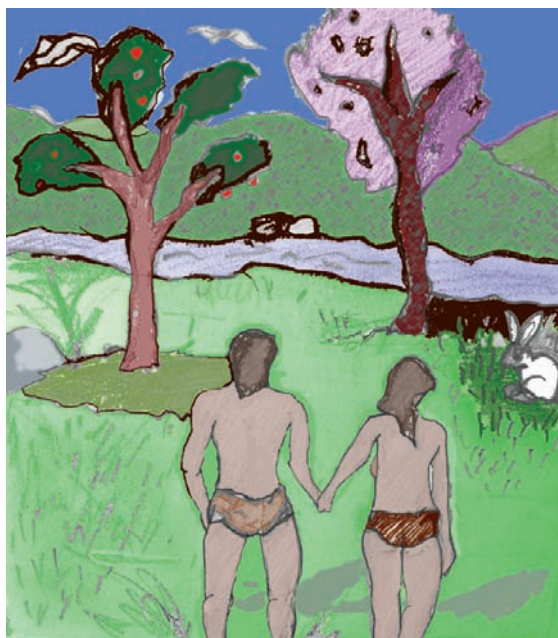
*No se permite la reproducción parcial o total, el almacenamiento, el alquiler, la transmisión o la transformación de este libro, en cualquier forma o por otro cualquier medio, sea electrónico o mecánico, mediante fotocopias, digitalización u otros métodos, sin el consentimiento previo y escrito del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

# ÍNDICE

<b>Capítulo 1 - La ciencia: una actividad del hombre</b> .....	9
Ciencia e historia .....	10
Diferencia entre conocimiento vulgar y científico .....	12
El método científico experimental .....	14
Clasificación de las ciencias .....	18
La comunicación en la ciencia .....	18
El progreso científico: “se puede pero... ¿se debe?” .....	22
 <b>Capítulo 2 - Evolución: diversidad y cambios en los seres vivos</b> .....	25
Un enigma filosófico: ¿podría existir una naturaleza diferente a la que conocemos? .....	25
Ciencia y religión: conflictos y desencuentros para explicar el origen de los seres vivos .....	26
Fijismo, mutabilidad y creacionismo .....	26
Nomenclatura binomial .....	28
La extinción masiva de los dinosaurios: una catástrofe a la medida de Cuvier.....	31
Otros estudiosos de los fósiles... ..	33
Un mismo origen para todas las formas de vida: teoría del ancestro común .....	33
¡Atención! No todo lo semejante asegura un parentesco. Lo importante es “lo de adentro” ... ..	36
Nos estamos yendo por las ramas.....	36
¿Qué son las formas intermedias? .....	37
Y hablando de ramas... ..	38
Cladogramas.....	40
Del transformismo al evolucionismo: las ideas de Lamarck .....	41
¿Qué son las adaptaciones? .....	43
La “revolución” de la evolución .....	44
Una aventura que cambió la ciencia: “La vuelta al mundo en cinco años” .....	44
¿Quién fue Charles Darwin? .....	44
Un viaje fructífero: “El comienzo de mi verdadera vida”.....	45
La pista de las Galápagos: un experimento natural .....	47
Con “los pies sobre la tierra”: ordenando las piezas del rompecabezas.....	49
¿Cuáles fueron las ideas que plasmó en su libro? .....	50
Selección natural .....	52
Evolución: sobreproducción vs. selección.....	55
La revolución de la evolución: una historia que sigue.....	55
 <b>Capítulo 3 - El origen de la vida</b> .....	61
El origen de la vida y la evolución de las primeras formas vivientes .....	61
15.000 millones de años atrás... ..	61
¿Y por la Tierra cómo andamos? .....	63
Muy lejos del “paraíso terrenal” ... ..	64
La Tierra viva .....	64
La teoría de Oparin: ¿una vuelta a las antiguas ideas sobre la generación espontánea de la vida?....	66
Teoría de la Panspermia: ¿la vida tendría un origen extraterrestre? .....	70
La vida del primer ser vivo: ¿qué hay para comer?.....	70
Un poco de aire puro: la llegada del oxígeno .....	72
La fotosíntesis .....	72
 <b>Capítulo 4 - Las primeras formas de vida</b> .....	75
Todos los atributos de la vida reducidos a su mínima expresión: las células procariotas.....	75
Grandes, complicadas y exitosas: el “boom” de las eucariotas .....	79
Y todo por un núcleo.....	81
Un viaje extranuclear .....	82
Todo es cuestión de tamaños: el uso del microscopio.....	90

La célula como objeto de estudio.....	93
La teoría celular y el ancestro común .....	94
Otro importante salto evolutivo: la pluricelularidad .....	94
Independientes pero dependientes. ¿En qué quedamos? .....	94
Cómo “crear” un organismo pluricelular.....	97
Los extremos opuestos: de la muerte celular programada a la multiplicación descontrolada .....	100
<b>Capítulo 5 - Reproducción.....</b>	<b>105</b>
Reproducirse para evitar la extinción .....	105
Reproducción asexual y sexual: dos alternativas y miles de variantes .....	106
Algunos tipos de reproducción asexual .....	107
Reproducción sexual: ¿ventaja o complicación? .....	110
¿Cómo encuentran pareja las gametas? .....	113
Para toda función necesitamos órganos .....	116
Estructuras reproductoras de animales .....	116
Después de la fecundación: la etapa de desarrollo.....	116
De difícil clasificación.....	119
Cuando el macho se hace cargo.....	121
Reflexión .....	122
Ellas eligen, ellos cortejan.....	122
Estrategias de los machos de distintas especies para atraer a las hembras .....	123
Y nosotros... ¿qué? .....	127
Reproducción responsable .....	129
Infecciones de transmisión sexual .....	130
Somos distintos.....	131
No tan distintos.....	132
¿Qué hacer cuando te “dejaron plantado”? .....	133
Los granos de polen: verdaderas obras de arte.....	133
La flor y su “merchandising” para la conquista del polinizador.....	136
Las plantas también protegen a su descendencia .....	140
Una breve historia sin sentido .....	141
Algunos ejemplos y una breve conclusión .....	143
Estrategias reproductivas.....	145
Los K y los r. Dos estrategias para un mismo fin: sobrevivir .....	145
Lentas pero inseguras.....	146
<b>Capítulo 6 - Genética .....</b>	<b>151</b>
Desde un lejano monasterio .....	153
Los primeros resultados .....	154
Es tiempo de organizar y analizar los resultados.....	155
Las cosas por su nombre.....	158
Otras características para estudiar .....	160
Un encuentro con Darwin.....	161
Las apariencias engañan.....	163
Caracteres heredables y no heredables .....	164
Una mirada sobre nosotros mismos.....	165
Mendel II. El regreso del monje .....	167
Más y más problemas.....	169
Un poco de historia .....	169
¿Cómo se forman las gametas? .....	171
Los genes van a terapia .....	172
Un mapa de nosotros mismos.....	172
Bibliografía .....	179

## LA CIENCIA: UNA ACTIVIDAD DEL HOMBRE



¿Alguna vez jugaste al juego de “las siete diferencias”?

Es un juego de observación muy sencillo, ¿verdad?

Como en un gran juego de las diferencias, pero desarrollado en escenarios naturales, los primeros hombres y mujeres comenzaron a notar, a partir de la observación, los cambios que sucedían a su alrededor: temporadas de calor coincidían con la aparición, en árboles frondosos, de frutos exquisitos; y las temporadas de frío eran acompañadas por la sequedad de la tierra y la falta de alimentos. Muchos otros fenómenos ocurrían alrededor de ellos: algunos eran cíclicos, como las estaciones del año o determinados hábitos de los animales; y otros, esporádicos, como los terremotos, las tormentas o los vendavales... Y de todos, prácticamente, dependía su supervivencia.

Las dificultades que aparecían cotidianamente generaron necesidades de lo más variadas: no sólo las más básicas, como las de alimento o de abrigo, sino también la de curar enfermedades, por ejemplo, y muchas más. Estas necesidades estimularon la curiosidad que, unida a la observación, constituyó uno de los primeros recursos de los que se valieron los seres humanos. ¿Por qué? ¿Cuándo? ¿Cómo? Estos primeros interrogantes son los que convierten un problema en desafío. El momento de hacerse esas preguntas es el primer paso para llegar a una solución.

### **Razón:**

Es la facultad que nos permite identificar conceptos, cuestionarlos, hallar coherencia o contradicción entre ellos y deducir otros.

### **Premisa:**

Es una expresión lingüística que afirma o niega algo, y puede ser verdadera o falsa.

### **Experimentación:**

Es el método científico de investigación que se basa en la reproducción —generalmente en laboratorio— de un fenómeno determinado, que permite su posterior estudio.

### **Conclusión:**

Es una proposición final, a la que se llega después de haber considerado las evidencias.

### **Teoría heliocéntrica:**

Es la que señala que la tierra y los planetas giran alrededor del Sol.

La curiosidad y la capacidad de cuestionar los fenómenos del mundo que nos rodea constituyen, dijimos, comportamientos propios de la naturaleza humana. Desde su aparición sobre la Tierra, el hombre aprendió a observar y a comprender ciertos procesos naturales...

¿Alguna vez te preguntaste, por ejemplo, cómo comenzaron a fabricarse los primeros medicamentos? ¿O cómo se determinó cuáles eran los pasos que debían seguirse para momificar un cadáver?

Las antiguas civilizaciones china, egipcia y mesopotámica utilizaron plantas y animales para diversas aplicaciones además de las estrictamente vinculadas con la alimentación. Así fue cómo nacieron las primeras medicinas, por ejemplo, y cómo comenzaron a implementarse prácticas funerarias de momificación y a fabricarse vestimentas con aquellos materiales.

Hasta ese momento los conocimientos simplemente se construían sobre la base de la acumulación de experiencias cotidianas. Como sólo tenían un fin práctico, estos saberes no fueron ordenados ni sistematizados.

Recién en el siglo v antes de Cristo, el filósofo Platón y su discípulo Aristóteles comenzaron a plantearse de qué manera el hombre logra adquirir conocimiento. Aristóteles afirmó que, para poder acceder a él, se debía aplicar la **razón**, un atributo que diferencia a la especie humana del resto de los animales. Señaló también que un razonamiento era un conjunto de ideas relacionadas entre sí o **premisas** a partir de las cuales era factible elaborar una idea final o **conclusión**. El razonamiento aristotélico marcó el inicio de lo que hoy llamamos “ciencia”.

## **Ciencia e historia**

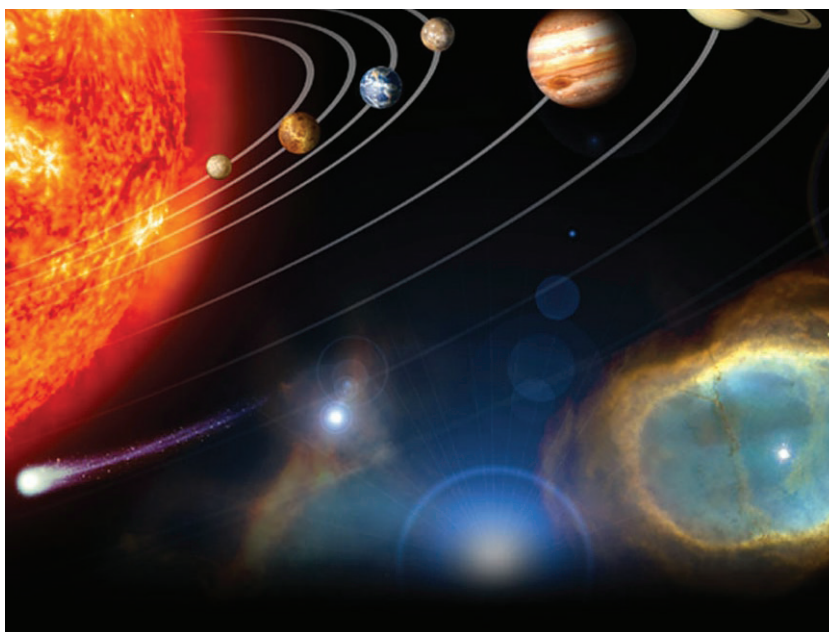
La etimología de la palabra ciencia nos remite al vocablo latino *scire*, que significa “saber”. Para profundizar este concepto podemos definir a la ciencia como “una actividad cultural humana que tiene como objetivo la constitución y fundamentación de un cuerpo sistemático del saber”.

Probablemente te preguntes qué tiene que ver la cultura con todo esto. La cultura es el modo total de vida de un pueblo, no sólo son parte de la cultura las películas, la música, la pintura, los textos o el teatro que se producen



en una sociedad determinada, sino también todo aquello que hace al modo de vida y a las creencias de las personas que la comparten. Volvamos al caso de la momificación. ¿A quién se le habría ocurrido momificar un cadáver si esta práctica no hubiera estado relacionada con determinadas creencias que los integrantes de algunas sociedades consideraban válidas, como la egipcia o la inca? Este es el punto en que ciencia y cultura se encuentran íntimamente relacionadas: cuando una se pone al servicio de la otra.

Durante la Edad Moderna, distintos pensadores se replantearon la concepción del mundo que se había tenido hasta entonces: un mundo cerrado y ordenado, regulado por las cuestiones de la fe, y por un pensamiento religioso que ubicaba a Dios en el centro de todas las cosas. Un hecho muy importante marcó profundamente las formas de pensar de la época: la **teoría heliocéntrica**, desarrollada por el astrónomo Copérnico. ¿Qué demostró Copérnico? Algo impensado para la época, nada más y nada menos: que la Tierra orbitaba alrededor del Sol, y no al revés, como se había creído hasta entonces, según la teoría ptolemaica (postulada por Ptolomeo). Un mundo que no era el centro del universo sino parte de él, que comenzó a mostrar cuántos misterios guardaba y, fundamentalmente, un mundo al que algunos científicos comenzaron a abordar desde la razón. La teoría copernicana fue un hallazgo que “sacudió” a la sociedad de aquel momento.



El Sistema Solar

Galileo Galilei marcó otro hito importante en la historia de la ciencia cuando señaló por primera vez, en el siglo XVII, la importancia de la experimentación como forma de demostración. Galileo, además, realizó mediciones utilizando instrumentos tales como el telescopio, y estableció, para realizarlas, procedimientos que incluían la observación meticulosa y el registro de resultados como factores de suma importancia si se deseaba llegar a una conclusión válida.

“Galileo Galilei murmuró el *Eppur si muove* o *E pur si muove*, que se traduce como ‘Y sin embargo, se mueve’, tras abjurar de la visión heliocéntrica del mundo ante el tribunal de la Santa Inquisición. Desde un punto de vista simbólico, sintetiza la tozudez de la evidencia científica frente a la censura de la fe”.

(Galileo fue acusado de sostener las ideas de Copérnico y enviado a la cárcel en 1616.

Finalmente tuvo que abjurar, es decir, renunciar solemnemente a ellas).

Su postura crítica hacia la religión quedó demostrada a través de dichos como este: “La Biblia podrá enseñarnos cómo llegar al cielo, pero no nos dice qué hay en él”.

### ¿Sabías que....?

Antoni Van Leeuwenhoek superó a todos sus colegas investigadores que utilizaban microscopios en sus observaciones. Leeuwenhoek utilizaba lentes muy pequeñas pero las pulía y les daba una forma tan perfecta que logró con ellas aumentos de hasta 200 veces. En su larga vida pulió un total de 419 lentes.

En 1676, mientras estudiaba el agua encharcada, descubrió que en ella habitaban organismos vivos tan pequeños que no podían percibirse a simple vista. Los llamó **animálculos**, y son los mismos a los que nosotros ahora denominamos **microorganismos**. Con él se inició un vasto campo de la biología: la microbiología.

La razón se convirtió entonces, como decíamos, en el hilo conductor que rigió esta nueva forma de trabajo científico cuya característica principal era la actitud de permanente cuestionamiento hacia los misterios de la naturaleza. Algunos historiadores opinan que recién con Galileo comenzó a hacerse verdadera ciencia.

### Diferencia entre conocimiento vulgar y científico

El conocimiento vulgar es el que se adquiere por el azar, no es verificable, sino que está sujeto a nuestra mera experiencia y a nuestro modo de sentir. Suele ser inexacto, y no cuenta con definiciones precisas, a veces se apoya en creencias o respuestas que no pueden ser verificadas.

El **conocimiento científico**, en cambio, es el que se adquiere mediante el razonamiento y la verificación permanente. Es **verificable**, porque las hipótesis son avaladas por pruebas que pueden ser constatadas. Tiene carácter de ley y es **explicativo**, es decir que explica los acontecimientos singulares en un marco de pautas generales llamadas leyes. Es **acumulativo**, o sea que puede servir de base para nuevos experimentos. Es, además, un conocimiento en el cual las ideas están interconectadas entre sí lógicamente.

La Biología como ciencia tuvo su momento de esplendor a partir de la instauración del método experimental. Investigadores como Marcello Malpighi (1660) y su antecesor William Harvey en 1668 (ambos descubrieron el funcionamiento del corazón y la circulación sanguínea); y también el científico que describió por primera vez los microorganismos a través del microscopio, Antoni Van Leeuwenhoek, fueron los iniciadores de esta modalidad de trabajo.

También en el siglo XVII se mencionó por primera vez la palabra **biología**, y se la definió como la ciencia que estudia a los seres vivos, entre ellos, por supuesto, el hombre. Su autor, el naturalista Jean Baptiste Lamarck, fue el que propuso la primera teoría sobre la evolución (desarrollaremos este tema en el capítulo 2).

En el siglo XIX se destacan Charles Darwin, autor de la teoría hasta hoy más aceptada sobre la evolución, y Gregor Mendel, quien experimentó sobre la forma en que se transmiten los caracteres hereditarios.

Por otro lado, entre 1840 y 1855, tres científicos, Matthias Schleiden, Theodor Schwann, y Rudolf Virchow, postularon la teoría celular, en la que se considera a la célula como unidad constitutiva de todo ser vivo, tema que trataremos en el capítulo 3.

La ciencia contemporánea se caracteriza por cuestionar hipótesis y postulados que se presentan como verdades absolutas, a los que se accede por la razón; y propone un proceso de trabajo científico más dinámico, una verdadera “construcción” de saberes. Este proceso implica que cualquier conocimiento puede ser cuestionado, invalidado y reemplazado por otro posterior que demuestre de manera más completa o más fehaciente un hecho considerado científico. Asimismo, todo conocimiento puede ser utilizado como pilar para sustentar nuevos hallazgos. Un ejemplo claro de esto fue el ya mencionado descubrimiento por parte del monje Gregor Mendel de las leyes de la herencia, que sentaron las bases de la genética.

Sus resultados fueron informados en 1866. En 1903 fue identificado el material hereditario del núcleo celular y recién en 1953 Watson y Crick describieron la estructura molecular del ADN. En la actualidad, la ingeniería genética señala distintas maneras de manipular ese ADN. La suma de estos conocimientos brindó nuevos horizontes al campo de la Genética. Desarrollamos todos estos temas en el capítulo 6.

Durante el siglo XX, no sólo la genética realizó importantes hallazgos sino que se logró por primera vez identificar muchos microorganismos patógenos. Sir Alexander Fleming descubrió en 1928 el primer antibiótico, la penicilina, con la que se combatieron eficazmente muchas de las enfermedades que los microorganismos producían. La



Rudolf Virchow



Microscopio de Virchow



Sir Alexander Fleming

lucha contra los microbios había comenzado con Pasteur y su “teoría de los gérmenes de la enfermedad” enunciada en 1862, y con Edward Jenner, el creador de la primera vacuna en 1796.

La ciencia actual no habla de cómo “es” la naturaleza sino que saca conclusiones a partir de las observaciones que los científicos hacen de ella. Es por ello que tiene un carácter crítico: está sometida a permanente revisión y refutación, ya que bajo este nuevo enfoque se parte de la premisa de que no hay, respecto de la naturaleza, verdades únicas ni incuestionables.

“Llegará una época en la que una investigación diligente y prolongada sacará a la luz cosas que hoy están ocultas: la vida de una sola persona, aunque estuviera toda ella dedicada al cielo, sería insuficiente para investigar una materia tan vasta... por lo tanto este conocimiento sólo se podrá desarrollar a lo largo de sucesivas edades. Llegará una época en la que nuestros descendientes se asombrarán de que ignoráramos cosas que para ellos son tan claras... Muchos son los descubrimientos reservados para las épocas futuras, cuando se haya borrado el recuerdo de nosotros. Nuestro universo sería una cosa muy limitada si no ofreciera a cada época algo que investigar... La naturaleza no revela sus misterios de una vez y para siempre.”

Séneca. *Cuestiones naturales*: Libro 7, Siglo primero.

(Tomado de *Cosmos*, de Carl Sagan).

### Ciencia y pseudociencia

Acabamos de ver que no cualquier conocimiento puede constituirse como un conocimiento científico, sino sólo aquellos que son demostrables a través de la aplicación rigurosa del método científico. Entre la ciencia y el saber cotidiano no formal existen disciplinas que han sido denominadas pseudociencias. Comparemos, por ejemplo, la astronomía (una ciencia) y la astrología (una pseudociencia). La primera se basa en el estudio del universo, de la naturaleza y de la localización y el comportamiento de los cuerpos celestes. Puede ser considerada la ciencia más antigua.

La astrología también se remonta a épocas muy remotas de las culturas caldea y babilónica. Ambas disciplinas tienen algo en común: sus postulados se basan en el estudio de los planetas y las estrellas. Los astrólogos confeccionan las cartas astrales, en las que ubican en un mapa celeste la posición exacta de todos los planetas en un día y una hora determinada. Hasta aquí, todo esto se basa en la aplicación de conocimientos científicos, pero... ¿por qué no podemos decir que un astrólogo es un científico? Porque realiza una interpretación sobre la supuesta influencia de los astros sobre las personas e inclusive realiza predicciones sobre su futuro basándose en la posición que éstos ocupaban el día y hora de su nacimiento (determinado en su carta astral). Esta interpretación no tiene rigor científico, puesto que no puede ser verificada. Esta es la razón por la cual se considera que la astrología es una pseudociencia.

Un caso similar ocurre con la alquimia. Averigüen en qué consiste esta milenaria pseudociencia y qué ciencia surgió a partir del trabajo de los alquimistas. Indaguen sobre la ovniología, su objeto de estudio y por qué se la considera una pseudociencia.

## El método científico experimental

La **comprobación experimental** consiste en reproducir cierto fenómeno natural en condiciones controladas, ya sea en el laboratorio o en el lugar mismo donde se produce en la naturaleza, para poder verificar y estudiar dicho fenómeno y extraer conclusiones sobre él.



Consiste en una serie de pasos ordenados (es decir, **sistematizados**):

1º) **Observación:** consiste en fijar la atención sobre un determinado elemento o fenómeno de la naturaleza y convertirlo en objeto de estudio. Para ello, la observación debe ser metódica, rigurosa, precisa y orientada; es decir que, mientras se observa, se debe realizar en forma paralela un relevamiento de datos y conocimientos previos sobre ese hecho para encaminar la nueva experimentación adecuadamente e identificar y enunciar claramente el problema que se debe resolver. La observación puede ser directa o puede facilitarse por medio de diversos instrumentos.

2º) **Hipótesis:** es una explicación provisoria sobre los hechos observados, o una respuesta posible al problema planteado. La traducción etimológica la define como “lo que se supone de algo”. Lógicamente, una hipótesis se sustenta en la observación y en los datos y conocimientos que previamente se recogieron y analizaron, que constituyen el marco teórico de la experiencia. Tiene un carácter predictivo, por lo que si ésta demuestra ser válida, permite anticipar el resultado cada vez que se presente ese mismo problema.

Por ejemplo:

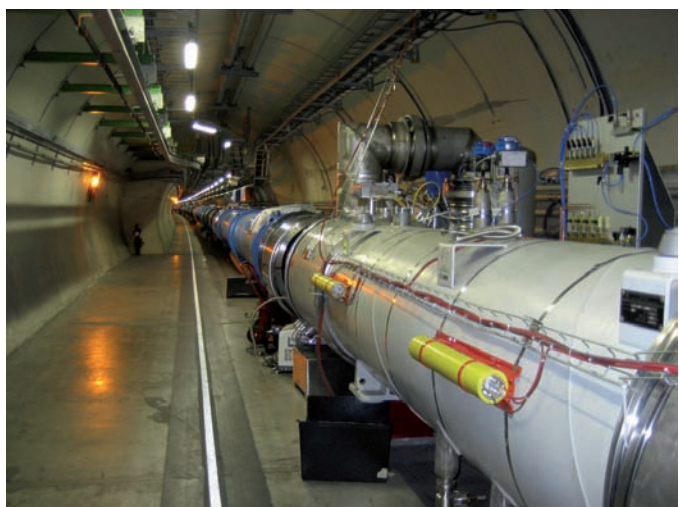
Si la dieta es pobre en hierro aparecerá una anemia.

Si una planta tiene hojas con zonas sin clorofila (como las de la hiedra) crecerá lentamente.

Si les doy a las gallinas un suplemento de calcio con el alimento, éstas pondrán más huevos.

3º) **Experimentación:** es el conjunto de procesos empleados para poner a prueba y verificar la hipótesis. Un experimento implica reproducir el fenómeno observado en condiciones similares e introducir variables para verificar cómo éste se modifica ante los cambios introducidos. Siempre se compara con respecto al testigo, en el cual no se introduce ninguna variación. Muchas veces se requiere de la construcción de dispositivos especiales sobre los que se lleva a cabo la experiencia. Se trata de modelos que recrean el fenómeno que se investiga.

Por ejemplo: en el capítulo 3 van a observar de qué manera, con un dispositivo, dos científicos, Harold Urey y Stanley Miller, intentaron reproducir las condiciones de la Tierra primitiva para experimentar cómo en ella habría surgido la vida.



Colisionador de partículas

Para comprender cómo se comportan las variables con respecto a un testigo, explicaremos un ejemplo sencillo de la vida cotidiana:

El dueño de una pizzería siempre amasó sus pizzas con harina común, agua, sal y levadura fresca. Un día descubre que la levadura también se vende en polvo, deshidratada. Decide entonces probar cuál le resulta mejor. Amasa una tanda de pizzas con la nueva levadura y la cocina (el lote o grupo experimental). Luego, necesariamente debe compararlas con las pizzas tradicionales (el lote testigo, sin variaciones), para determinar sin lugar a dudas cuáles salen mejor: con levadura fresca o con levadura en polvo. Precisamente, ésta es la variable que introdujo entre los dos conjuntos de pizzas. A continuación, debe determinar qué parámetros medirá para resolver cuál es la “mejor pizza”: ¿que leve más? ¿que tenga textura más suave al paladar? ¿que leve más rápido que la levadura fresca?

Ahora bien: imaginemos que en el momento de probar la nueva levadura, el pizzero decide hacer otra innovación: en lugar de usar agua utiliza leche. ¿Podrá determinar con certeza si las pizzas nuevas salieron mejor o peor que las que siempre amasa, debido al tipo de levadura empleada? Desde ya que no. Si las pizzas con la nueva levadura salieron mejores (por ejemplo, más altas y esponjosas que las otras) él no podrá saber con certeza si esto se debió al tipo de levadura o al hecho de haber usado leche en la preparación.

La conclusión es que no se puede introducir más que una variable por vez para observar cómo ésta se comporta con respecto al testigo.

A partir de esta explicación podemos definir tres tipos de variables:

- La **variable independiente** o manipulada: es el único factor que el investigador modifica, y tiene relación directa con lo que se pretende demostrar en la hipótesis. En el ejemplo sería el tipo de levadura.
- Las **variables constantes**: son todas aquellas que deben permanecer sin cambios durante la experimentación ya que, de lo contrario, podrían interferir en el resultado. En nuestro caso: el líquido con el que se amasa (leche o agua), la temperatura del lugar y el tiempo durante el cual se deja la masa levando, el tipo de harina (más o menos refinada), etc.
- La tercera variable es la **dependiente** o de respuesta: es la que se mide para obtener el resultado. Es dependiente de la variable independiente. Dicho de otro modo: si pensamos a la variable independiente como la “causa”, la dependiente sería la “consecuencia”. Para el pizzero puede ser, por ejemplo, la altura alcanzada por las pizzas.

¿Se animan a reproducir esta experiencia en la escuela? Pidan ayuda a sus docentes y pongan manos a la obra. No se olviden de registrar cuidadosamente los resultados. Piensen también cuál habrá sido la hipótesis que el pizzero pretendió demostrar.

Y por último... ¡Pueden armar un “pizza party” con sus compañeros y docentes!



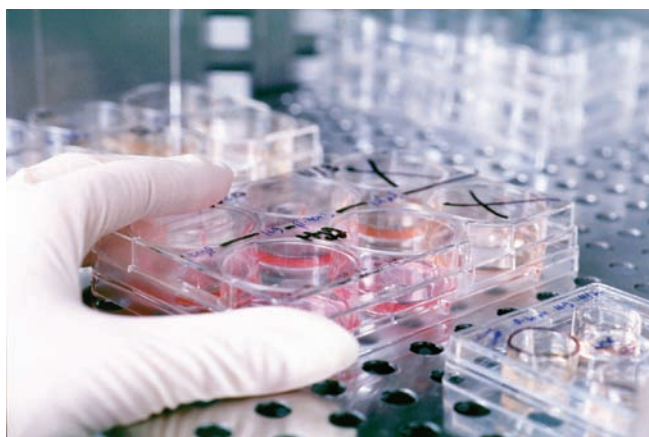
### Antes de seguir...

- 1) Analicen ahora ustedes alguna publicidad televisiva (puede ser de jabón en polvo, de desodorante de ambientes o detergente en gel) donde se muestre una situación experimental, y planteen cuál es la hipótesis que pretende demostrar. Expliquen cómo ponerla a prueba y determinen cada tipo de variable.
- 2) Diseñen una experiencia que incluya las variables para poner a prueba las hipótesis planteadas en el texto (punto 2 Hipótesis).
- 3) **Resultados:** a lo largo de la experimentación deben registrar los valores que va tomando la variable dependiente. Es sumamente importante determinar con precisión qué se medirá y de qué manera. En el caso en que se usan grupos o lotes sobre los que se experimenta, deben realizarse muchas mediciones sobre cada integrante y, a partir de estos datos, calcular valores promedio. La formación de grupos para experimentar hace que la experimentación sea más rigurosa y más representativa de la realidad. Los resultados se expresan mediante tablas y gráficos de barras o curvas. También se usan gráficos circulares o de torta.

Busquen en diarios y revistas gráficos de este tipo y expliquen con sus palabras lo que cada uno expresa, según el caso.

Es sumamente importante que los resultados de la experimentación sean **creíbles**. En este sentido, se debe privilegiar la objetividad con la que debe ser abordado el trabajo científico. Por muy tentador que sea para un científico torcer o alterar los resultados para que éstos se ajusten a su hipótesis, esto sería una grave falta de ética profesional.

- 4) **Conclusión:** es un análisis que resulta de la comparación de la hipótesis con los resultados obtenidos. Éstos permiten validar o refutar la hipótesis. Si del análisis se desprende que ésta es falsa, se deberá replantear la experimentación a partir de una nueva hipótesis. En el caso de que los resultados la den por válida, y que la misma hipótesis sea corroborada en repetidas experimentaciones, se puede hacer una generalización, que luego se transformará en ley. Del mismo modo, varias leyes pueden integrarse o relacionarse entre sí, y conformar una **teoría**.



Laboratorio  
Fotografía de Franklin Carrero





### Antes de seguir...

Lean el siguiente texto y transcriban cada paso del método científico. Deduzcan las variables que se debieron considerar.

#### Cerebro de músico

Científicos de la Universidad de Tubinga, Alemania, notaron que los músicos profesionales no ejecutan su música de la misma manera que aquellos que son aficionados, y sospecharon que el cerebro tiene influencia sobre esto. Propusieron que durante la ejecución se activaba una zona diferente del cerebro en cada uno.

Fueron convocados dos grupos de 10 músicos: uno formado por profesionales y el otro por aficionados. Todos eran violinistas, y se les pidió que tocaran la misma pieza de Mozart. Cada uno tenía conectados en su cabeza electrodos que les permitían a los científicos visualizar en una pantalla la zona del cerebro en la que se registraba actividad.

En los músicos profesionales la zona más activa era la que controlaba el oído, mientras que en los otros la zona que más trabajaba era la que controlaba el movimiento de los dedos. Al observar esto, los científicos dedujeron que se debía a que los músicos profesionales, a través de la práctica, lograron ejecutar de manera automática el violín, por lo que podían concentrar su atención en la melodía. Para los aficionados, todavía representaba una dificultad el movimiento de los dedos para ejecutar el instrumento, por lo que esta tarea requería una gran atención.

### Clasificación de las ciencias

No todas las ciencias utilizan la experimentación como forma de demostrar una hipótesis. Según su objeto de estudio y su método se las puede clasificar en **ciencias formales** y **ciencias fácticas**.

Mientras que las primeras construyen conceptos mediante la utilización de símbolos (números, por ejemplo), razonamientos y teorías, las fácticas emplean conceptos a partir de objetos o procesos de la realidad concreta, y se proponen conocer el mundo a través de sus **leyes causales**. Para esto se basan en la elaboración de hipótesis y la experimentación. El método de las ciencias formales, en cambio, es deductivo y abstracto, no se basa en hechos reales.

Las disciplinas formales son la Matemática y la Lógica. Las ciencias fácticas se clasifican a su vez en Ciencias Naturales y Ciencias Sociales. Estas últimas necesitan de las formales pero esta relación no es inversa: las ciencias formales son independientes de las fácticas.

Una de las ciencias naturales es la Biología, cuyo campo de conocimiento es muy amplio y requiere de la Física y la Química para ser comprendida.

La **Biología** estudia la composición química y los fenómenos físicos, la organización y evolución de la materia viva, su origen y las relaciones que se establecen entre los seres vivos y el ambiente que los rodea.

### La comunicación en la ciencia

#### I- La comunicación entre científicos: la interdisciplina

El progreso científico en la actualidad adquirió un ritmo vertiginoso. El caudal de conocimientos ha ido en constante aumento, por lo cual las ciencias se fueron dividiendo en especialidades y ya es imposible que un solo científico pueda dominar todos los campos de su disciplina. El campo de la Biología, por ejemplo, se subdividió en diversas especialidades: existen biólogos moleculares, biólogos celulares, genetistas, ecólogos, biólogos acuáticos, entre otras.

En este camino de construcción de la ciencia, caracterizado por la fuerte especialización, cobra fundamental importancia el vínculo entre científicos que hoy en día pueden mantener un fluido intercambio gracias a las nuevas vías de comunicación, que se suman a las que desde siempre fueron usadas por los investigadores.

Los congresos, simposios, jornadas y seminarios son encuentros en los cuales los hombres y las mujeres de la ciencia se reúnen para intercambiar conocimientos.

Las revistas científicas, muchas de ellas actualmente informatizadas, permiten el acceso a trabajos de investigación en los que los autores consignan todos sus datos para que los interesados puedan contactarlos fácilmente. La vía más frecuente y rápida de comunicación entre los investigadores es el correo electrónico.

Por otro lado, los institutos de investigación y las universidades tienen sus propias páginas web y a través de ellas es posible localizar a los científicos y conocer sus temas de investigación.

#### **Páginas web de algunos centros de investigación nacionales y de otros países:**

<a href="http://exactas.uba.ar">http://exactas.uba.ar</a>	Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires.
<a href="http://www.fcnym.unlp.edu.ar">www.fcnym.unlp.edu.ar</a>	Facultad de Ciencias Naturales y Medicina de la Universidad Nacional de La Plata.
<a href="http://www.mdp.edu.ar/exactas">www.mdp.edu.ar/exactas</a>	Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional de Mar del Plata.
<a href="http://www.unlu.edu.ar">www.unlu.edu.ar</a>	Universidad Nacional de Luján.
<a href="http://www.conicet.gov.ar">www.conicet.gov.ar</a>	Consejo Nacional de Investigación Científica y Tecnológica. Principal organismo impulsor de la ciencia a nivel nacional. Fue creado por Bernardo Houssay, Premio Nobel argentino.
<a href="http://www.ingebi-conicet.gov.ar">www.ingebi-conicet.gov.ar</a>	Instituto de Ingeniería Genética y Biología Molecular dependiente del Conicet.
<a href="http://www.leloir.org.ar">www.leloir.org.ar</a>	Fundación Instituto Leloir. Allí trabajó Luis F Leloir, Premio Nobel argentino.
<a href="http://www.pasteur.fr">www.pasteur.fr</a>	Instituto Pasteur de Francia.
<a href="http://www.cdc.gov">www.cdc.gov</a>	Centro para el control de enfermedades y prevención, Atlanta, USA. Junto con el Instituto Pasteur descubrieron el virus del sida.
<a href="http://www.who.org">http://www.who.org</a> <a href="http://www.paho.org">http://www.paho.org</a>	Organización Mundial de la Salud (OMS) y Organización Panamericana de la Salud (OPS).

Gracias a estos recursos, los científicos trabajan hoy en forma interdisciplinaria, es decir, en equipos en los que cada uno hace su aporte desde su área de conocimiento específico.

Pero no siempre la ciencia se manejó así. Veamos la siguiente lectura:

Extraído de *Ésta, nuestra única Tierra. Introducción a la ecología y medio ambiente*. Elio Brailovsky.

(...) Hoy la ciencia es tan compleja que nadie puede repetir la proeza de Dédalo o Leonardo da Vinci, de abarcar por sí solo todos los campos del saber humano. Pintar, diseñar máquinas para volar, construir fortalezas o inventar telares sería, en el futuro, obra de distintas personas. Así, la respuesta de la ciencia ante la complejidad del mundo fue compartimentarse en disciplinas cada vez más aisladas unas de otras. De este modo se formaron los especialistas, definidos a veces como “aquéllos que saben casi todo acerca de casi nada”, ya que para profundizar sus conocimientos tiene que reducir cada vez más su campo de acción (...).

¿Qué ganamos y qué perdimos con la especialización? Ganamos una alta tecnología, capaz de realizar los productos más sofisticados: satélites artificiales, computadoras, productos de ingeniería genética. Y lo que perdimos es la visión del mundo. Porque el mundo no es un amontonamiento de pequeños espacios investigables sino que es una totalidad. (...)

Pero hubo además un hecho que sirvió de desencadenante para revisar hacia dónde estábamos llevando la ciencia. Se trata de la construcción de la represa de Asuán en Egipto, sobre el Nilo. (...).

El equipo profesional estaba integrado, principalmente, por geólogos que analizaron la roca sobre la que se iba a asentar la represa, ingenieros que diseñaron las obras civiles y las turbinas, y economistas que calcularon el costo de la energía. Para la vieja concepción de la ciencia no hacía falta nada más.

Por esa razón, no se les ocurrió contratar a un ecólogo ni a un médico sanitaria. Cualquiera de ellos les habría explicado que en el Nilo vive un pequeño caracol de apenas 1 cm. de diámetro que es el transmisor de una enfermedad hasta ahora incurable, llamada esquistosomiasis (...). La represa, al cortar transversalmente el río, hizo más lentas las aguas. El resultado: una explosión demográfica de caracoles, e inmediatamente cientos de miles de personas contagiadas por esta enfermedad. (...)

No se enteraron de que la agricultura egipcia dependía completamente de las inundaciones anuales del Nilo que fertilizan las orillas en este país de suelos arenosos. El fenómeno era bien conocido y fue descrito hace 2500 años por Herodoto, quien calificó a Egipto como “un regalo del Nilo”.

La represa impide las inundaciones, lo que en cualquier lugar es una bendición menos en Egipto. Sin fertilización, los suelos decayeron rápidamente, y las arenas se adueñaron de los campos de cultivo: Egipto comenzó a importar alimentos en vez de producirlos.

Otro de los expertos de los que prescindieron fue un biólogo marino (...). Dado que el Nilo desemboca en el Mediterráneo y que sus sedimentos aportan abundantes nutrientes a sus aguas, en su desembocadura había grandes cardúmenes, que eran la base de una importante industria pesquera. La represa actuó como filtro y contuvo los sedimentos. Esto significó menor aporte de nutrientes al mar, con el consiguiente decaimiento de la pesca.

(...) La comunidad científica internacional se sintió casi tan conmovida como con la bomba atómica, aunque esta vez las causas eran diferentes. (...) La primera conclusión fue que los científicos eran inocentes. (...) La culpable era la ciencia. (...) Una ciencia ocupada en absorber trazos de la realidad en vez de abarcar totalidades (...) Era necesario pensar en una nueva forma de hacer ciencia, una ciencia capaz de integrar conocimientos en vez de fragmentarlos. Esto llevó al fortalecimiento de los estudios interdisciplinarios.

NOTA: la construcción de esta represa finalizó en 1972, y es considerada una obra maestra de la ingeniería moderna. Tiene 3,6 Km. de largo y 111 m de alto. Abastece de electricidad a Egipto.

## Antes de seguir...



A partir de la lectura: investiguen sobre la vida y obra de Leonardo da Vinci y sobre los campos del saber en los que incursionó.

¿Se puede evitar que existan los especialistas, teniendo en cuenta el grado de avance actual de la ciencia? ¿Cuáles son las ventajas y desventajas de este nuevo enfoque de la ciencia?

¿Qué aporte hace el trabajo interdisciplinario?

Expliquen con sus palabras los grandes problemas que causó la represa. ¿Cómo se podrían haber evitado?

En el texto se menciona que el gran progreso de la ciencia trajo como consecuencia un gran avance tecnológico. Discutan si es posible la situación inversa: ¿el avance tecnológico es necesario para el progreso de la ciencia? Busquen una definición de tecnología y compárenla con la definición de ciencia.



Fotografía de Rodolfo Clix

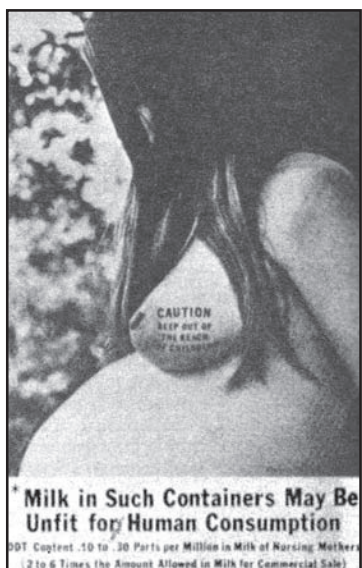
## II- La comunicación social de los conocimientos científicos: divulgación científica

El conocimiento científico tiene un carácter comunicable y público. Tan importante como la interacción entre científicos es la difusión de sus producciones al conjunto de la sociedad. Se habla de divulgación científica cuando los investigadores dan a conocer los resultados de sus trabajos por medio de un lenguaje accesible a cualquier tipo de público y en un estilo literario sencillo y ameno, en el cual el vocabulario específico se adapta y simplifica para que cualquiera pueda entender su significado. El objetivo es lograr que la ciencia no permanezca aislada de la sociedad, como una actividad exclusiva de personas altamente capacitadas, sino brindar el acceso a la alfabetización científica a todos aquellos que lo deseen.

A lo largo de los capítulos de este libro encontrarán referencias a diferentes libros de divulgación que les recomendamos para animarse a aprender un poco más sobre cada tema.

## El progreso científico: “se puede pero... ¿se debe?”

Según señaló la bióloga Susana Sommer en un reportaje realizado por el diario *Clarín*, todos fuimos educados con la idea de que el progreso es bueno y nunca tiene aspectos negativos.



### DDT

Al haber tan alta concentración de DDT en los cultivos, el resto de la cadena alimentaria (herbívoros, carnívoros y el hombre) también se contaminaron. El DDT se aloja en la grasa corporal humana y produce muchas enfermedades. Además, en la década del 60, en California, se analizó la leche materna y se encontró una cantidad de DDT de 2 a 6 veces mayor que la permitida para la leche de uso comercial. Es por eso que en esta publicidad se ve a una futura madre y sobre su pecho se lee “Precaución: manténgase fuera del alcance de los niños”. Al pie de la publicidad dice “La leche en estos envases puede ser inadecuada para consumo humano”.

Sin embargo, el vertiginoso avance de la ciencia, que permitió desarrollos tales como la manipulación genética pero también un invento como la bomba atómica –entre otros–, plantea una nueva connotación del progreso como algo potencialmente peligroso. Con respecto a esto, ella señala: “Frenar el avance es imposible. No corresponde limitar la libertad de investigación científica. Pero sí, lo que es imprescindible –y ético– es preguntarnos, en cada caso, cómo queremos usar cada uno de esos avances”. Según ella, hay que permitir el progreso de la ciencia pero debe estar presente un permanente debate ético sobre sus alcances y aplicaciones.

Otro aspecto potencialmente peligroso del avance de la ciencia es que muchas veces los ecosistemas sufren el impacto ambiental, a veces muy grave, de ciertas innovaciones científicas que supuestamente prestan un servicio al hombre pero por otro lado dañan irremediablemente su hábitat. Un claro ejemplo de esto fue el descubrimiento de un pesticida llamado DDT.

“Utilizado como panacea para erradicar los mosquitos portadores de malaria o las pulgas transmisoras de la fiebre tifoidea durante la Segunda Guerra Mundial, el uso del DDT se extendió rápidamente en la posguerra al control de malezas e insectos perjudiciales en la práctica agrícola (...). El químico alemán Paul Müller es galardonado con el Premio Nobel de química en 1948 por ‘el descubrimiento de las propiedades del DDT para salvar vidas’. Pero empiezan a aparecer los primeros inconvenientes cuando se observa que ciertos insectos adquieren resistencia al insecticida, lo que lleva a la aplicación de dosis cada vez mayores en los campos. En la primavera de 1956, ocurre en EEUU una mortandad masiva de aves en las regiones cerealeras (...). Se observa que las cáscaras de los huevos de las aves de corral son más delgadas (estos compuestos interfieren con el metabolismo del calcio)”.

Fuente: *Contaminación y ambiente: de eso no se habla*, M. Rodríguez y otros, Ediciones Aula Taller, Buenos Aires, 2005.

Bienvenidos a esta apasionante ciencia. Esperamos que disfruten aprendiendo.



## Antes de seguir...



- 1) A partir de lo leído expliquen el sentido del título del apartado de la página anterior.
- 2) Observen la siguiente historieta de Quino. ¿A qué área de la biología se refiere? Debatan entre ustedes sobre lo que interpretan de la historieta, y si los argumentos de los laboratorios son válidos y por qué. Para debatir pueden averiguar previamente qué son los alimentos transgénicos, y los argumentos a favor y en contra de su uso.

GÉNESIS-Primer relato-29) Dijo Dios: VED QUE OS HE DADO TODAS LAS PLANTAS QUE PRODUCEN SIEMIENTE SOBRE LA FAZ DE LA TIERRA PARA QUE OS SIRVAN DE ALIMENTO A VOSOTROS.



DESDE ENTONCES, DURANTE MILES DE AÑOS, LA HUMANIDAD SIGUIÓ RECIBIENDO AQUEL CELESTIAL REGALO EN CADA COSECHA.



MÁS HE AQUÍ QUE UN DÍA UNOS SEÑORES DIJERON: VED QUE EL REGALITO DE DIOS ES UNA PORQUERÍA COMPARADO CON LAS SEMILLAS TRANSGÉNICAS OBTENIDAS EN NUESTROS LABORATORIOS.



ESO SÍ, SUPERAR A DIOS NOS HA COSTADO MUCHO DINERO, ASÍ QUE HEMOS PATENTADO NUESTRAS BIO-SEMILLAS Y QUIEN LAS SIEMPRE DEBERÁ PAGARNOS UN MODESTO DERECHO DE AUTOR.



Y TAN GRANDE PODER TENÍAN ESTOS SEÑORES QUE SUS SEMILLAS Y SUS GANANCIAS COMENZARON A CRECER Y A EXPANDIRSE SOBRE TODA LA FAZ DE LA TIERRA.



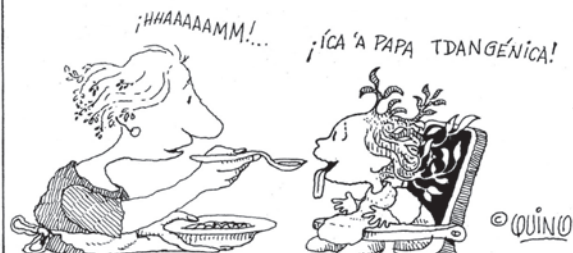
FUE ASÍ COMO, DE EMPOBRECIDAS NACIONES, SE ALZARON VOCES CLAMANDO AL CIELO: SEÑOR... ¿CÓMO ES POSIBLE QUE ALGUIÉN SE ENRIQUEZCA COBRÁNDONOS POR MANIPULAR UN REGALO QUE NOS DISTE A TODOS?



PERO DIOS NO DICE NADA.



TAL VEZ PORQUE SUPONE QUE ALGÚN DÍA APRENDEREMOS A DEFENDERNOS DE NOSOTROS MISMOS.



### Conocimiento científico:

Es el que se adquiere mediante la investigación y verificación permanente. Es verificable, porque las hipótesis son avaladas por pruebas que pueden ser constatadas, es explicativo, porque explica los acontecimientos singulares en el marco de pautas generales (leyes); y es acumulativo, es decir que puede servir de base para nuevos experimentos.

### Comprobación experimental:

Reproducción de un fenómeno natural en condiciones controladas.

### Ética:

Investigación filosófica de la conducta desde el punto de vista de los juicios de valor, es decir, de lo bueno, lo malo; lo correcto o incorrecto; lo valioso o reprochable.

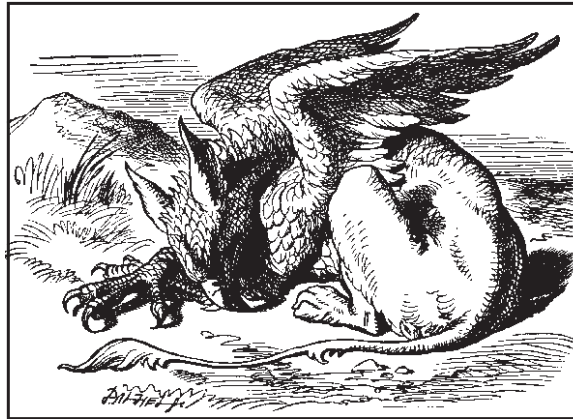


Fractal, fotografía de Lars Sundström

*Fractal* significa quebrado o fracturado, y es una estructura que está presente en muchos elementos naturales



## EVOLUCIÓN: DIVERSIDAD Y CAMBIOS EN LOS SERES VIVOS



### Un enigma filosófico: ¿podría existir una naturaleza diferente a la que conocemos?

¿Se pusieron a pensar en la existencia de una naturaleza distinta a la que nos rodea? ¿Qué seres la conformarían? ¿Qué formas, colores y olores tendrían?, ¿de qué material estarían hechos y cómo sería su aspecto físico?, ¿cuáles serían sus capacidades? ¿En qué paisaje habitarían?

## ¿Sabías que....?

... una creencia común era que gusanos, bacterias, ratones, larvas, ranas y otros seres considerados “desagradables” no podían ser resultado de la creación Divina, por lo cual algunos estudiosos sostenían que, bajo ciertas condiciones, estos se originaban por **generación espontánea**, es decir, a partir de elementos inanimados.

### Mutabilidad:

En esa época (hablamos del siglo VII a. C.), era sinónimo de “posibilidad de cambio”. No tenía el mismo significado con el que actualmente se la emplea en genética, en que una mutación se define como alteración química del material genético o ADN.

### Fijismo:

Teoría que sostiene que las especies existentes han permanecido más o menos invariables desde su aparición sobre la Tierra.

### Creacionismo:

Teoría que sostiene que la naturaleza es creación de Dios.

Las imágenes que ilustran la página anterior corresponden a diversos bestiarios. Un bestiario es un compendio de bestias reales o imaginarias. Este tipo de libros se hizo muy popular durante la Edad Media.

Elijan alguna de ellas y, de acuerdo con las características físicas que pueden observar, intenten determinar cuáles serían su hábitat y sus costumbres; ¿a qué responde el aspecto que poseen?

## Ciencia y religión: conflictos y desencuentros para explicar el origen de los seres vivos

Las cuestiones sobre las fuerzas creadoras de la naturaleza inquietaron al hombre desde tiempos muy remotos en los que aún no se contaba con un riguroso método científico para poder resolverlas. Estos planteos que el hombre se hacía se vinculaban más que nada con la filosofía y la religión y, claro está, las proposiciones que se elaboraban partiendo de esa base resultaron muy imprecisas, y muchas de ellas, incorrectas.

A partir del análisis de los dibujos que realizaron, ustedes seguramente habrán encontrado una correlación entre las formas, los hábitos y los lugares ocupados por cada ser vivo. Pero... ¿habrán sido siempre iguales a los actuales? Si pudiéramos observar fotografías de una misma localización terrestre tomadas a lo largo de miles de años, comprobaríamos las sustanciales variaciones que tuvieron lugar no sólo respecto del paisaje sino también de la diversidad y el aspecto de los seres vivos que lo habitaban.

## Fijismo, mutabilidad y creacionismo

Los primeros que se plantearon estos interrogantes fueron los filósofos de la Grecia Antigua, a partir del siglo VII antes de Cristo. Ellos sostenían que los seres vivos cambiaban con el transcurso del tiempo, y hablaban de la **mutabilidad** de las cosas y de los seres. Anaximandro de Mileto o Empédocles, por ejemplo, en sus intentos por describir el origen de los elementos de la naturaleza, siempre incluyeron la noción de que las formas vivas **no eran fijas**. Empédocles, particularmente, señalaba que en el mundo había una serie de unidades con las cuales se podían configurar diferentes seres vivos sin tener

en cuenta la cantidad de partes que lo compusieran. Para él, generar un ser vivo era posible a partir de reunir diferentes elementos: brazos, cabezas, piernas, en todas las combinaciones imaginables. Estas combinaciones originarían a veces seres aberrantes, inviables para la vida, en cuyo caso sus partes volverían a separarse. Así, sólo permanecerían vivos aquellos que poseyeran características compatibles con la vida. En estas acciones de “armar” o “desarmar” seres, actuaban dos fuerzas contrapuestas: el amor y el odio.

Sin embargo, estas ideas “de avanzada” no prosperaron. Otros pensadores, a partir del siglo V después de Cristo, estaban convencidos de que los organismos vivientes permanecieron inmutables o invariables desde que hicieron su aparición en la Tierra. La mayoría de ellos hablaba de un acto creador de Dios por medio del cual toda la Tierra fue poblada con los seres vivos que actualmente conocemos. Esta corriente de pensamiento fue conocida como **Fijismo** (fijo= invariable), y sus seguidores se llamaron fijistas; y a los fijistas que sostenían que la naturaleza toda era creación de Dios, se los llamó **creacionistas**.

#### Creencias extrañas: una receta

El científico Van Helmont postuló, por ejemplo, que para crear ratones se debía poner una camisa de hombre sudada y granos de trigo en una habitación y dejarla cerrada hasta que tuviera lugar el proceso de **putrefacción**. Al cabo de unos cuantos días aparecerían esos animales, que se formaban, según él, a partir de los granos. El sudor, según Van Helmont, suministraría el principio vital para originar vida. También existía la convicción de que las ranas caían del cielo cuando llovía, que en los lugares húmedos se formaban bichos bolita, o que la carne podrida generaba gusanos que posteriormente se transformaban en moscas.

Entre los defensores de estas ideas se cuentan brillantes científicos:

→ **Karl Von Linné (Linneo)**. Fue un botánico sueco (1707 / 1778) de tendencia fijista y creacionista, autor del *Sistema Naturae*, obra en la que realizó una clasificación de plantas y animales a partir de sus características biológicas similares observables, con lo cual sugirió la existencia de parentescos entre diferentes formas de vida, a pesar de que él nunca reconoció que una forma pudiera derivarse de otra semejante.

Con el objetivo de exponer la diversidad de la creación divina, realizó una clasificación de miles de especies de flora y fauna que le llegaban de los lugares más remotos. En efecto, algunos coleccionistas europeos le enviaban a Linneo especímenes diversos que hallaban durante sus cacerías por toda Europa y otros continentes. Así, logró establecer semejanzas que le permitieron agruparlos en unidades de clasificación llamadas **taxones**. Pertenecen a un mismo taxón aquellos seres que tienen un conjunto de características iguales entre sí.

Linneo estableció la existencia de tres reinos: **mineral, vegetal, y animal**.

Su gran mérito fue la invención de un sistema que permitió ponerles “nombre y apellido” a los seres vivos, llamado nomenclatura binomial. De esta manera, abrió un nuevo campo dentro del área de la biología, cuyos especialistas se ocupan de buscar criterios de clasificación para agrupar a los organismos: la **Taxonomía**.

## Especie:

En la época de Von Linné se definía como perteneciente a la misma especie a toda población natural que comparte los mismos rasgos morfológicos (aspecto). Más adelante retomaremos este término para ampliar su definición.

## Fósil:

La palabra deriva del latín *fossile*, que significa “lo que se extrae de la tierra” y designa a aquellos restos o improntas de organismos que constituyen evidencia reconocible de vida en el pasado (huesos, huevos, huellas de plantas o de pisadas de animales).

## Taxón:

Es cada una de las subdivisiones de la clasificación biológica, desde la especie, que se toma como unidad, hasta el filo o tipo de organización.

## Nomenclatura binomial

Esta clasificación ideada por Linneo permitió agrupar miles de especies y visualizar similitudes y diferencias entre grupos de organismos. El botánico utilizó el latín, idioma universal, para designar al **género** en el cual englobaba a todos los seres con características comunes. Dentro de cada género, creó subgrupos a los que bautizó con el nombre genérico y un segundo término asociado, generalmente un adjetivo: la **especie**. El nombre elegido para la especie suele aludir a alguna característica observable o al científico que por primera vez la describió. En muchos casos, actualmente, se utiliza esta clasificación.

Algunos ejemplos de la clasificación de von Linné son:

***Homo sapiens*** (hombre pensante): nombre científico del hombre, que hace alusión a su inteligencia.

***Apis mellifera*** (abeja melífera): el nombre de la especie sugiere que produce miel.

***Rhea darwinii***: ñandú. En este caso, el segundo término alude a Charles Darwin, que observó a estas aves en nuestra Patagonia y las describió luego en diversos trabajos.

### A propósito del ñandú, dice Darwin:

“... Por fortuna, se habían conservado la cabeza, el cuello, las patas, las alas y la mayor parte de las plumas grandes y de la piel. Por tanto, pude reconstruir un ejemplar casi perfecto, que está hoy en el Museo de la Sociedad Zoológica. Al describir Mr. Gould esta nueva especie, me ha conferido el honor de darle mi nombre”. Extraído de *Un naturalista en el Plata*, extracto de la edición original de *Viaje de un naturalista alrededor del mundo* de Charles Darwin. Buenos Aires, 1978, CEAL.

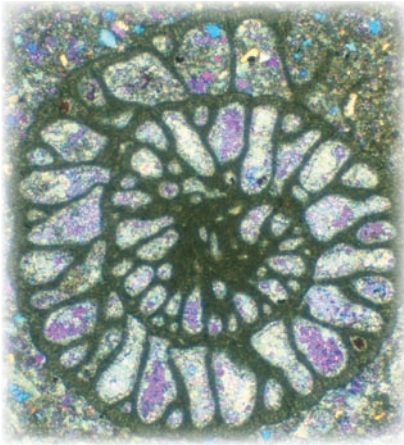
→ **Georges Cuvier**: fue un zoólogo francés que nació en 1769 y murió en 1822.

Fue el más destacado especialista en anatomía comparada zoológica, el primero en clasificar al reino animal teniendo en cuenta la estructura de cada individuo; es decir, su morfología, la que, a su vez, estaba completamente subordinada a la función. Conocía, incluso, los mínimos detalles de animales y fósiles y, a partir de la minuciosa observación de éstos, podía deducir su especie y modo de vida.





Fósiles

**Paleontología:**

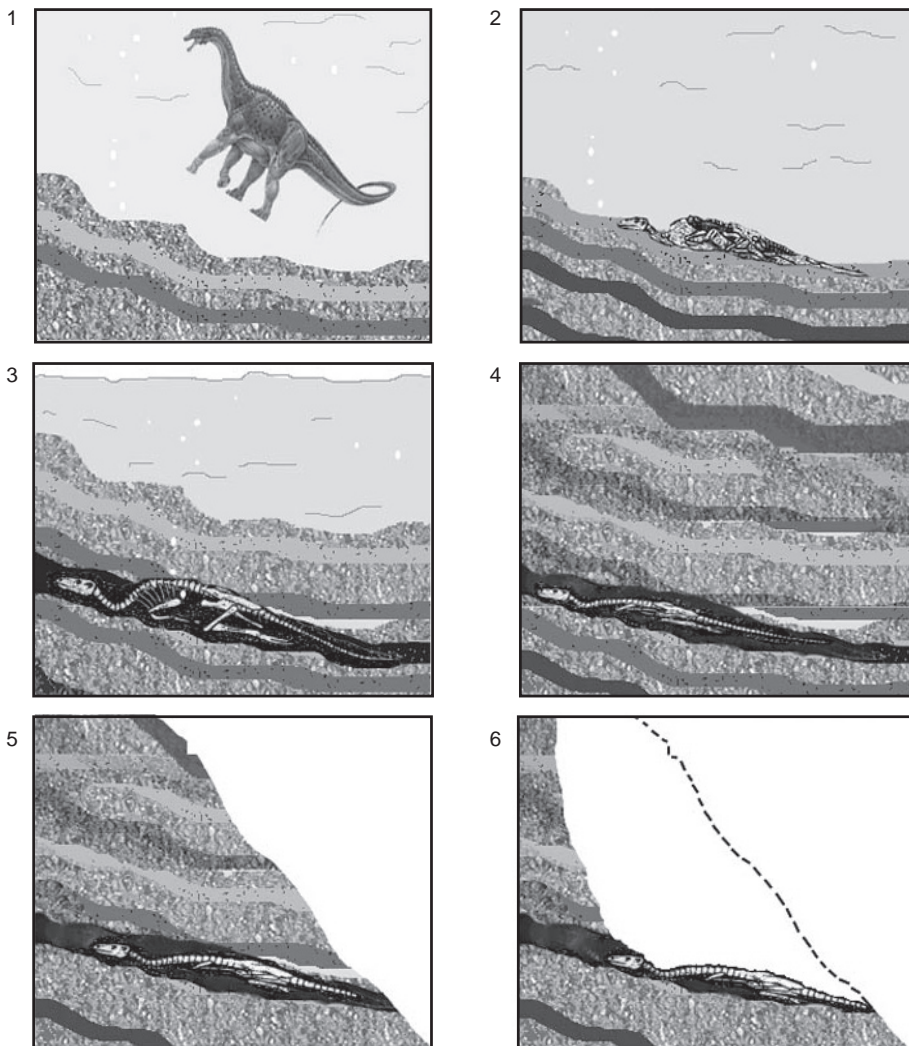
Es la ciencia que, por medio del estudio de los fósiles, intenta describir el pasado de la vida sobre la tierra.

Teniendo en cuenta los datos proporcionados por la anatomía comparada, Cuvier dispuso una clasificación de los animales en: vertebrados, moluscos, articulados y radiados. Cada uno de estos grupos se definía por la disposición particular de los sistemas esenciales que conformaban a cada animal: el cerebro y el aparato circulatorio, por ejemplo. Introdujo en su obra el principio de “correlación de las partes”, según el cual las características funcionales y estructurales de los órganos del cuerpo de un animal están necesariamente relacionadas entre sí y con el entorno. Los hábitos de un animal, según Cuvier, determinan su forma anatómica. Por ejemplo, los animales que poseen cuernos y pezuñas tendrán siempre una dentición herbívora.

Se lo considera el impulsor de la **paleontología**. Se dedicó a estudiar los estratos fósiles de las canteras de piedra caliza ubicadas en los alrededores de París, y comprobó que en tres diferentes momentos de la historia de la Tierra, los restos fosilizados de animales marinos y terrestres se reemplazaban unos a otros, pero que no había formas de vida intermedias. Observó entonces que, cuanto más profunda era la capa estudiada, los fósiles hallados daban cuenta de estructuras muy distintas de las de animales vivientes en ese momento. Aplicó el ya mencionado principio de la correlación de partes, y se basó en él para reconstruir esqueletos completos de cuadrúpedos desconocidos, lo cual le permitió demostrar que una gran cantidad de especies de animales se habían extinguido.

Según Cuvier, cada estrato reflejaba el transcurso de miles de años y, a través de la evidencia fósil, dejaba la huella de los seres que habían vivido en la tierra.

Al encontrar esas discontinuidades (la desaparición de algunos fósiles y aparición de otros diferentes entre estratos sucesivos) supuso que, a pesar de que las especies eran esencialmente inmutables, ciertas catástrofes naturales, por ejemplo, grandes diluvios, habían aniquilado toda la fauna terrestre, que debió ser creada nuevamente. Su teoría fue conocida como **catastrofismo** y fue muy bien recibida en esa época, dada su similitud con los relatos bíblicos.



## Secuencia de aparición de un fósil y su posterior descubrimiento

- 1) El animal muerto se hunde en el fondo de un lago.
- 2) La carne comienza su proceso de descomposición; gradualmente, va quedando expuesto el esqueleto. Mientras tanto, los sedimentos cubren el cadáver.
- 3) La carne se ha descompuesto por completo, y más capas de sedimento se acumulan sobre el esqueleto.
- 4) Los sedimentos acumulados sobre el esqueleto tienen un espesor cada vez mayor. El peso de éstos comprime las capas más bajas, que forman franjas más estrechas que se transforman en roca. Mientras tanto, los huesos se aplanan y se mineralizan.
- 5) Los movimientos en el interior de la tierra elevaron las capas y la erosión forma un valle a través de los estratos. Algunos huesos, finalmente, asoman al exterior y ruedan por la ladera de la colina.
- 6) Los paleontólogos, luego del descubrimiento del fósil, excavaron la roca para exponer al fósil por completo.

## La extinción masiva de los dinosaurios: una catástrofe a la medida de Cuvier

Extraído de C. Tambussi y G. López, *Dinosaurios, de aquí, de allá, de verdad y de mentira*. Buenos Aires, Colihue, 1994.

“Esta teoría fue sugerida en 1980 por dos investigadores de la Universidad de California, Luis y Walter Álvarez; el primero, Premio Nobel de Física en 1968 y padre del segundo, geólogo. Su teoría señala que un gran meteorito colisionó con la Tierra y produjo una catástrofe de tal magnitud que tuvo como consecuencia la desaparición de esta especie. Los Álvarez, junto con otros dos colegas, Frank Asaro y Helen Michel, encontraron en 1978 en Italia concentraciones inesperadas de un elemento muy raro en la Tierra: el iridio (...) éste se hallaba en las capas que se depositaron en el límite Cretácico-Terciario. Semejante concentración de iridio sólo podía ser explicada como proveniente del espacio exterior. (...) Así, los sedimentos encontrados, tendrían su origen en la caída de un cuerpo extraterrestre (un meteorito o un asteroide), de unos 10 km de diámetro hace 65 millones de años. (...) Se ha intentado simular las consecuencias que podría traer consigo tremendo impacto: el polvo levantado oscurecería la atmósfera por varios meses. Los rayos solares no podrían atravesar esa nube de polvo y rebotarían al espacio exterior, con la obvia variación de la temperatura ambiental. Sin sol, el frío sería inevitable, al menos en un primer momento. Sin luz, las plantas no podrían hacer fotosíntesis y morirían irremediablemente; tras de ellas, los animales que dependen de las mismas para su subsistencia. (...) Gracias al geofísico Glen Penfeld, al fin se supo: el impacto (del meteorito) habría sido sobre la península de Yucatán, en México”.

## Otros estudiosos de los fósiles...

Paralelamente a la investigación de Cuvier, el agrimensor inglés William Smith visitaba las excavaciones mineras en diferentes zonas de Inglaterra y, tras una cuidadosa observación del registro fósil, estableció que cada estrato, independientemente del lugar geográfico en el que se encontrara, contenía ciertos tipos de fósiles en particular, y que la presencia de esos rastros particulares servía para identificar estratos de una misma época geológica.

A partir de las ideas de Smith se enunció lo que actualmente se conoce como el “principio de identidad paleontológica”, que señala dos conceptos fundamentales: por un lado, todo fósil contenido en un mismo estrato tiene igual antigüedad; por otro, si el mismo fósil se encuentra en estratos diferentes, estos estratos tienen igual antigüedad.





## Antes de seguir...

Relean la frase de Buffon y justifiquen por qué la religión se oponía a sus ideas y si aceptaba las de Cuvier. Ayuda: pueden consultar en la Biblia el libro del Génesis, Capítulo 1.

## → Georges Leclerc de Buffon (1707-1788).

Autor de *Historia natural* (voluminoso libro escrito entre 1749 y 1787). Inició sus investigaciones antes que Cuvier, pero se dedicó a estudiar los estratos rocosos. Postuló que la corteza terrestre estaba conformada por la acumulación de depósitos de sedimentos. Lógicamente, las capas más profundas eran más antiguas que las más superficiales; por lo tanto, una observación cuidadosa de esa secuencia permitía reconstruir la historia de los seres vivos en la Tierra. Concluyó que las plantas y animales se habían ido reemplazando unos a otros: si bien había evidencias de que algunas especies habían desaparecido, otras habían aparecido en su lugar. Sin embargo, no habló de catástrofes que aniquilaban periódicamente a todas las formas de vida sobre la tierra, sino que se arriesgó a declarar:

*Si fuera cierto que el asno y el caballo descienden de los mismos progenitores, también el hombre, el mono, los cuadrúpedos y todos los demás animales podrían considerarse como miembros de una sola familia, y no sería erróneo suponer que a través del tiempo la naturaleza haya ido produciendo todos los seres orgánicos a partir de un solo ser inicial.*

No sólo planteó que los seres vivos variaban e iban acumulando estas variaciones a lo largo del tiempo y que se transformaban unos en otros (por lo tanto, no eran inmutables) –de ahí que sus ideas fueran las precursoras del llamado **transformismo**– sino que también postuló que todos los organismos se habrían originado de un mismo antepasado común. Si bien no fueron enunciadas como una teoría, estas ideas revolucionarias –e inaceptables– chocaron fuertemente en el ámbito de una sociedad muy religiosa y rígida como la de entonces, por lo cual Buffon se vio obligado a desdecirse. A pesar de ser duramente combatido en su época, sus ideas trascendieron y abrieron camino a las posteriores teorías evolucionistas.

Al mismo tiempo que Buffon investigaba el campo de la biología, el geólogo James Hutton se dedicaba a investigar el origen de minerales y rocas para llegar a una clara comprensión de la conformación de la superficie de la Tierra. En 1785 presentó sus conclusiones en su *Teoría de la Tierra*. El título completo de la investigación es *Teoría de la Tierra, o una investigación de las leyes observables en la composición, disolución y restauración de la Tierra alrededor del globo*.

## Teólogo:

Persona que estudia los atributos de Dios y las cosas divinas.

En este trabajo introdujo el concepto de **uniformismo**, un principio que señala que los procesos naturales que actuaron en el pasado son los mismos que actúan en el presente.

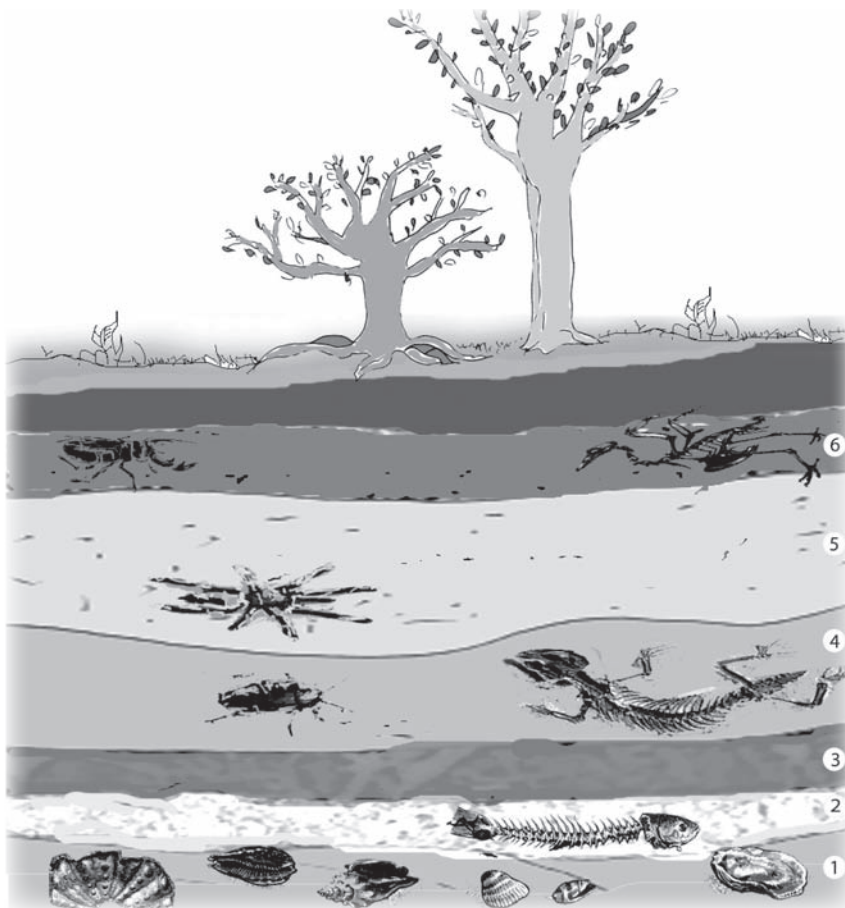
Hutton llegó a la conclusión de que estos procesos operan tan lentamente en la actualidad como lo habían hecho en el pasado y que, por lo tanto, el paisaje que nos rodea tardó millones de años en formarse. Si bien los teólogos estimaban que la Tierra tenía unos 6.000 años de antigüedad, él señaló que debía de ser mucho más antigua, porque los procesos a los que él se refería debieron insumir mucho más tiempo.

Señaló que en muchos lugares hay evidencias de que las rocas que encontramos hoy en día sobre la superficie de la Tierra se han formado en gran parte a partir de otras rocas más antiguas.

El uniformismo se opone al catastrofismo establecido por Cuvier.

### Un mismo origen para todas las formas de vida: teoría del ancestro común

Imaginen que forman parte de una expedición paleontológica que acompaña a Cuvier y Buffon y que, tras excavar el suelo, quedan al descubierto una serie de estratos en los que se encuentran restos petrificados. Hemos identificado cada uno con un número:



Seguramente Buffon o Cuvier se habrán formulado interrogantes como los siguientes. Intenten responderlos ustedes:

¿Cuáles serán los fósiles más antiguos? ¿Cómo se dieron cuenta de eso? ¿Podrían agrupar fósiles según sus semejanzas? ¿Cómo quedarían formados los grupos?

En un área cercana se encuentra el siguiente fósil, perteneciente al Arqueopterix.

¿En qué capa de los sedimentos lo ubicarían?



Fósil de Arqueopterix

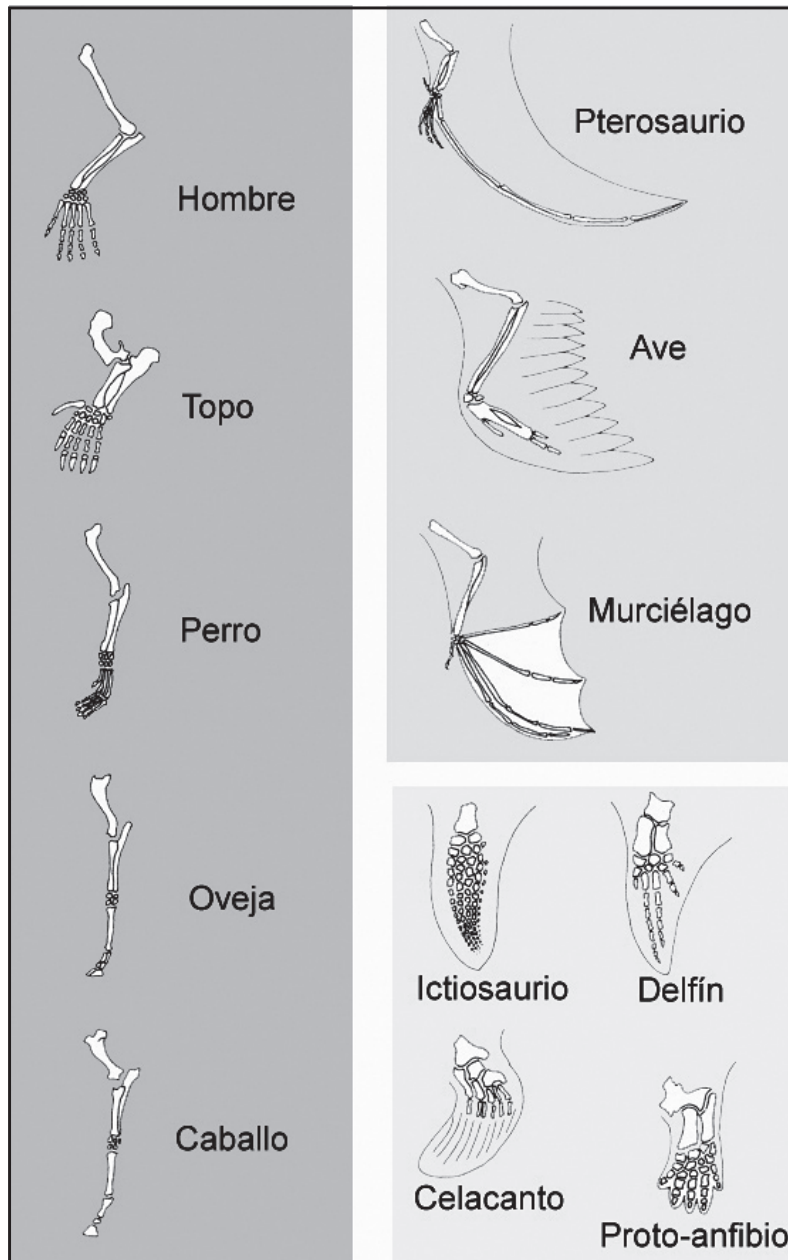


Ilustración de un Arqueopterix

Observen atentamente los fósiles de cada estrato: ¿habrá sido siempre igual el paisaje de ese lugar? Fundamenten su respuesta.

A partir de la observación que realizaron, ¿apoyarían ustedes las ideas transformistas de Buffon? Discutan sobre este tema.

Si bien la sociedad de la época era reacia a aceptar estas ideas, las evidencias de que los seres vivos cambiaban con el tiempo y de que algunos estaban emparentados entre sí eran abrumadoras. Un ejemplo claro que demuestra este parentesco es el siguiente: aunque el ala de un murciélago, el brazo del hombre, la aleta de un delfín y la pata cavadora de un topo son indiscutiblemente diferentes, si se estudian sus estructuras óseas, puede reconocerse claramente que todas las extremidades tienen en común los mismos huesos pero que estos están “moldeados” de forma distinta. Intenten establecer el paralelismo en el siguiente dibujo:



Esquema de las extremidades delanteras de algunos vertebrados



A pesar de tener aspectos distintos y de ser útiles para cumplir diferentes funciones, a todas las estructuras que son coincidentes en su conformación interna se las denomina **homólogas**. Esto corrobora la teoría de un mismo antepasado que se habría diversificado y originado así esta variedad de formas.

**¡Atención! No todo lo semejante asegura un parentesco. Lo importante es “lo de adentro”...**

Observen las siguientes imágenes:



Ambos tipos de patas son asombrosamente iguales, puesto que sirven para la misma función: cavar. Pero... ¿serán coincidentes sus estructuras internas? El grillo es un insecto y, por supuesto, no tiene huesos, mientras que el topo sí posee esqueleto, por lo tanto, sus extremidades son de diferente origen: están conformadas por distintas anatomías internas. Lo curioso es que cumplen la misma función. Por eso, a este tipo de estructuras se las denomina **análogas**. Al ser internamente tan distintas se corrobora que estos seres no están estrechamente emparentados entre sí (uno es un insecto y el otro un mamífero), aunque posean extremidades de igual aspecto externo.

### **Nos estamos yendo por las ramas...**

Como no queremos que esto ocurra, sintetizaremos las ideas que iban tomando forma en el ámbito científico de esa época:

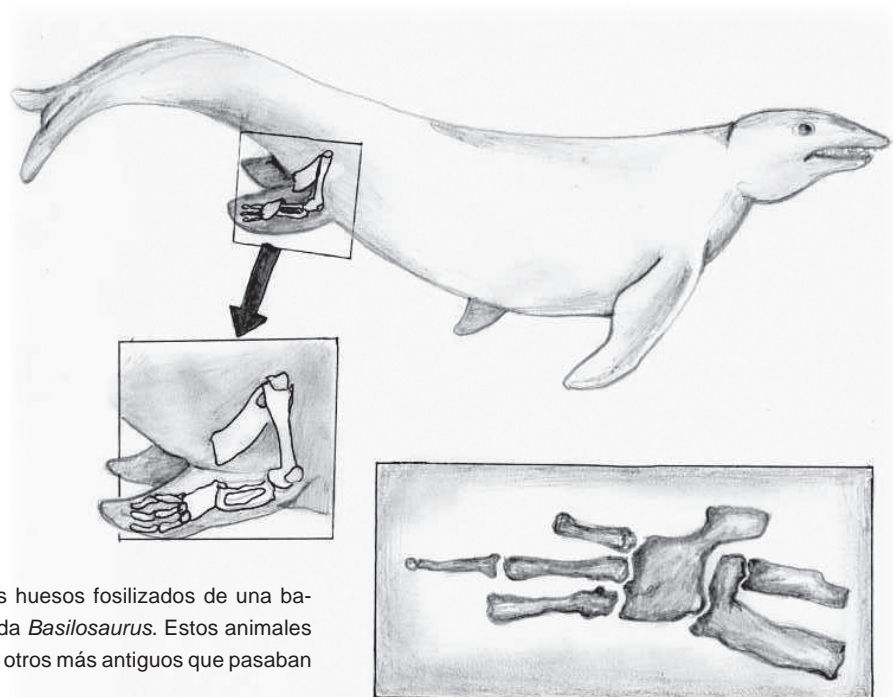
- Se podían establecer correlaciones (homologías, analogías), entre los seres vivos y también entre los fósiles de acuerdo con sus semejanzas y diferencias (como demostró von Linné), por lo cual muchos de ellos podrían estar emparentados.
- El orden linneano (es decir, la clasificación por género y especie) de los seres vivos actuales y la sucesión cronológica registrada en los fósiles mostraban una clara correspondencia (corroborada por la aparición posterior de formas intermedias de fósiles emparentados, como el Pterosaurio). Se podía pensar que unos derivaban de otros.

Lógicamente, este proceso demandaría muchos miles de años, y mientras sucediera tendría lugar además el lento proceso de formación de estratos (Teoría del uniformismo de Hutton), en los que iban quedando atrapados organismos representativos de cada etapa.

- Con todas estas evidencias también se podía deducir que hubo algún ancestro común a todos los seres vivos que habría existido en tiempos remotos.

### ¿Qué son las formas intermedias?

El fósil del pterosaurio es una forma intermedia entre reptiles y aves, ya que presenta características de ambos. También representa un caso de transición la aparición de fósiles de ballenas extinguidas (encontradas en Egipto y Pakistán), que poseían extremidades posteriores pequeñas.



La imagen representa los huesos fosilizados de una ballena primitiva, denominada *Basilosaurus*. Estos animales estaban relacionados con otros más antiguos que pasaban poco tiempo en el agua.

Estos restos representan la secuencia de aparición, a partir de mamíferos terrestres **tetrápodos**, de los mamíferos acuáticos con miembros anteriores transformados en aletas y ausencia de miembros posteriores.

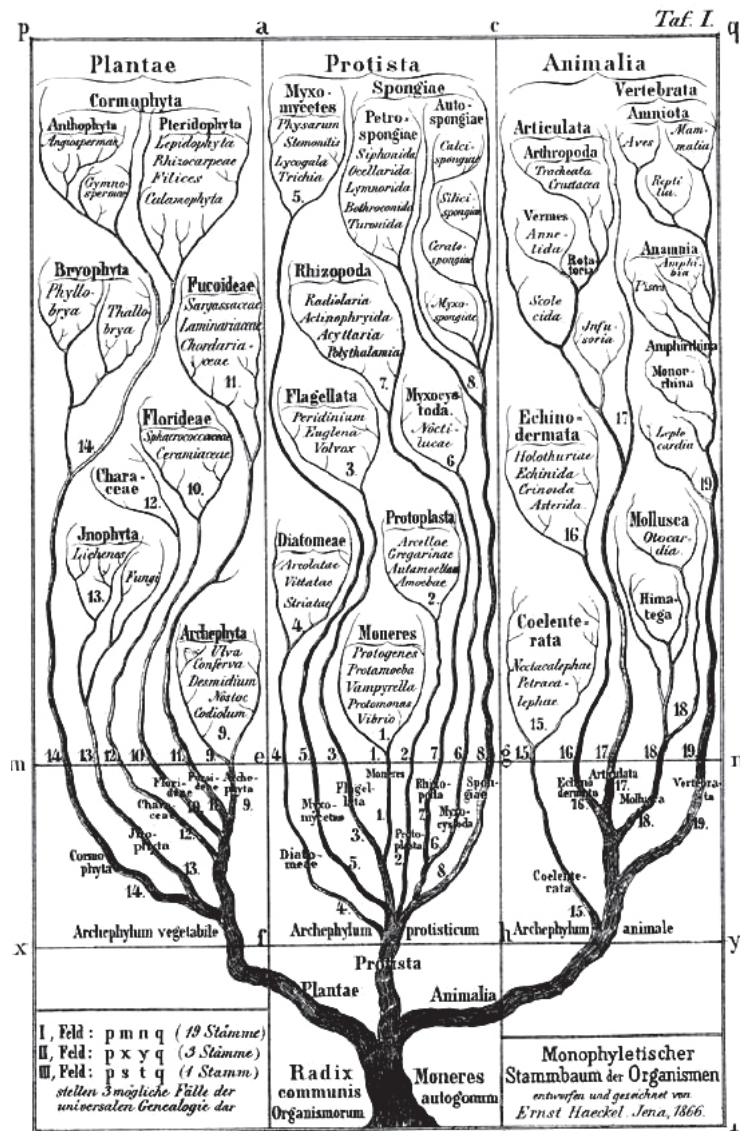
#### **Tetrápodos:**

Animales vertebrados que poseen dos pares de extremidades con cinco dedos en cada una: anfibios, reptiles, aves y mamíferos.

### Y hablando de ramas...

Si visualizáramos la historia de la aparición de los seres vivos en la Tierra como un árbol que, al ramificarse, da origen a nuevas especies (ramas) a partir de otras, y pudiéramos reconstruir esa historia en forma retrospectiva, ¿cuál sería la raíz de ese árbol? ¿Cuál sería el origen de todo? ¿Serían varios seres o uno sólo? Esta cuestión, bastante complicada de resolver, será presentada en el próximo capítulo.

La analogía del árbol es muy utilizada para graficar la **filogenia**, es decir, la historia evolutiva de un grupo de organismos. El mayor o menor grado de parentesco y el momento de su aparición en la historia de la Tierra se reflejan en la forma de ubicar las ramificaciones. El término fue propuesto en 1866 por el biólogo alemán Ernest Haeckel, autor, además, del primer **árbol filogenético**.



Árbol filogenético propuesto por Haeckel en 1866, basado en sus estudios con microscopio, que determinaron la presencia de un nuevo grupo, los protistas, en el cual estaban incluidos bacterias, protozoarios y algunas algas y hongos.



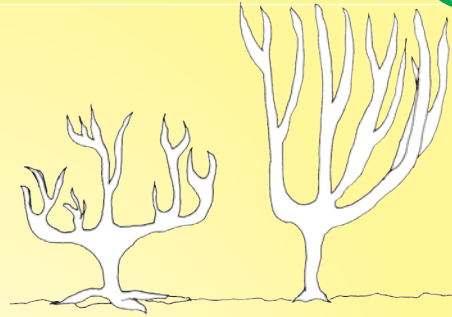
## Antes de seguir...



Hay árboles y árboles... Análisis de un modelo

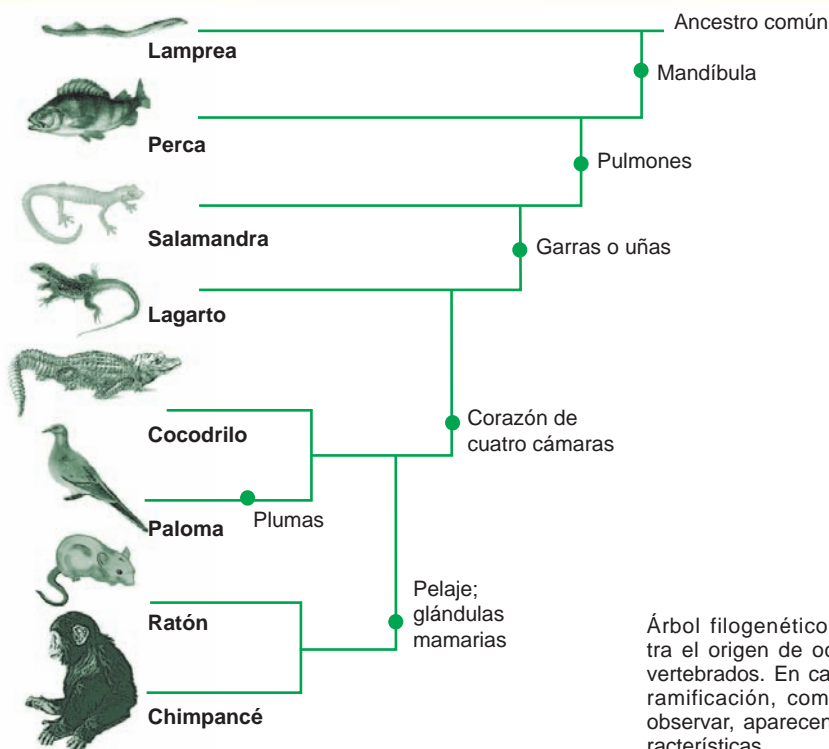
1) Luego de observar los dibujos, respondan:

¿En qué parte del árbol se localizarían los seres vivos actuales? ¿Qué representa la altura a la que se abre cada nueva rama? ¿Qué significa que un árbol sea más ancho que el otro? ¿Y que uno sea más bajo que el otro, teniendo en cuenta que la escala de tiempo es la misma para ambos?



2) Análisis de un árbol filogenético:

El siguiente es el árbol filogenético que muestra el origen y el parentesco de ocho vertebrados: También aparecen mencionadas características que se van incorporando a medida que se diferencian las ramas filogenéticas. Observen y respondan:



¿Qué características son comunes al cocodrilo, la paloma, el ratón y el chimpancé?

¿Qué características comparte con todos ellos la salamandra? ¿El cocodrilo está más emparentado con el lagarto o con la paloma? Justificá tu respuesta. ¿Cuál es el animal más primitivo de todos? ¿Cuál el de más reciente aparición? Explicá cómo te diste cuenta.

## Cladogramas

Los cladogramas (del griego *klados* = rama) son representaciones gráficas usadas en la actualidad para visualizar un grupo de especies y todos sus descendientes a partir de una única especie ancestral.

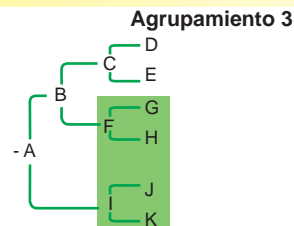
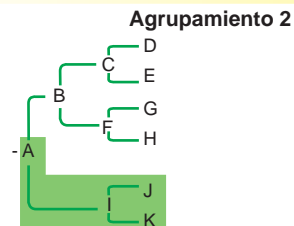
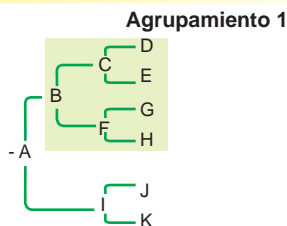


### Antes de seguir...

Analizá ahora el siguiente cladograma:



Los siguientes son tres agrupamientos posibles de especies sobre un mismo árbol filogenético.



**Agrupamientos monofiléticos, parafiléticos y polifiléticos.**

*Nota: las letras A, B, etc. designan especies diferentes*

- Repasá la definición de cladograma y determiná cuál de esos agrupamientos constituye uno.
- ¿Cuál es la especie que posee columna vertebral, mandíbulas articuladas y, además, camina en cuatro patas? ¿Y la que no tiene ninguna de estas características?

## Del transformismo al evolucionismo: las ideas de Lamarck

Jean Baptiste de Lamarck nació en 1744 y murió en 1829. Gran estudioso, cursó varias carreras: Teología, Medicina, Literatura, y Ciencias naturales. Publicó dos libros de Zoología. Fue él quien creó el término *biología* para referirse a la ciencia que estudia a los seres vivos. Como era botánico autodidacta, Buffon le consiguió trabajo en el Jardín Botánico de París. También era docente, y fue en ese ámbito en el que expuso lo siguiente:

*Durante mucho tiempo he creído que en la naturaleza se dan especies inmutables... Ahora estoy convencido de que en ese sentido estaba equivocado.*

La suya fue la primera teoría científica que presentó un mecanismo de cambio denominado por él mismo **transformismo**, y fue dada a conocer oficialmente en 1809.

Se basaba en diversas premisas:

- Los cambios en el ambiente producen nuevas necesidades en los organismos.
- Todos los seres vivos tienden, por instinto, a la perfección. Esto origina en ellos un “impulso interno” que les permite lograr una mayor complejidad y mejor adaptación al medio a través de cambios en sus formas y comportamientos.
- Los cambios que aparecen se originan en el uso o en la falta de uso de alguno de sus órganos (un mayor uso provoca su desarrollo; un menor uso, su atrofia). De ahí surge la frase: “La función hace al órgano”.
- Estos cambios en los organismos son transmisibles a la descendencia (herencia de las características adquiridas).

Entre otros ejemplos famosos, Lamarck ilustraba su teoría explicando el origen de las largas patas y dedos de las garzas. Estas aves se alimentan caminando por las orillas de los ríos y lagunas. En su esfuerzo por no hundirse en el terreno blando, fueron alargando sus dedos para sostenerse mejor, y alargaron sus patas para mantener su cuerpo alejado del agua. La descendencia de estos ejemplares trajo la nueva característica incorporada, y los hijos continuaron con este mismo “impulso interno”.

Antes de seguir...



Otro ejemplo famoso: el caso de las jirafas.



Luego de observar estos dibujos, relaten cómo explicaría Lamarck la aparición de jirafas con cuello largo.

¿Cómo hubiera explicado Darwin el origen del cuello largo de las jirafas?

Realicen una secuencia dibujada del proceso y luego compárenla con lo propuesto por Lamarck

Así, esta adaptación se perpetuó en estas aves, llamadas **zancudas** debido a la peculiar altura de sus patas.

Las ideas de Lamarck se basaban en una creencia errónea: la posibilidad de transmitir a la descendencia una característica adquirida durante la vida de un individuo. Si esto fuera así, una sociedad como la nuestra, en la que son tan importantes la perfección física y el éxito, estaría de parabienes: bastaría con practicar fisicoculturismo para tener hijos con músculos muy desarrollados, o convertirse en cantante de ópera para garantizar que los descendientes tendrán un futuro asegurado como cantantes líricos. También se podría esperar que un árbol que creció inclinado hacia un lado por desarrollarse en una zona muy ventosa, por ejemplo, generase otros con las mismas características.



Los ejemplos que demuestran que los hijos no heredan las características que los padres desarrollan a lo largo de su vida son innumerables. El otro punto erróneo de su teoría era el que indicaba que ese “impulso interno” generador de cambios siempre haría aparecer cambios positivos “a la medida” de las necesidades del individuo. A pesar de todo, el gran mérito de la teoría de Lamarck fue que señaló la existencia de un proceso de cambios en los seres vivos al que él denominó **adaptación** del individuo al ambiente.

Lo que sigue es un fragmento extraído del libro *Qué es (y qué NO es) la evolución. El círculo de Darwin*, de María Susana Rossi y Luciano Levin.

“– ¿Qué significa ‘fijismo’? –pregunté, volviendo a la conversación.

Fijismo y transmutación eran dos concepciones opuestas sobre el origen de las especies, vigentes cuando Darwin inició su carrera científica. El fijismo sostenía que las especies, luego de su creación, se reproducían sin cambios, manteniéndose idénticas al tipo original. –Huxley exhaló una voluta de humo espeso, que tomó la forma de algo así como un caballo o quizás una jirafa, que ascendió hacia el techo–. Por otro lado, para el fijismo, las especies habían sido creadas por un ser superior, en forma independiente unas de otras. (...)

¿Y la transmutación? –pregunté, siguiendo con atención la constelación de figuras de humo que navegaban en lo alto de la sala.

Los defensores de la transmutación –respondió Huxley– consideraban que la evolución se producía debido a los cambios que ocurrían durante la vida de los individuos. Los animales, por ejemplo las jirafas, respondiendo a un ‘impulso’ interno, estiraban cada vez más sus cuellos para alcanzar las hojas altas de las copas de los árboles. (...)

De esa manera, en respuesta a los estímulos del ambiente, las sucesivas generaciones de jirafas tendrían cuellos cada vez más largos. Es decir, el organismo sufriría una transmutación gradual a lo largo de su propia vida, y la transmitía a sus descendientes. (...)

¿Y quiénes tenían razón? –pregunté.

Ninguno de los dos. Ni el fijismo ni la transmutación estaban en lo cierto. (...)

## ¿Qué son las adaptaciones?

El término **adaptación** se define en la actualidad como la suma de cualidades específicas que ajustan a un individuo con su ambiente.

Estas cualidades pueden ser de tres tipos:

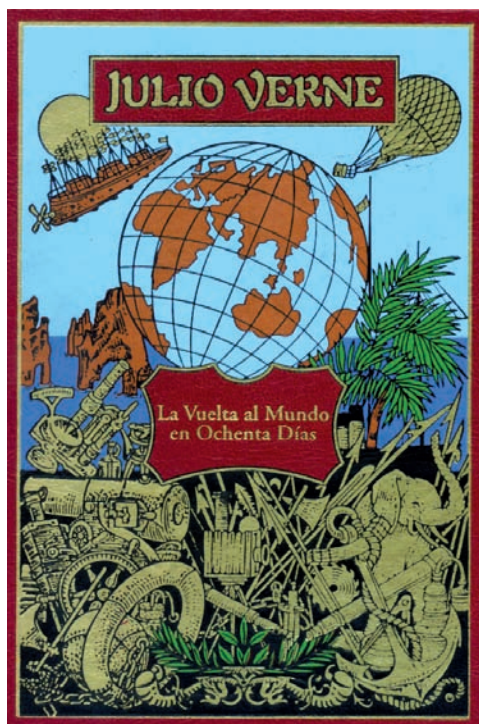
- ➔ **Morfológicas o estructurales:** relacionadas con formas o aspectos del cuerpo, por ejemplo, los diferentes tipos de dientes que tienen los animales de acuerdo con su dieta habitual, las garras de los carnívoros, etc...
- ➔ **Fisiológicas o funcionales:** estas son las características de funcionamiento de los órganos que les permiten a los individuos habitar diferentes ambientes. Por ejemplo, los mamíferos marinos tienen una gran capa de tejido adiposo – grasa – superficial. Cuando se sumergen en aguas de bajísimas temperaturas, logran mantener estable su temperatura corporal (recuerden que tienen sangre caliente), lo cual limita a un mínimo la sangre que circula en este tejido graso; de este modo evitan la disipación de calor.
- ➔ **Etológicas o comportamentales:** se refiere a las conductas que les permiten a los animales obtener recursos de su ambiente para mantenerse vivos y también para poder reproducirse. Cabe aclarar que esta capacidad de poseer ciertos comportamientos depende mucho del grado de desarrollo del sistema nervioso de cada ser vivo. A mayor desarrollo, mayor complejidad de las conductas. Por ejemplo, los pájaros que, como el “bicho feo”, se alimentan de pequeños animales acuáticos, cuando pescan un caracol lo golpean varias veces contra una piedra para romper el caparazón y poder ingerirlo fácilmente.

**Piensen ustedes en otros ejemplos de cada tipo de adaptación.**



La teoría de Lamarck provocó muchas resistencias en el ambiente científico de la época; aunque fue rápidamente acallada por el prestigioso catastrofista Cuvier. Por aquel entonces, Cuvier hizo valer sus ideas fácilmente por sobre las de su rival, aunque no hubiera pruebas demostrables que justificasen sus teorías. Además de la fuerza de las argumentaciones académicas, el catastrofismo, como ya dijimos, contó con la ventaja de sumar adeptos rápidamente en la sociedad religiosa de esa época. Cuvier era un personaje muy influyente, que poseía un título nobiliario (era barón), y era profesor de la famosa universidad de La Sorbona. Lamarck, por su parte, era una persona solitaria y abocada a su trabajo y evitaba la exposición pública.

Pero hubo alguien que no sólo no ignoró los dichos de Lamarck, sino que los usó como piedra fundamental para apoyar sus nuevas y revolucionarias ideas: Charles Darwin.



Portada de *La vuelta al mundo en 80 días*, de Julio Verne

**Julio Verne:** (1828-1905) escritor francés destacado por sus novelas de aventuras. Fue uno de los fundadores del género de ciencia ficción. Entre sus obras más importantes figuran: *Viaje al centro de la Tierra* (1864), *De la Tierra a la Luna* (1865), *La vuelta al mundo en ochenta días* (1873).

### La “revolución” de la evolución

#### Una aventura que cambió la ciencia: “La vuelta al mundo en cinco años”

Seguramente, el escritor Julio Verne hubiera encontrado una rica fuente de inspiración en los relatos de Charles Darwin y su largo viaje a bordo del buque hidrográfico inglés HMS Beagle.

En 1831, el joven e inquieto Darwin contaba ya con 22 años (Verne acababa de nacer), y aceptó la invitación para participar de una misión científica en la que se proponía realizar un relevamiento cartográfico de las costas de Sudamérica. Pero... ¿Quién era este hombre (hoy sería apenas un jovencito), para haber recibido semejante invitación?

#### ¿Quién fue Charles Darwin?

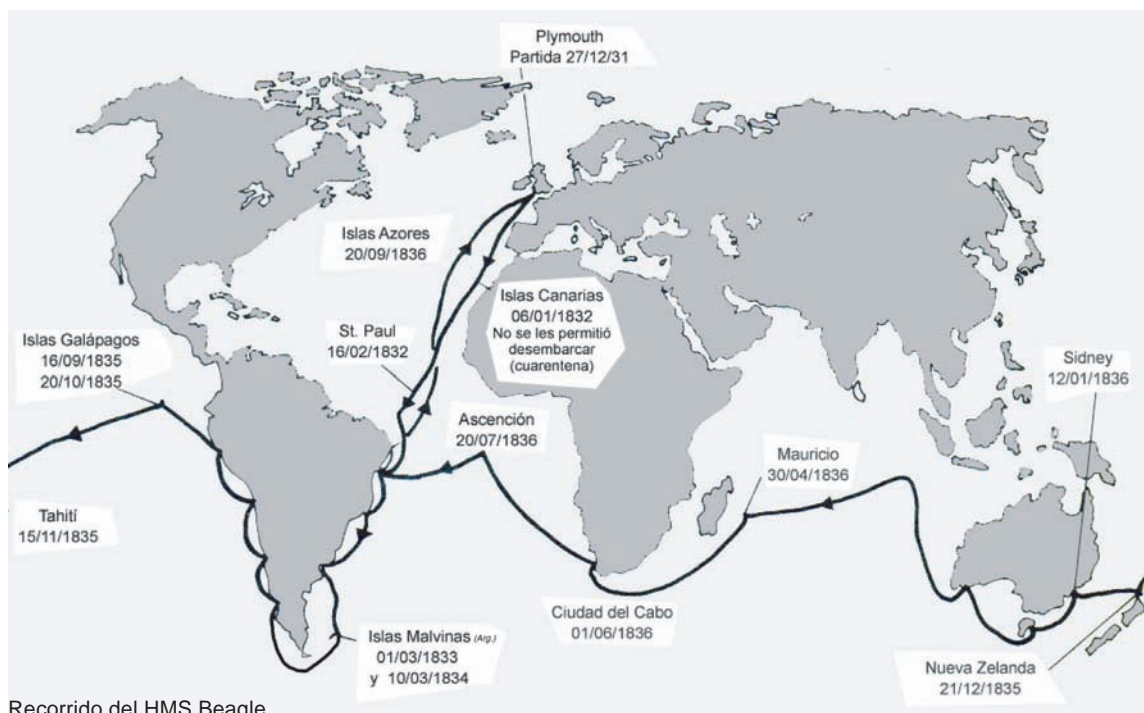
**Charles Darwin** (Inglaterra, 1809-1882). Su infancia no se diferenció demasiado de la de cualquier otro niño, excepto por su extrema curiosidad sobre la naturaleza. Leía, observaba, recolectaba y clasificaba especímenes. Su abuelo, Erasmus Darwin, había sido médico del rey (y tenía ideas transformistas), su padre era médico, y se suponía que Charles siguiera con la tradición familiar, ya que le aseguraría un próspero futuro económico. Como a Charles no le gustaba la medicina, y menos aún la cirugía —que en ese momento se practicaba sin anestesia—, se fue

de la Universidad de Edimburgo a la de Cambridge, donde se graduó como clérigo. Un religioso profesor de botánica descubrió su talento y no dudó en recomendarle que se presentara ante el capitán Fitz Roy (otro joven de 26 años), quien estaba a punto de iniciar una expedición con su buque, el HMS Beagle de la Armada británica, con una importante misión: estudiar las costas de Sudamérica para realizar mapas precisos y libros que incluyeran información sobre el litoral. Esta información era imprescindible para los capitanes de barcos en épocas de expansión colonial de Europa. Darwin, recién graduado como clérigo, con conocimientos de medicina y miembro de una clase social alta acorde a la del capitán, fue inmediatamente aceptado.

### Un viaje fructífero: “El comienzo de mi verdadera vida”

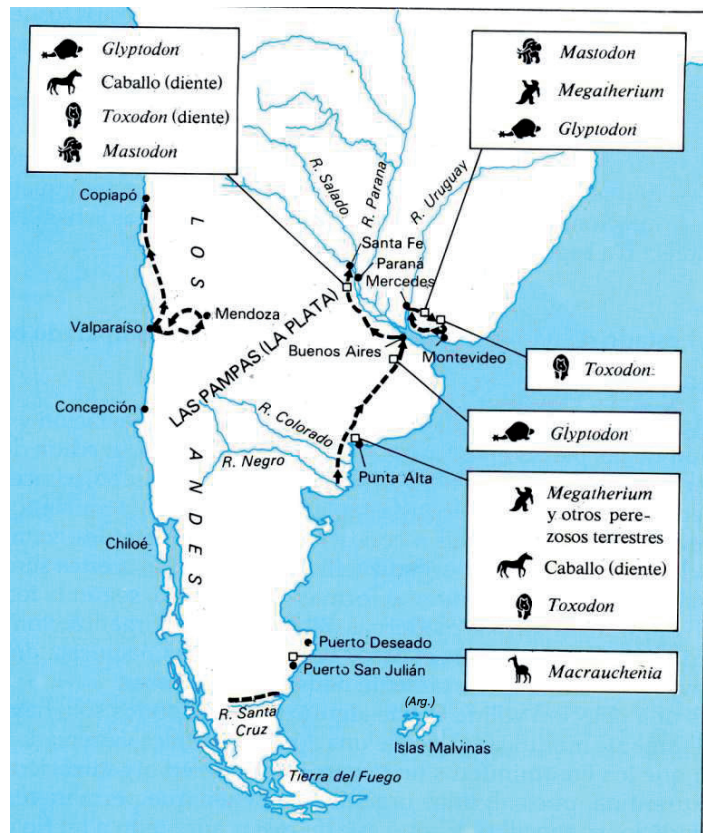
Con estas palabras sintetizó el mismo Darwin la experiencia vivida al recorrer el mundo. El 27 de diciembre de 1831 comenzó el viaje que se extendió por cinco años, hasta el 2 de octubre de 1836.

“El capitán Fitz Roy, comandante de la expedición, deseaba llevar a bordo de su buque un naturalista (...). Me presenté, y gracias a la influencia del capitán Beaufort, ingeniero hidrógrafo, los lores del Almirantazgo tuvieron a bien aceptar mis servicios. Permítaseme, pues, expresar toda mi gratitud al capitán Fitz-Roy, porque a él debo el haber podido estudiar la historia natural de los diferentes países que visitamos. Añadiré que, durante los cinco años que pasamos juntos, tuve siempre en él un amigo sincero y obsequioso. También quiero manifestar mi agradecimiento a los oficiales del Beagle, que tan bondadosos fueron siempre conmigo”. Extraído de *Un naturalista en el Plata*.



## El encuentro de Darwin y Rosas

Cuando llegó a Carmen de Patagones, en 1833, Darwin fue a entrevistarse con Juan Manuel de Rosas, quien acampaba a orillas del Río Colorado durante su campaña del desierto. Más tarde escribió: "Es un hombre de carácter extraordinario, que ejerce la más profunda influencia sobre sus compatriotas. (...) Mi entrevista terminó sin que sonriera ni una sola vez". También hizo cuidadosas anotaciones sobre los indígenas de Tierra del Fuego y su gran variedad de tipologías. Todo esto quedó registrado en su libro *Viaje de un naturalista alrededor del mundo*.



El mapa muestra los puertos de América del Sur en los que atracó el HMS Beagle y algunas de las especies que identificó Darwin en este continente.

Los viajes de exploración costera, como el del Beagle, constituían una gran oportunidad para los naturalistas debido a la lentitud con que viajaban estos barcos, que estaba determinada por su misión. El trazado de mapas tomaba tiempo, se visitaba cada puerto, se medían bancos de arena, se exploraban bahías para comprobar si servían de refugio... Las oportunidades de descender a tierra y realizar observaciones y colectas de material eran innumerables. Aprovechando las ocasiones en las que el buque tocaba tierra, el joven naturalista disfrutaba realizando largos recorridos en los que tomaba nota de sus observaciones y dialogaba con los lugareños.

La gran ventaja de haber realizado un viaje tan abarcador y extenso significó la posibilidad de integrar toda la información recogida en puntos distantes del planeta. Darwin pudo hacer observaciones comparativas entre plantas y animales americanos y de otras regiones o continentes. Teniendo en cuenta la **biogeografía**, es decir, su distribución geográfica, pudo expresar algunas conclusiones:

- Las especies con parentesco más cercano tienden a encontrarse en una misma región geográfica.
- En regiones lejanas pero de características similares se encuentran especies de aspecto semejante. El ejemplo que sigue ilustra perfectamente estas conclusiones:



“El guanaco o llama silvestre es el cuadrúpedo característico de las llanuras de la Patagonia. Representa en la América meridional al camello de Oriente. En estado natural, con su cuello largo y sus delgadas piernas, es un animal elegante. Es muy común en todos los lugares templados del continente y se extiende hacia el sur hasta las islas inmediatas al Cabo de Hornos. Vive por lo general en pequeños rebaños formados por un número de individuos que oscilan entre la media docena y la treintena, aunque a orillas del Santa Cruz hemos visto uno que debía componerse por lo menos de quinientos”. (Charles Darwin, *El viaje del Beagle*, 1833).

### Antes de seguir...



- 1) Busquen otros ejemplos paralelos de plantas o animales que se encuentren en diferentes continentes y tengan similitudes.
- 2) Para pensar... Relean atentamente estas observaciones de Darwin. ¿Se podría decir que desde la biogeografía se confirma la posible existencia de un único antepasado común para todos los seres vivos? Fundamenten su respuesta.

### La pista de las Galápagos: un experimento natural

Desde el 16 de septiembre hasta el 20 de octubre de 1835, el buque permaneció atracado en el pequeño archipiélago de las Islas Galápagos (ver ubicación en el mapa de la página 45).

Darwin se encontró allí con una fauna muy especial y diferente: tortugas terrestres gigantes, iguanas marinas únicas y ciertas aves diferentes a las del continente. Se detuvo en la observación profunda de los pinzones (pertenecientes a la avifauna local), y observó que presentaban variaciones morfológicas según cada una de las islas en las que habitaban. Se trataba de trece tipos diferentes, pero sus evidentes similitudes hicieron pensar a Darwin que su parentesco era muy cercano. Las principales diferencias radicaban en las formas de los picos, que él asoció con los recursos alimentarios que cada isla proveía.



Tortugas gigantes en las Islas Galápagos  
Fotografía de Eva Schuster

Observen atentamente las siguientes imágenes y diferencien los picos de cada pinzón:



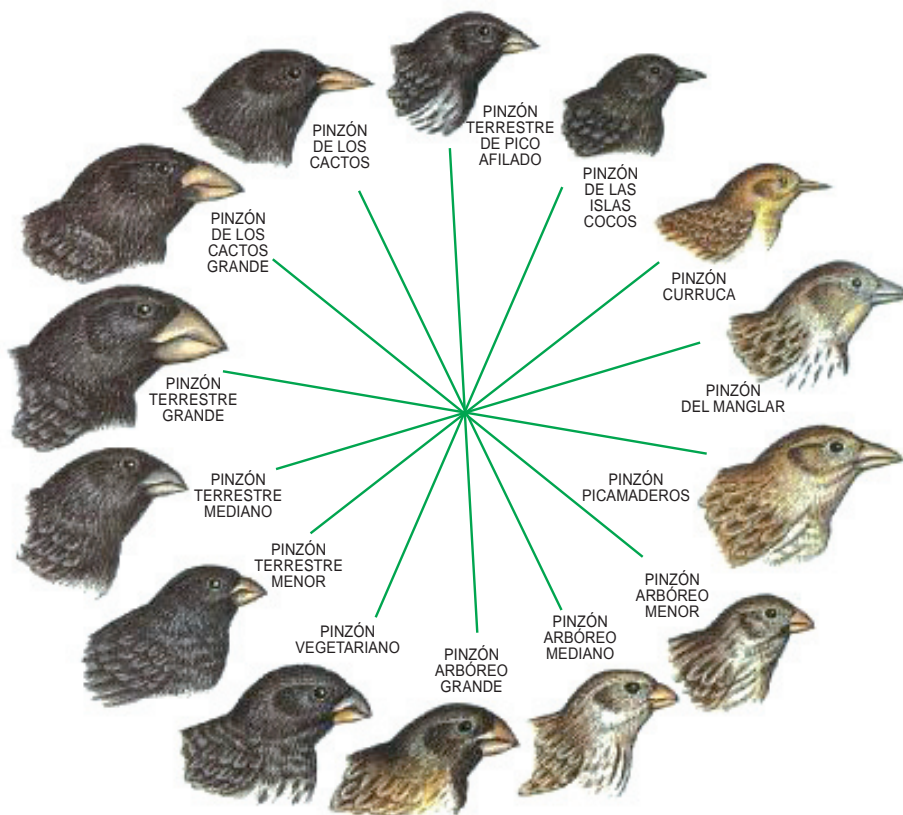
Pinzón cactero. Su pico le permite desgarrar y comer las flores y la pulpa del cactus



El gran pinzón terrestre posee un pico que está adaptado para comer las semillas que caen al suelo



El pinzón gorjeador verde puede comer insectos gracias a su pico puntiagudo y estrecho



Pinzones de trece picos diferentes descubiertos y descritos por Darwin



Darwin notó que la fauna silvestre de las islas Galápagos era muy especial. Había, por ejemplo, animales que no tenían miedo debido a una causa muy particular: carecían de **predadores**; por otra parte, todas las variedades de animales parecían tener parentesco con otras de América central y Sudamérica, pero no eran iguales a las del continente. Es decir, había allí algo muy interesante que merecía una investigación profunda y tal vez también, Darwin halló alguna llave aún sin saber qué puerta abriría con ella. Solo después de cinco años esbozó sus ideas y muchos años después les dio forma de teoría científica. Las islas Galápagos habían sido el laboratorio natural ideal para gestar valiosas ideas y conclusiones.

**Predador:**

Todo ser vivo que atrapa y come a otros (presas).



Mafalda, por Quino

### Con “los pies sobre la tierra”: ordenando las piezas del rompecabezas

Tras cinco años de expedición, finalmente, el buque tocó tierra inglesa en octubre de 1836. Claro está que primero el señor Darwin se tomó tiempo para casarse y establecerse al sur de Londres con su familia. Recién en 1856 comenzó su trabajo definitivo, que culminaría con la publicación, en 1859, de *El origen de las especies por medio de la selección natural*, libro que sintetiza su teoría. Darwin no estaba convencido de publicar sus ideas, porque sabía que serían rechazadas, pero su amigo personal, el geólogo Charles Lyell, lo convenció, y finalmente su libro se convirtió en un verdadero *best seller*: la primera edición de 1250 ejemplares se agotó el mismo día en que salió a la venta. Luego, en sucesivas ediciones, Darwin lo fue ampliando y corrigiendo.

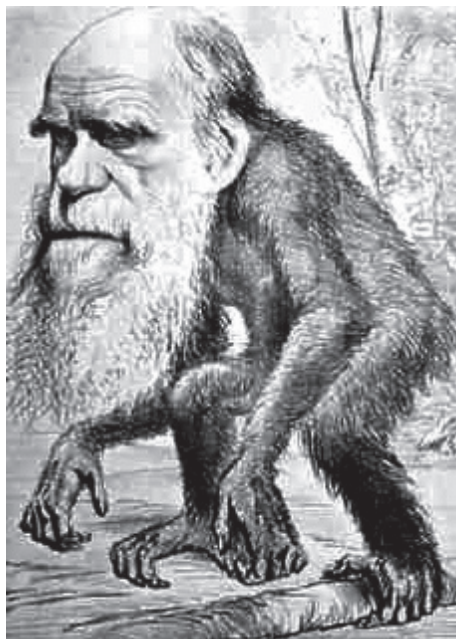
**Alfred Wallace:  
un ejemplo de  
ética científica**

Este naturalista (1823-1913) trabajó durante ocho años de su juventud en el archipiélago malayo, y llegó, respecto del origen de las especies, a conclusiones similares a las que había llegado Darwin, aunque no contara con el soporte y la evidencia que este último había acumulado durante gran parte de su madurez. Darwin recibió el trabajo escrito por Wallace antes de terminar su libro y se contactó con él. Wallace lo reconoció como el precursor de la teoría y estuvo de acuerdo en que se lo recordara como su único autor. Darwin reconoció a Wallace como “noble y generoso”; y junto con él presentó su teoría en una reunión científica organizada por Charles Lyell.

### **Cuando la sociedad condiciona a la ciencia**

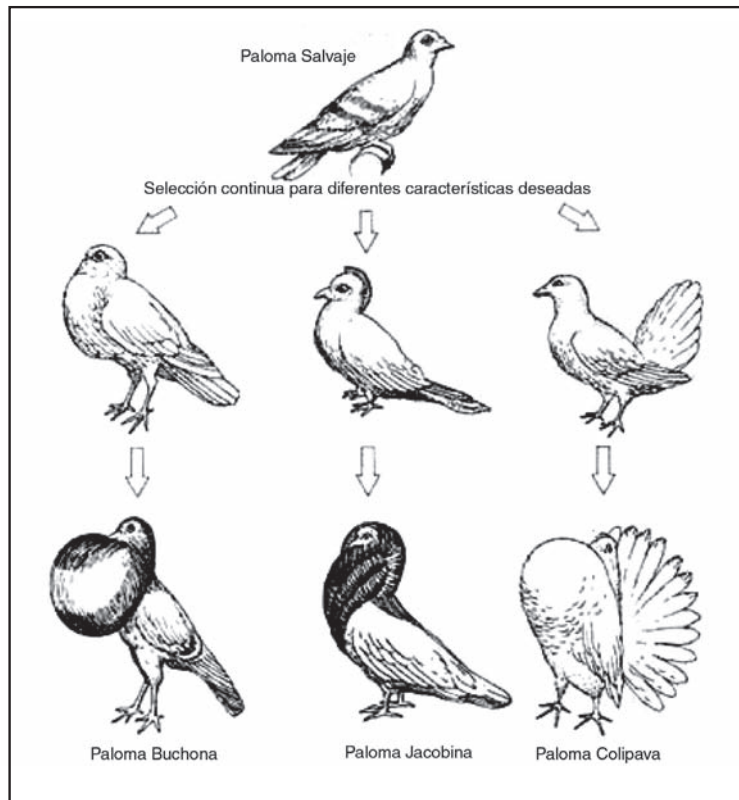
Volvamos un poco atrás. Durante la Edad Media tuvo lugar un fuerte predominio de la religión, más concretamente, del catolicismo, y las sociedades se establecían de acuerdo con pautas muy rígidas e inamovibles. La profesión o la posición social, por ejemplo, eran consideradas características predestinadas e inalterables de una persona. Resultaba muy difícil, en ese contexto tan estructurado, que los científicos que se animaban a hablar de seres cambiantes en un mundo cambiante, que no dependiera de la Creación de Dios, pudieran ser aceptados. Estas rígidas creencias implicaron un impedimento para el desarrollo del pensamiento científico. Fue recién en el siglo XVIII cuando comenzó un cambio social que pudo admitir estas nuevas corrientes de pensamiento. Darwin fue el primero en omitir toda alusión a Dios y a la Creación en sus explicaciones sobre el origen de diferentes formas de vida. Si bien en ningún momento negó que Dios o su acto creador hubieran existido, el sólo hecho de que su teoría careciera de contenidos teológicos, o que en ella no se mencionara a Dios, bastaron para que Darwin fuera rotulado como ateo, situación que le hizo ganar la antipatía de muchos.

Sus principales opositores atacaron la idea de que el hombre sólo estuviera incluido en la escala evolutiva como un descendiente más de los animales; y, como si esto no fuera suficiente, emparentado estrechamente con los monos. Eso le valió a Darwin la ridiculización en una revista de la época, en la que se lo caricaturizó como un mono.



### **¿Cuáles fueron las ideas que plasmó en su libro?**

En primer lugar trabajó sobre la “pista” de las Galápagos. Se preguntó si el origen de las diferentes especies de pinzones podría haber sido una única especie que llegó desde el continente y se diversificó al colonizar las islas. Estableció un paralelismo con lo que ocurre cuando los criadores seleccionan artificialmente a aquellos animales que poseen mejores características para usarlos como reproductores, para que se propague así a sus descendientes ese atributo favorable. Así logran razas que se diferencian mucho de la “forma” salvaje de esa especie original.



Evolución de algunas variedades modernas de palomas domésticas a través de la selección artificial. Por medio de la selección y cruzamiento continuo de individuos que muestran las características deseadas (buches, crestas o colas prominentes). Los seres humanos también son capaces de crear nuevas formas de palomas distintas de las poblaciones originales de palomas salvajes. El potencial creativo de la selección natural es análogo. El mismo Darwin criaba palomas y pudo ver cómo operaba la selección artificial.

Evidentemente, en las Galápagos no había ningún criador que eligiera a los mejores pinzones en cada isla, pero podría haber existido un proceso de selección llevado a cabo por la naturaleza misma, y a este proceso Darwin lo llamó **selección natural**. La incógnita era: ¿por medio de qué mecanismo operaba esta selección?

La respuesta llegó, curiosamente, a partir de las ideas de un economista llamado Thomas Malthus, quien, en 1798, publicó una teoría en la que vaticinaba grandes luchas por la subsistencia en el mundo ya que, según sus proyecciones, las poblaciones humanas crecerían a un ritmo mucho mayor que el que crecería la disponibilidad de alimentos. Este concepto de **lucha por la subsistencia** fue tomado por Darwin, quien, a su vez, observó otra característica que aparece en la gran mayoría de las especies: en general, nacen siempre más individuos de los que finalmente sobreviven.

¿Podría la naturaleza prever de alguna manera que no todas las crías sobrevivirían? ¿Existiría algún mecanismo de “descarte”? ¿Por qué y, sobre todo, cómo ocurría que algunos individuos sobrevivían y otros no?



## Antes de seguir...

### La selección artificial

Investiguen cuáles fueron las características que seleccionaron de manera artificial los criadores para originar:

- a) el canario flauta
- b) las razas vacunas holando-argentina, merino y *shorthorn*
- c) la raza de perros dogos
- d) el caballo de carrera

### Presión de selección:

Instrumento a través del cual actúa la selección natural. Se trata de una fuerza que actúa sobre las poblaciones y que hace que algunos individuos aporten más descendientes que otros a las futuras generaciones; y de este modo, dirige el proceso de evolución (en Begon et. al., *Ecología*, Barcelona, Omega, 1988).

### Población:

Conjunto de individuos de una misma especie que se cruzan entre sí y que conviven en una misma área geográfica al mismo tiempo.

### Selección natural

Darwin tuvo en cuenta además que, si bien al nacer las crías se parecen a sus progenitores, entre los miembros de una misma camada suele haber diferencias. Incluso se observan a menudo variaciones particulares entre individuos nacidos en una misma camada.

A partir de estas evidencias observables, Darwin postuló que los cambios que aparecen en la descendencia son variables y, por lo tanto, pueden o no significar una ventaja para que los individuos en los que se evidencian posean más chances de sobrevivir, o sea, estén mejor adaptados. En esta competencia por la supervivencia será “ganador” aquel ser vivo que haya incorporado características que le confieran más eficiencia para obtener alimentos, para huir mejor de los depredadores o para reproducirse exitosamente; y esto depende fundamentalmente del ambiente donde vive, que “ejerce presión” sobre el diseño animal por medio de las que se denominan **presiones de selección**. Muchas características favorables pueden ser heredadas por la descendencia y se irán acumulando de generación en generación. Quien, por el contrario, posea una característica no beneficiosa en relación con las presiones del ambiente no llegue quizás a reproducirse, ya que probablemente no sobrevivirá hasta su adultez; de esta manera, esa característica negativa no se seguirá propagando en la **población**.

PRESIÓN DE SELECCIÓN

Cambio ambiental que genera presión de selección	Cambio en el ser vivo favorecido por la selección natural
Del calor al frío	Pelajes más tupidos
De la vida en tierra al aire	Huesos livianos, extremidades largas y aplanadas, plumas
Un depredador que caza guiándose por la vista	Colores de la presa fáciles de mimetizarse (verde si es sobre plantas, blanco si es sobre nieve, etc.)
De la selva a un pastizal abierto	Patas ágiles para correr

Este sería el mecanismo de “descarte” que opera en la naturaleza. Sólo el más apto superará las pruebas que la presión de selección le imponga en el hábitat en el que desarrolle su vida, y dejará más descendencia. El mecanismo de selección natural funciona sobre vidas individuales, pero sólo de esta manera se obtienen poblaciones con cantidades variables de individuos adaptadas a su correspondiente hábitat. Este proceso puede ser juzgado desde diferentes puntos de vista. Puede parecer cruel, pero es también una manera de evitar que las especies se extingan, es algo así como una garantía de subsistencia.

“Entre los evolucionistas hay otra discusión entre quienes sostienen que la selección natural puede operar a nivel individual y a nivel grupal. Uno de los que defienden esta segunda opción es el biólogo estadounidense David Wilson, de la Universidad de Nueva York: hay especies de pájaros que utilizan centinelas que protegen al grupo, pero los elegidos, al advertir a sus compañeros delatan su posición y son los primeros en morir frente a un ataque. Sin embargo, como la especie en conjunto se beneficia de esta práctica, los centinelas sobrevivientes pueden reproducirse en mejores condiciones, algo que, según Wilson, demuestra que el altruismo resulta más potente que el egoísmo a escala grupal y son las especies las que se benefician de su práctica. Y sostiene, ‘lo que sucede entre los pájaros es extensible a la religión que, si bien puede quitar tiempo y energías a un grupo, le aportará otras cosas que le permiten sobrevivir: cohesión, solidaridad y trabajo en equipo’.”

Esteban Magnani.

Extraído de *Página /12* [suplemento Futuro], 31 de marzo de 2007.



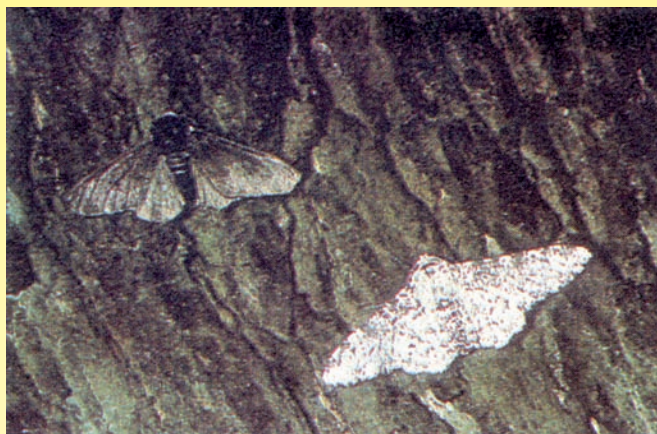




### Actividad

Determinen, en los siguientes casos, cuáles son las presiones de selección:

a) Caso de las polillas **Biston betularia**



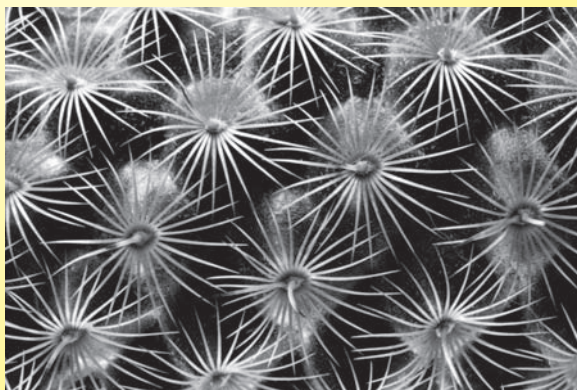
El caso de estas polillas es revelador de los mecanismos que la naturaleza pone en movimiento para evitar la extinción de sus especies.

La **Biston betularia** era una mariposa de color claro que vivía sobre troncos de árboles que, como el abedul, poseían la corteza clara también. Hacia 1845 los ejemplares de color oscuro eran extremadamente raros.

Ahora bien, el transcurso de la Revolución Industrial implicó –además de las grandes transformaciones de los modos de trabajo y de vida de las personas– un cambio de las condiciones ambientales que derivó, finalmente, en una mutación de estas mariposas. ¿Cómo? Concretamente, el hollín, producto de la polución de las fábricas, ennegreció las cortezas de los árboles. Los pájaros, predadores naturales de estas mariposas, las distinguían ahora claramente sobre el color oscuro que habían adquirido los abedules, en los que ellas resaltaban.

La población de mariposas oscuras fue creciendo hasta ser mayoría hacia el año 1950.

b) Las adaptaciones de un cactus que posee un tallo almacenador de líquido y las hojas totalmente reducidas y transformadas en espinas.



## Evolución: sobreproducción vs. selección

Podemos decir que la **evolución** de los seres vivos constituye un proceso de cambios que se van acumulando como respuesta a la presión que ejerce el medio. La evolución no ocurre en un mismo individuo durante el transcurso de su vida sino que es un proceso lento, gradual y acumulativo de variaciones heredables que sólo se puede reflejar en el conjunto de una **población** a través de sucesivas generaciones, es decir que sólo es observable al comparar grupos de individuos y a los descendientes de éstos a lo largo del tiempo.

La acumulación de cambios heredables a lo largo de muchas generaciones permite obtener nuevas especies en un proceso que se denomina **especiación**. Dicho proceso se ve favorecido por el aislamiento creado por barreras geográficas (**aislamiento reproductivo**), tal como Darwin observó que ocurría con los pinzones de las Galápagos. Cada isla tenía una población con características diferentes. Según él, el aislamiento (que impedía a los pinzones de islas vecinas cruzarse entre sí) aceleraba el proceso de diferenciación de **especies**, puesto que separaba a las poblaciones, que así creaban y perpetuaban sus propias modificaciones. La acumulación de gran cantidad de modificaciones a lo largo del tiempo daría origen a especies diferentes en cada isla.

La primera definición del término **especie** desde el punto de vista biológico fue la que, recién hacia 1940, realizó Ernst Mayr. Este biólogo nacido en Alemania en 1904 definió con el nombre de especie al grupo de población natural que se cruza entre sí o que posee el potencial para hacerlo, que produce descendencia fértil, pero que no es capaz de producir descendencia fértil con integrantes de otras poblaciones.

Esto significa que las poblaciones de igual especie sólo se cruzarán en forma real si se encuentran en el mismo espacio físico, ya que si permanecen alejadas entre sí no tienen la oportunidad (aunque conserven la capacidad) de poder cruzarse. Por otro lado, la posibilidad de generar descendencia fértil es un factor decisivo: el caballo se pudo cruzar con el asno pero su descendencia, la mula, es estéril, por lo cual se considera que el caballo y el asno pertenecen a especies diferentes.

## La revolución de la evolución: una historia que sigue

La teoría de Darwin pronto cumplirá 150 años, y desde diferentes campos de la ciencia fue confirmada. En efecto, existen pruebas irrefutables de su veracidad: desde el registro fósil, los estudios de anatomía comparada (analogías y homologías) que ya vimos en este capítulo, hasta el posterior desarrollo de la genética y la biología molecular, ambos campos que exploraremos más adelante, sostienen, complementan y, aún, perfeccionan las originales ideas de este visionario científico que se animó a exponer sus ideas en una sociedad adversa.



## Actividad

### ¡A crear nuevas especies!

El trabajo consistirá en investigar características biológicas (morfológicas, de comportamiento, reproducción, alimentación, etc.) del sapo común (*Bufo arenarum*), para luego, usando un poco la imaginación, evaluar qué cambios habrán podido aparecer y luego seleccionarse positivamente en cada uno de los hábitat que se proponen a continuación. Pueden dibujar el sapo común y luego los “nuevos sapos” que vayan creando.

*Un grupo de científicos dejó poblaciones de una misma especie de sapo (*Bufo arenarum*) en dos pequeñas islas con características diferentes:*

*La isla 1 era volcánica y rocosa, sin zonas llanas. Angostas grietas de pocos centímetros entre las rocas comunicaban diferentes zonas del territorio. La vegetación se agrupaba en un área reducida donde crecían arbustos, plantas trepadoras y árboles y en un hueco de las rocas se formó un estanque de agua dulce. El clima era tropical con una estación de lluvias abundantes y mucha humedad.*

*La isla 2 era una llanura con pastizales abundantes que desaparecían durante una época del año de clima muy frío y nevadas. Había abundantes charcas de agua y zonas pantanosas. Los pantanos eran los únicos lugares en los que sobrevolaban los insectos durante la estación invernal.*

- Intercambien opiniones en su grupo de trabajo y respondan: ¿Cómo serán los sapos de cada una de las islas luego de unos 200 años? Dibújenlos y justifiquen las diferencias.

*En ese momento, en la isla 1 se produce una erupción de ceniza volcánica que la cubre por completo. A la vez, una sequía produce la desaparición del estanque.*

*En la isla 2 hay una gran inundación que transforma a toda la isla en un pantano. Aparecen arañas, mosquitos, etc.*

- Si esas nuevas condiciones en las islas persisten durante otros 200 años, ¿qué características desarrollarán los sapos en cada uno de estos hábitats? Dibújenlos nuevamente y comparen con los anteriores.

*A la isla 1 llegaron, accidentalmente, aves migratorias que acabaron con las poblaciones de pequeños insectos y siguieron luego su rumbo. Sólo sobrevivieron unas grandes mariposas que viven en los troncos de los árboles camuflándose. La población de sapos quedó sumamente reducida, y los individuos, muy aislados entre sí.*

*En la isla 2 se rellenaron las zonas inundables y se instalaron rebaños de ovejas que no dejan crecer el pasto más que unos dos centímetros de altura. Sólo quedan escarabajos que viven debajo de la tierra, y hormigueros.*

- ¿Qué aspecto presentarán ahora los sapos de las islas transcurridos otros 200 años? No se olviden de realizar nuevos dibujos.
- ¿Qué conclusión sacarían si luego de juntar ejemplares de ambas islas comprobaran que no pueden fecundarse entre sí y generar, por lo tanto, descendencia? ¿Qué proceso tuvo lugar entonces durante esos años con los sapos?
- Bauticen a cada una de las nuevas especies que descubrieron con un nombre que imite la nomenclatura científica en latín. Recuerden que en primer lugar se designa el género, con mayúscula (en este caso, *Bufo*) y luego va el nombre del género, que identifica la especie, escrito con minúscula. Comparen sus sapos con los de otros grupos y discutan los resultados (¡pueden hacer una cartelera con todos los dibujos y otorgar un premio al sapo más gracioso que hayan creado!).



## Actividad



Lean el artículo periodístico extraído del diario *Clarín* del 3 de mayo de 1997:

“Un experimento con lagartos demuestra la teoría de Darwin”

Autor: N. Wade, New York Times (sintetizado)

Un experimento con lagartos realizado en el Caribe muestra ahora que la evolución tiene caminos predecibles y puede producirse tan rápidamente que los cambios se dan en apenas una década. Un equipo de la universidad de Washington introdujo, entre 1979 y 1981, una especie de lagarto *Anolis* en 14 pequeñas islas, en las que no habitaban lagartos, en el archipiélago de las Bahamas, y los dejó allí durante más de 15 años.

(...) Los animales lograron adaptarse a las diferentes condiciones de las islas en las que les tocó vivir: cambiaron las formas de sus cuerpos y sus patas, como los pájaros pinzones que estudió Darwin (...) Los lagartos que habitan los grandes árboles desarrollaron patas más largas, mientras que los que viven sobre ramitas tienen ahora patas más cortas. El motivo tiene que ver con la velocidad, esencial para el éxito en el mundo de los lagartos, tanto para atrapar insectos como para huir de los predadores. Unos 15 años después de haberlos abandonado en sus nuevos ámbitos, los lagartos habían evolucionado tal como estaba previsto (...). Los lagartos con patas más cortas se hallaron en las islas con vegetación más raquítica (...) Aunque hay muchos ejemplos de evolución rápida de un animal, como el desarrollo de la resistencia a los pesticidas, hay muchos menos ejemplos de cambios corporales como los registrados en los lagartos.

- 1) Reescriban esta noticia como si el redactor fuera Lamarck. Fundamenten la aparición de estos cambios de acuerdo con su punto de vista. Luego repitan la misma consigna pero esta vez como si su redactor fuera Darwin.
- 2) Si los investigadores volvieran al cabo de 60 años más: ¿cómo podrían verificar si en las islas se diferenciaron ya nuevas especies? ¿Bastaría con ver solamente sus rasgos morfológicos? Expliquen.
- 3) Averigüen cuál es el problema que surge en los agroecosistemas con el desarrollo de resistencia de los insectos plaga a los pesticidas, y en qué consisten las nuevas estrategias creadas por los científicos para combatir las plagas con sus enemigos naturales. ¿Cuáles son las ventajas de este nuevo método?



*Anolis carolinensis*: este extraño lagarto fue hallado en la isla de Cuba

**Agroecosistema:**

Ecosistema característico de un campo trabajado por el hombre para cultivo o cría de ganado.



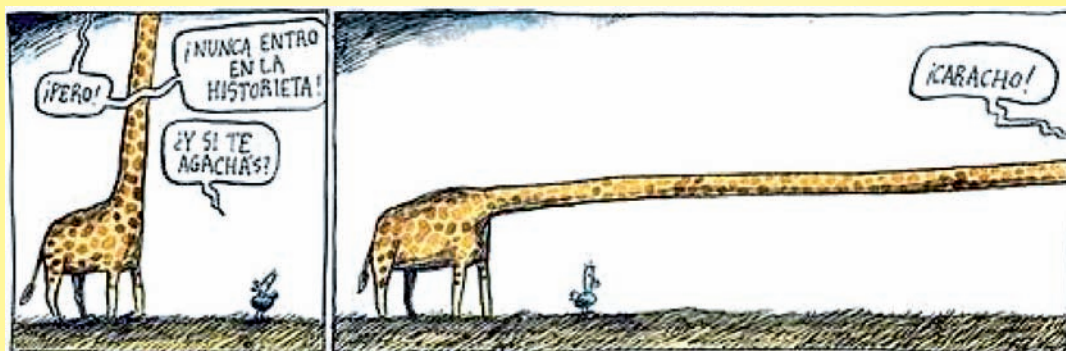


## Actividad

### A cada hábitat le corresponden sus adaptaciones

Los seres vivos varían al azar, y como respuesta a la constante presión de selección del ambiente van incorporando modificaciones a lo largo de sucesivas generaciones. Perdurarán aquellas que sean seleccionadas positivamente porque resulten ventajosas para adaptarse mejor a las condiciones del lugar.

Observen la historieta:



¿Les parece que si tuviera que vivir dentro de una historieta habría sido seleccionada positivamente la aparición de este tipo de cuello? Expliquen. Piensen qué otro cambio, en el caso de haber aparecido, se seleccionaría positivamente para que las jirafas puedan vivir dentro de historietas ¡A jugar con la imaginación!

Lean el resumen del artículo de *Clarín* del 9 de febrero de 1993.

### Las teorías del Darwin de hoy

(...) Ya en 1972, cuando Gould presentó su primer trabajo sobre la evolución de la vida en este planeta, llamado "**Teoría del equilibrio interrumpido**" y escrito en colaboración con su colega Niles Eldredge, los científicos respetuosos de los esfuerzos y las conclusiones de Darwin se quedaron lívidos y de color cera ante la osadía inicial del nuevo "sabio" (...) "Yo estoy convencido de que las especies sí evolucionan, como aseguraba Darwin, pero no con un refinamiento gradual, lento, acumulativo como él lo creía. Las especies evolucionan, subrayó, en forma abrupta, entre fracturas, en procesos marcados por una serie de catástrofes entre períodos de calma".

- 1) Investiguen y resuman la biografía de Stephen Jay Gould.
- 2) ¿Qué teorías vistas en este capítulo se superponen para originar la nueva teoría del equilibrio interrumpido? Expliquen.

## Actividad



Unan con flechas el nombre de la teoría con el autor y el correspondiente enunciado y ordénenlas en una línea de tiempo.

Hutton	Mutabilidad	Cambios casuales perpetuados ante la presión de selección.
Gould	Catastrofismo	Todos los seres se crearon al mismo tiempo.
Lamarck	Equilibrio interrumpido	Cambios adaptativos por uso o desuso de órganos.
Von Linné	Uniformismo	Iguales procesos de formación de estratos a lo largo del tiempo.
Darwin	Fijismo/creacionismo	Evolución no gradual, a saltos.
Empédocles	Evolución por selección natural	Todos los seres vivos derivan de un mismo antepasado.
Buffon	Transformismo	Catástrofes naturales extinguieron seres, que fueron reemplazados por otros.
Cuvier	Ancestro común	Los seres vivos pueden armarse o desconfigurarse.
Smith	Principio de identidad paleontológica	Fósiles de igual estrato tienen igual antigüedad.



### **DIVULGACIÓN CIENTÍFICA: para animarse a leer ciencia**

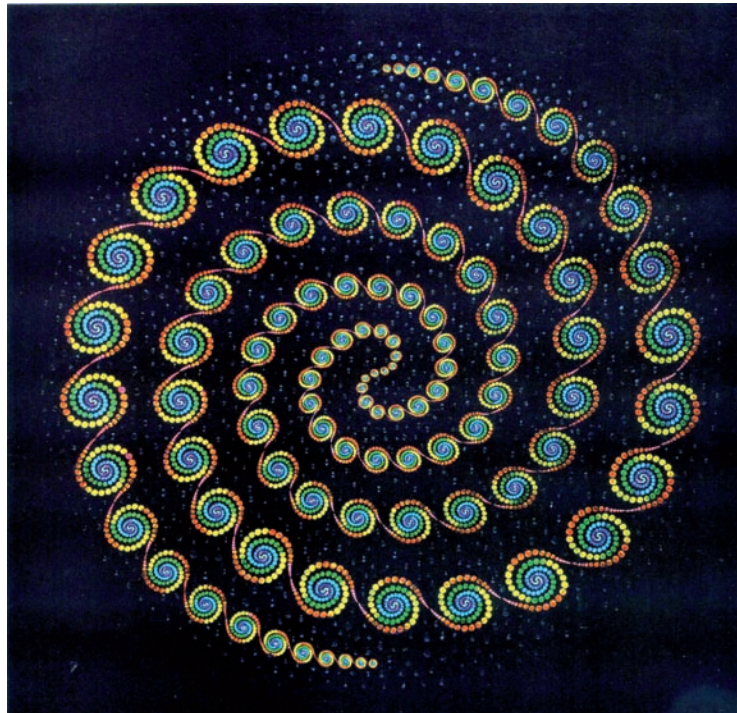
Les recomendamos los siguientes libros:

Rossi, M. S.; Levin, L.; **Qué es y qué no es la evolución. El círculo de Darwin**, Universidad de Quilmes. Siglo XXI [Ciencia que ladra], 2006. Plantea un encuentro imaginario de los científicos que conocimos en este capítulo, en el que cada uno defiende sus ideas.

Tambussi, C. P.; López, G.; **Dinosaurios de aquí, de allá, de verdad y de mentira**, Buenos Aires, Colihue, 1994. Explica en forma muy amena todo lo relacionado con estos míticos animales, incluyendo su curiosa extinción.



## EL ORIGEN DE LA VIDA



"El Universo: 1.000.000.000.000 de galaxias (1980-1990)", fotomontaje del pintor ruso George Kuzmin

### El origen de la vida y la evolución de las primeras formas vivientes

**Pregunta puente:** ya sabemos cómo apareció la gran diversidad de seres vivientes en la Tierra, y sabemos que todos habrían derivado de un mismo y único antecesor común pero...

¿Qué aspecto habrá tenido ese primer ser vivo? ¿Cómo se habrá originado si, por ser el primero, no pudo haberse creado a partir de otra forma viviente?

### 15.000 millones de años atrás...

Nada. Simplemente un lugar vacío de materia. Eso era el espacio que ocupaba el universo actual en ese momento. Traten de imaginar qué aspecto tendría: ¿sería una infinita mancha negra? ¿Podría haberse reconocido en él algún límite? En ese caso... ¿habría algo después de la nada? ¿Qué? Todos estos son misterios para los que, al menos por ahora, nadie tiene una respuesta certera...

Es imposible representar en nuestra mente ese estado. La "nada" significa la ausencia total de materia, y nos cuesta imaginarla, sencillamente, porque en nuestro mundo real absolutamente todo es materia: todo aquello que nos rodea y que percibimos gracias a alguno de nuestros sentidos. Sí, lo que olemos y lo que oímos también es materia:



olemos porque las moléculas aromáticas se suspenden en el aire y son captadas por nuestros receptores del olfato. Oímos lo que oímos porque las ondas sonoras se propagan en el aire gracias a las moléculas que éste posee y que le permiten transmitir esas ondas que viajan en medios materiales; aunque la onda en sí misma no es materia que se traslada: lo que se traslada en una onda es una perturbación, tal como sucede, por ejemplo, cuando hacemos una ola agitando una mano en el agua.

El otro componente del universo es la energía. Ésta no es perceptible por sí misma: sus efectos sólo pueden verse cuando se pone en juego en diferentes procesos en los que interviene la materia, como es, por ejemplo, el caso de una madera que, al quemarse, genera energía en forma de luz y calor.

Si no había materia... ¿Dónde estaba todo lo que conforma el universo actual? ¿Y qué ocurría con la energía?

Para dar respuesta a este enigma científico, diversos grupos de investigadores trabajan desde hace mucho tiempo. Lean la siguiente noticia, aparecida en el diario *Clarín*:

### La teoría del Big Bang

Entre las distintas explicaciones que intentaron dar cuenta del origen del Universo, la que goza de mayor aceptación en el ámbito de las ciencias es la del Big Bang (Gran explosión), que en los últimos años se popularizó de la mano de las investigaciones del científico británico Stephen Hawking, considerado hoy uno de los mayores exponentes en el ámbito de la física.

De acuerdo con esta teoría, hace 14 mil millones de años –tal vez 15 mil millones, según algunos científicos–, la Tierra, el Sol, todo el Sistema Solar, las galaxias, todo el Universo, estaban contenidos en una pequeñísima partícula con una temperatura mayor al trillón de grados. Por algún motivo que todavía es oscuro, esta partícula explotó y así nació el Universo.

La teoría del Big Bang sostiene que a partir de esa explosión se produjo una expansión del Universo, que sigue hasta hoy. Esa partícula inicial, de milímetros de diámetro, era al principio una densa "sopa" muy caliente en la que no se distinguían formas. Pero 400.000 años después de la explosión, esa sopa perdió densidad, se enfrió y permitió que se formaran los cuerpos que componen el Universo.



"El mundo  
después del  
Big Bang"  
Fotografía de  
Jerzy Müller

Para muchos científicos contemporáneos a Gamow estas ideas eran poco creíbles. Incluso, el nombre “Big Bang” fue el intento que hizo un cosmólogo llamado Fred Hoyle por ridiculizarlas. Indudablemente, resulta difícil creer que una partícula tan pequeña pudiera contener una cantidad de materia tan inmensa y tanta energía (un “calorcito” de trillones de grados) como para poder originar por sí sola al universo completo.

### ¿Y por la Tierra cómo andamos?

Hubo que esperar “apenas” unos 5.000 millones de años para que, a partir de una acumulación de polvo y gas hidrógeno, se formara nuestra estrella, el Sol. Su masa, y la **atracción gravitatoria** que ésta ejerce son tan poderosas que a su alrededor se alinearon otros trozos de masa espacial, que fueron los que conformaron los actuales planetas del Sistema Solar. Los planetas, a su vez, comenzaron a describir en torno al sol órbitas elípticas. La órbita de la Tierra ocupa el tercer lugar en cercanía del Sol, luego de Mercurio y Venus.

Esta posición estratégica que ocupa la Tierra le permitió desarrollar condiciones compatibles con la vida, tales como un rango de temperaturas moderadas, ni demasiado altas –como ocurre en planetas más cercanos al Sol–, ni demasiado bajas –como en los más alejados de él–. Por otro lado, estas temperaturas tampoco presentan variaciones bruscas diarias o estacionales, gracias a gases atmosféricos como el dióxido de Carbono ( $\text{CO}_2$ ), que provocan el conocido **efecto invernadero**, una especie de amortiguador de los cambios climáticos.

Pero hubo otra condición que permitió la supervivencia de los primeros seres: la existencia de agua en estado líquido, que es la que conforma la mayor parte de la composición química de los seres vivos. Esto no siempre fue así. La Tierra primitiva estaba bastante lejos de poder ser habitada por seres vivos como los que hoy conocemos...

#### Antes de seguir...



¡A pensar!

Gamow planteó su teoría fijándose en el movimiento actual de las galaxias en el espacio. ¿Cómo les parece que sería ese movimiento para deducir que se produjo a partir de una explosión? Investiguen más detalles sobre el Big Bang y verifiquen su respuesta. Ayuda: pueden llenar con agua una bombita de carnaval y luego hacerla estallar contra una pared. Observen la trayectoria que describe el agua al expandirse.

#### Atracción gravitatoria:

Es la atracción que ejercen los cuerpos entre sí y que está relacionada con su masa y la distancia que los separa.

#### Efecto invernadero:

Fenómeno atmosférico natural que permite mantener la temperatura del planeta, al retener una parte de la energía que proviene del sol.

#### Investiguen

Como hemos señalado, el efecto invernadero es un proceso favorable para la vida en nuestro planeta. Pero desde hace unos años las noticias que lo tienen como protagonista dicen lo contrario. ¿Qué relación tiene con el calentamiento global? ¿Cuáles son las causas y consecuencias del aumento de las temperaturas medias en nuestro planeta?



### Muy lejos del “paraíso terrenal”...

Hace 4.500 millones de años apareció el planeta Tierra. Si lo hubiéramos podido contemplar desde una nave espacial a la distancia, tal como hicieron los astronautas del Apolo XI que tomaron esta foto desde la Luna en julio de 1969, su aspecto sería muy diferente a lo que muestra la imagen.

El paisaje constituido por esta bola azul cubierta de agua y con brillantes nubes blancas a su alrededor es rotundamente diferente al que hubiéramos observado hace 4.500 millones de años.

Por un lado, si bien después de la explosión la temperatura comenzó a descender (no olvidemos que era de, aproximadamente, un trillón de grados), esa disminución no fue suficiente como para permitir la vida sobre la Tierra. En ese entonces, nuestro planeta era incandescente: estaba “al rojo”, como cuando calentamos un alfiler al fuego directo durante un rato. La atmósfera, que es la capa gaseosa que envuelve al planeta, estaba conformada por gases tóxicos como el metano (el gas de las hornallas), el amoníaco (es el compuesto de algunos limpiadores, que tiene un penetrante olor que irrita los ojos), el dióxido de carbono (el que exhalamos todos los seres vivos porque es venenoso para nuestro organismo) y el hidrógeno, entre otros.

Todas estas sustancias cubrían la superficie terrestre y, para colmo de males, ¡no había oxígeno! Así es: este gas, esencial para el desarrollo de cualquier forma de vida, no estaba presente en la Tierra primitiva. Hubo que esperar hasta que surgieran los primeros organismos fotosintéticos para que apareciera y llegara a constituir un importante componente de la atmósfera. Más aún: la ausencia de oxígeno ( $O_2$ ) implicaba la ausencia también del gas ozono ( $O_3$ ), una combinación diferente de átomos de oxígeno, responsable de la formación de la capa protectora contra las radiaciones ultravioletas, sumamente perjudiciales para el organismo; las mismas de las que nos protegemos en la actualidad con filtros y pantallas solares para evitar serios daños en la piel. ¿Se imaginan cómo quemaría el sol si no hubiera capa de ozono?

Por otra parte, si bien había abundante agua, ésta se encontraba en estado gaseoso. Una vez que la corteza terrestre se fue enfriando, el vapor de agua se condensó y, como consecuencia de esto, hubo largos períodos de tormentas eléctricas con lluvias torrenciales que formaron los océanos que cubren casi toda su extensión.

### La Tierra viva

En 1922, un bioquímico soviético, **Alexander Oparin**, planteó una idea revolucionaria: según él, la primera estructura viviente habría sido producto de una “evolución química”. A partir de sustancias simples y moléculas pequeñas, señalaba Oparin, se habrían

construido otras sumamente complejas pero esenciales para la estructura de un ser vivo, puesto que estaban conformadas por cuatro elementos básicos: carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno. Desde 1808, a estas moléculas se las conoce como “orgánicas”, nombre acuñado por el químico Berzelius, debido a que están presentes universalmente en el mundo vivo (o sea, en los “organismos”). La fuente de energía imprescindible para esta evolución fueron los rayos ultravioletas y los que provenían de las tormentas. Las sustancias comenzaron a acumularse en los océanos y los convirtieron en un verdadero caldo. Este “caldo primitivo”, tal como lo denominó Oparin, era rico en proteínas, grasas (lípidos), y azúcares (hidratos de carbono), y tenía los “ingredientes” necesarios para conformar a la primera estructura viviente.

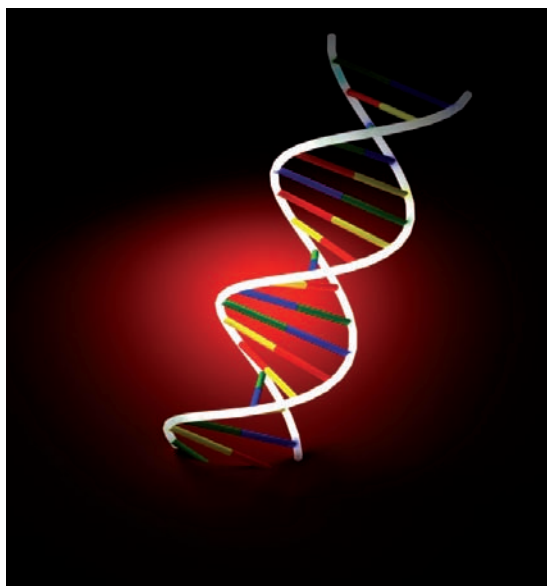
Justamente la ausencia de oxígeno y la intensa radiación ultravioleta fueron las condiciones que dieron lugar a la combinación de distintas sustancias químicas entre sí, que fue la que permitió el surgimiento de las primeras manifestaciones de la vida en el planeta.

Según Oparin, gracias a diversas atracciones químicas, en ese medio líquido se fueron agrupando ciertas moléculas (posiblemente lípidos asociados a átomos de fósforo, o **fosfolípidos**). Este proceso dio origen a una estructura de membrana, en la cual se delimitó un medio interno y otro externo. Dentro de esa bolsa membranosa comenzaron a llevarse a cabo reacciones y procesos físico-químicos específicos que le permitieron a este primer organismo crecer, reproducirse, mantener sus estructuras y responder a estímulos determinados. Este conjunto de procesos se denomina **metabolismo** (una capacidad exclusiva de los seres vivos), y a esta estructura inicial sumamente simple, Oparin la denominó **coacervado**.

Respecto de la **reproducción** de los coacervados, al llegar a cierto tamaño, estos se fragmentaban de manera muy rudimentaria. Simplemente se partían en dos. La información necesaria para construir un ser similar a otro todavía no estaba organizada en ellos.

Con la aparición del material genético, que según recientes investigaciones era una molécula muy similar al conocido ADN pero más simple, llamada ARN, la continuidad de la vida estaba garantizada. Ya había una “receta” para crear seres vivos semejantes entre sí; además, con pequeños cambios en esa “receta”, inclusive sería posible la **evolución**: otra cualidad que distingue a los seres vivos.

Así se conformó la **célula primitiva** o **protocélula**, gracias a las reacciones metabólicas que permitieron crear el importante elemento que faltaba: el ADN.



Cadena de ADN



### La teoría de Oparin: ¿una vuelta a las antiguas ideas sobre la generación espontánea de la vida?

Las ideas de Oparin causaron, en un principio, bastante desconcierto entre los científicos. Hubo quienes las apoyaron, como el bioquímico inglés J. Haldane (aunque discrepó con algunos puntos) pero lo que básicamente los incomodaba era que Oparin sostuviera que la vida podía surgir de cosas inanimadas. Este pensamiento había tenido vigencia hasta el siglo XVII, como ya vimos, y se lo conocía con el nombre de **teoría de la generación espontánea de la vida**. Tres siglos más tarde todo parecía volver atrás: el “inoportuno” Oparin proponía una idea basada en originar vida a partir de sustancias inanimadas. Sin embargo, este científico sólo se cuestionó sobre el origen del primer ser vivo, ya que, obviamente, es imposible que hubiera puesto en duda, en pleno siglo XX, el postulado que señala que todo ser vivo proviene únicamente de otro preexistente.

El fragmento que incluimos a continuación pertenece a la introducción de Oparin a su principal obra, *El origen de la vida sobre la Tierra* (1936):

“La cuestión relativa al origen de la vida, o aparición sobre la Tierra de los primeros seres vivos, 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 y, de mejor o peor calidad, producirá una respuesta, ya que sin ella no puede concebirse ni la más rudimentaria concepción del Mundo.

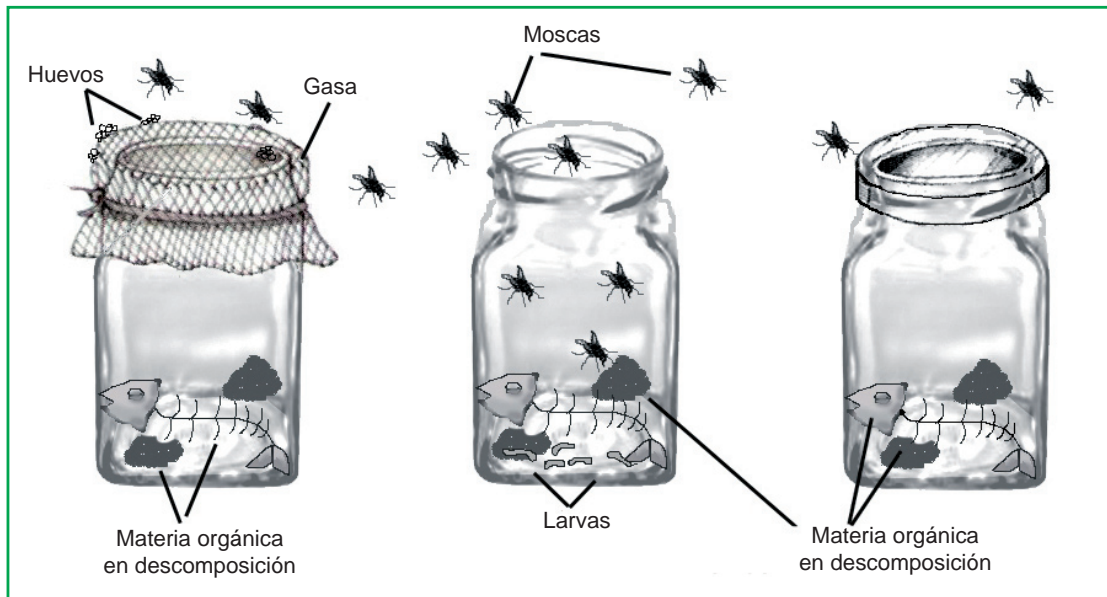
“La Historia nos muestra que el problema del origen de la vida ha atraído la atención de la Humanidad ya desde los tiempos más remotos. No existe un solo sistema filosófico o religioso, ni un solo pensador de talla, que no haya dedicado la máxima atención a este problema. En cada época diferente y durante cada una de las distintas fases del desarrollo de la cultura, este problema ha sido resuelto con arreglo a normas diversas. Sin embargo, en todos los casos ha constituido el centro de una lucha acerba entre las dos filosofías irreconciliables del idealismo y el materialismo.

“Hacia comienzos de nuestro siglo [N. de la E.: el autor hace referencia al siglo XX] esta lucha no solamente no amaina, sino que adquiere renovado vigor; ello debido a que las Ciencias Naturales de entonces eran incapaces de encontrar una solución racional y científica al problema del origen de la vida, a pesar de que en otros terrenos ya habían logrado tan brillantes éxitos. Se había entrado, por así decirlo, en un callejón sin salida. Pero un tal estado de cosas no era fortuito. Su causa residía en el hecho de que hasta la segunda mitad del siglo pasado todos, casi sin excepción, se habían obstinado en resolver este problema basándose en el principio de la generación espontánea. Es decir, con arreglo al principio según el cual, los seres vivos podrían generarse no solamente a partir de los semejantes suyos, sino también de una manera primaria, súbitamente, a partir de objetos pertenecientes a la Naturaleza inorgánica, disponiendo además, ya desde el primer instante, de una organización compleja y perfectamente acabada (...)

“Con arreglo a los idealistas, todos los seres vivos, incluyendo al hombre entre ellos, habrían surgido primariamente dotados de una estructura poco más o menos igual a la que hoy en día poseen gracias a la acción de fuerzas anímicas supramateriales: como resultado de un acto creador de la Divinidad; por la acción “conformadora” del alma, de la fuerza vital (...), etc. En otras palabras, sería siempre el resultado de aquel principio espiritual que, según los conceptos idealistas, constituye la esencia de la vida.

“Por el contrario, los naturalistas y filósofos de fibra materialista partían de la tesis según la cual, la vida, lo mismo que todo el universo restante, es de naturaleza material, no siendo necesaria la existencia de principio espiritual alguno para explicarla. En consecuencia, al ser la generación espontánea un hecho autoevidente para la mayoría de ellos, la cuestión se limitaba a interpretar este último fenómeno como el resultado de leyes naturales, rechazando toda injerencia por parte de fuerzas sobrenaturales. Creían así que la manera correcta de resolver el problema del origen de la vida consistía en estudiar, con todos los medios al alcance de la Ciencia, aquellos casos de generación espontánea descubribles en el medio natural o inducidos experimentalmente.”

Como mencionamos en el capítulo anterior, la teoría de generación espontánea sostenía que los seres vivos se podían armar a partir de elementos muy diversos, a tal punto que se conocían “fórmulas” para crear distintos seres, en especial aquéllos desagradables que no fueran “dignos” de haber sido creados por Dios (¿recuerdan la receta para crear ratones que incluimos en el capítulo 2?). En 1668, un médico italiano, **Francesco Redi**, logró invalidar las ideas sobre generación espontánea, por medio de un sencillo experimento en el que utilizó, precisamente, carne, a la que dejó entrar en descomposición. Preparó frascos como estos:



- Frasco 1: estaba tapado con una gasa.  
 Frasco 2: estaba destapado.  
 Frasco 3: estaba tapado herméticamente.

¿Cuál les parece que habrá sido el resultado en cada uno de los frascos en cuanto a la aparición de larvas de moscas? Si fuera cierto que la vida surge por generación espontánea, ¿habría sido diferente el resultado de esta experiencia? ¿Para qué habría colocado el frasco tapado con gasa? Analicen cuáles son las variables de esta experimentación (constantes, independiente y dependiente. Para recordar estos conceptos, vuelvan al capítulo 1).

La invención del microscopio, a mediados del siglo XVII, le permitió a Louis Pasteur realizar observaciones más profundas y demostrar que cualquier ser vivo puede generarse únicamente a partir de otro. Pasteur demostró esto para el caso específico de los microbios (recuerden que previamente Redi lo había comprobado para los organismos no microscópicos, como las moscas). Imagínense: si había sido tan difícil convencer a la gente de que los seres que se ven a simple vista surgían de otros, cuánto más difícil fue demostrarlo para aquellos que no se ven pero que producen numerosas enfermedades.

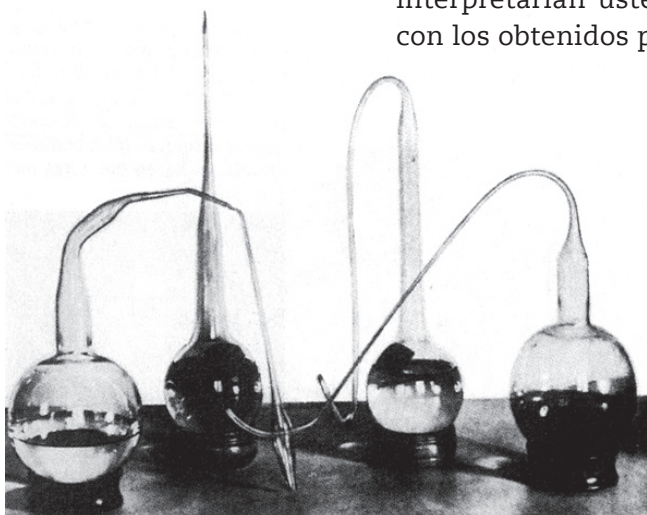
En un estilo muy apasionado, Pasteur comunicó sus resultados en la Academia Francesa:

“...y por lo tanto, caballeros, yo podría señalar este líquido y decirles que he tomado mi gota de agua de la inmensidad de la Creación y que la he tomado plena de los elementos apropiados para el desarrollo de organismos microscópicos. ¡Y espero, observo, pregunto!, rogándole que comience para mí el hermoso espectáculo de la creación primaria. Pero es mudo, mudo desde estos experimentos que fueron iniciados hace varios años, es mudo. Lo he mantenido aislado de la única cosa que el hombre no sabe producir: de los gérmenes que flotan en el aire, de la Vida. Porque la Vida es un germen, y un germen es la Vida. La doctrina de la generación espontánea no se recuperará jamás del golpe mortal que le asestó este simple experimento...”  
Lazcano Araujo, A.; *El origen de la vida*, México, Trillas, 1985, citado en *Biología: El origen de la vida*.

Como el mismo Pasteur lo sostenía, su experiencia fue sumamente sencilla:

Tomó matraces (recipientes de vidrio como los de la imagen), y dentro de ellos vertió un caldo con sustancias nutritivas, especial para el desarrollo de microbios. Hirvió largo rato el caldo dentro de los recipientes, que permanecieron siempre tapados con un largo vidrio curvado en forma de cuello de cisne, cuyo extremo estaba abierto para permitir la entrada del aire. Pasteur comprobó, luego de varios días, que no aparecían señales de ningún organismo microscópico. Pero si se cortaba verticalmente el tubo de vidrio de manera que la abertura quedara arriba del matraz, poco después aparecían microbios. ¿Cómo interpretarían ustedes estos resultados? Compárenlos con los obtenidos por Redi.

Matraces de Pasteur



### La teoría de Oparin puesta a prueba

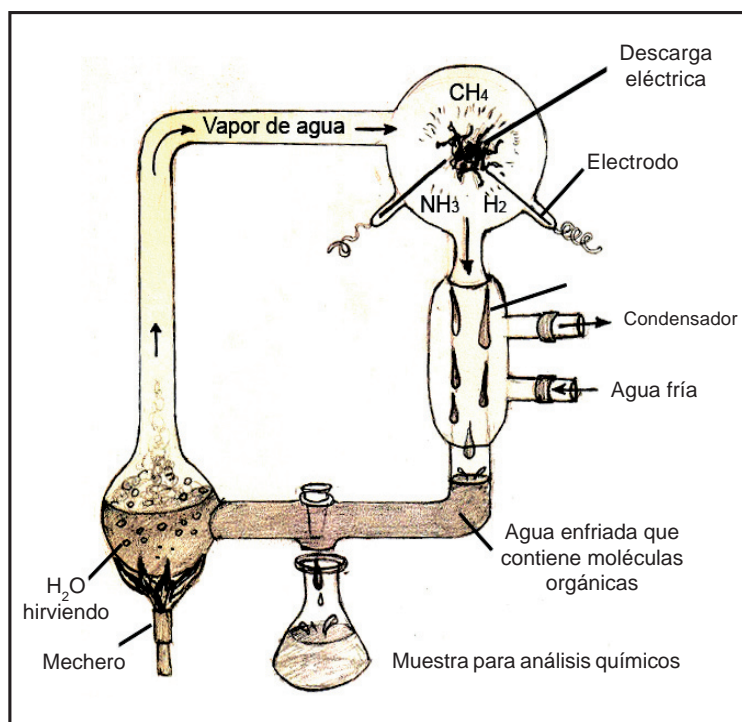
¿Cómo pudo organizarse una estructura viviente en la Tierra recién conformada? Los evolucionistas ya hablaban de la existencia de un antecesor o **antepasado común** para todas las formas de vida actuales, incluso el mismo Darwin había opinado que la vida podría haberse originado a partir de sustancias orgánicas en “pequeñas charcas templadas”, y que, mediante fuentes de energía como el calor o la electricidad de las tormentas, podrían haber reaccionado entre sí. Pero esta hipótesis no fue puesta a prueba por Darwin ni por Oparin o Haldane. Este último sólo pudo realizar algunos experimentos en laboratorio que le permitieron obtener algunas moléculas orgánicas partiendo de otras sencillas. Recién en 1952 dos científicos de la Universidad de Chicago, Harold Urey y Stanley Miller, diseñaron un dispositivo que reproducía las caóticas condiciones de la Tierra primitiva y lograron **sintetizar** moléculas de aminoácidos (partes constitutivas de las proteínas). Más tarde, en los años 60, el investigador Sydney Fox logró producir **in Vitro** una estructura bastante similar a un coacervado, a la que llamó **proteinoide**.

#### In Vitro:

Desarrollo experimental llevado a cabo en el laboratorio, por contraposición con las experiencias *in vivo*, que se llevan a cabo en condiciones naturales en forma directa sobre los seres vivos.

#### Síntesis:

Reacciones químicas de construcción de nuevas moléculas más complejas que las iniciales. Este término se opone al de *lisis*, que describe a aquellas reacciones en las que se destruyen moléculas para obtener otras más simples que las iniciales.



Esquema experiencia Urey - Miller

#### Antes de seguir...



#### La experiencia de Urey y Miller.

Analicen la ilustración y hagan la correlación entre el dispositivo y los elementos de la Tierra primitiva.

¿Qué parte reproduce a la atmósfera primitiva? ¿Cuál sería el mar? ¿A qué equivalen los electrodos? ¿Y la presencia del condensador o refrigerante? Expliquen la secuencia de acciones dentro del circuito.



A pesar de que no logró ser demostrada en su totalidad, esta teoría es la más aceptada, pero no es la única que intenta explicar el origen de la vida. Existe otra, llamada **teoría de la Panspermia**, que veremos a partir de la lectura que sigue:

### Teoría de la Panspermia: ¿la vida tendría un origen extraterrestre?

Lean el siguiente texto:

“Esta hipótesis propone que la vida provino del espacio exterior. Ya había sido enunciada a finales del siglo pasado por el químico sueco S. Arrhenius: los microbios que pululaban por el universo hicieron de ‘semilla de vida’ sobre la Tierra. (...)”

En la actualidad cuenta con cierto consenso, más ahora que los astrónomos han descubierto espectros reveladores de la presencia de una gran variedad de compuestos orgánicos alrededor de ciertas estrellas, y en los espacios interestelares. (...)”

Así, esta hipótesis propone que las moléculas que precedieron a los seres vivos podrían haber llegado a la Tierra por el roce de la cola de los cometas, traídas por meteoritos, o por el polvo cósmico. Algunos van más lejos y proponen directamente la llegada de microbios. (...)”

La mayoría de los científicos rechazan de plano estas ideas, por la sencilla razón de que nunca se han encontrado microbios en el espacio, y es muy improbable que se encuentren dado su carácter de ambiente hostil para la vida, por lo menos como la caracterizamos nosotros. Además, esta hipótesis no explica cómo se pudo originar la vida fuera de nuestro planeta”. Cervino, C. *La vida: origen y diversidad*.

### La vida del primer ser vivo: ¿qué hay para comer?

Volvamos al escenario de la Tierra recién creada. Mencionamos ya que la primera estructura viviente, la protocélula, debió contar necesariamente con dos atributos: la capacidad de metabolizar, es decir, de llevar a cabo en su interior reacciones químicas y, por otro lado, también la capacidad de reproducirse. Para ambas cosas es imprescindible incorporar materias primas desde el exterior, así como eliminar las sustancias innecesarias en sentido inverso. Esta es otra condición asociada a la vida: todo **sistema** viviente es necesariamente **abierto**, y genera un intercambio permanente de materia y también de energía. Por otro lado, esta división entre el “adentro” y el “afuera” le permitió a este ser vivo crear y mantener en su medio interno condiciones diferentes con respecto al exterior. A esta capacidad que adquirió la protocélula la llamamos **homeostasis**, y es la que le permite lograr un estado de equilibrio o estabilidad interna, independientemente de los cambios que tengan lugar en el entorno. A partir de la homeostasis se regulan condiciones como la retención de agua, la temperatura etc.

Los seres vivos necesitan comer y respirar. ¿Para qué? Porque a partir del alimento y de la sustancia gaseosa respirada, pueden realizar el principal proceso metabólico, que es el de la obtención de energía. ¿Recuerdan que señalamos al inicio del capítulo que materia y energía son los dos componentes básicos del universo?

La incorporación de materia no constituyó un problema para esos primeros individuos unicelulares, ya que los mares eran un verdadero yacimiento de materia orgánica muy variada. Se supone que estos organismos fueron **heterótrofos**, es decir, seres que

Antes de seguir...

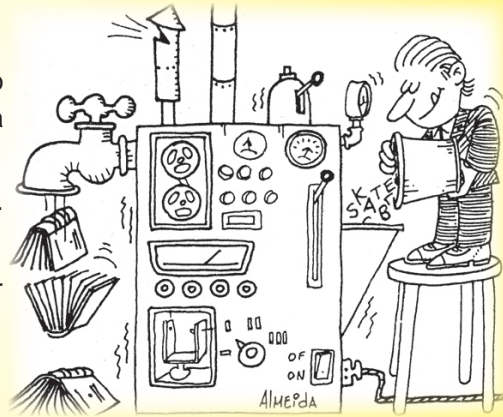


Nos preguntamos: ¿qué es un sistema abierto?

En términos generales, un sistema es un conjunto de elementos que funcionan de manera coordinada para cumplir con una finalidad determinada.

Observen el dibujo y determinen cuál es el sistema. ¿Será un sistema abierto o cerrado?

En los seres humanos, ¿qué intercambios de materia y energía se producen?



obtienen moléculas de alimento -materia orgánica- a través de la ingestión de otros organismos o de sustancias orgánicas disponibles en el medio en que se encuentran. Ambas cosas abundaban en los océanos primigenios. Por otro lado, recordemos que en la atmósfera no había oxígeno gaseoso (el oxígeno estaba presente sólo en la molécula de agua y no sirve –ni servía, por supuesto– para ser respirado). Estos seres tenían otra característica: eran **anaerobios**, es decir, podían vivir en lugares en los que no hubiera oxígeno disponible..

Los científicos plantean que en cierto momento el alimento comenzó a escasear, y ese factor comenzó a ejercer presión de selección (recuerden este concepto que definimos en el capítulo 2) sobre los organismos, que se quedaron sin muchas alternativas para



Brote de helecho.

Fotografía de Michal Filip Gmerek

alimentarse. En ese momento, y muy oportunamente, se habría producido un cambio en el metabolismo de algún individuo que le permitió fabricar en su interior las moléculas necesarias para alimentarse a partir de sustancias inorgánicas simples: apareció así el primer ser **autótrofo**; es decir, uno que se alimenta por sí mismo. Esta nueva reacción química que comenzó a llevarse a cabo fue nada menos que la **fotosíntesis**, y generó un profundo cambio climático y biológico en la Tierra.

### Un poco de aire puro: la llegada del oxígeno

#### La fotosíntesis

Reformulemos algunas ideas: Oparin había hablado de un “caldo” primitivo rico en lípidos e hidratos de carbono, de niveles altísimos de radiación ultravioleta, y de cómo estas condiciones habían sido las necesarias para que se desarrollaran en los océanos las formas de vida primeras, las más elementales. También señalamos que no había oxígeno y que ninguna de las formas de vida como las conocemos –la nuestra, por ejemplo– podría sobrevivir en ese ambiente más que unos pocos minutos. En el párrafo anterior vimos que en algún momento el alimento comenzó a escasear y que sólo sobrevivieron aquellos organismos que pudieron adaptarse a las nuevas condiciones ambientales: los autótrofos, que comenzaron a realizar un nuevo proceso químico, la fotosíntesis. Por medio de él, estos organismos –a los que en adelante denominaremos **fotosintetizadores**– elaboraron, a partir de sustancias muy sencillas tales como el agua o el dióxido de carbono del aire, una sustancia orgánica que se puede utilizar como alimento y como fuente de energía; un tipo de azúcar llamado **glucosa**. Pero también obtuvieron un elemento imprescindible para la supervivencia de cualquier forma de vida tal como las que hay en el universo en la actualidad: el oxígeno gaseoso...

Estos primeros **fotosintetizadores** fueron también anaerobios. Mientras estos organismos se reproducían a gran escala, el cambio de composición atmosférica ejercía sobre ellos presión de selección. Algunos de ellos, los **anaerobios facultativos**, pudieron adaptar su metabolismo a la presencia de oxígeno, pero otros (llamados **anaerobios obligados**) se extinguieron, puesto que no lo toleraron. Los fotosintetizadores fueron capaces de utilizar la inagotable energía del sol para transformarla en energía útil para sí mismos y para todos los demás seres vivientes. De este modo, mantuvieron un flujo continuo que aseguró la perpetuación de todas las formas de vida. Todo este proceso ocurrió entre, aproximadamente, 2.700 a 2.200 millones de años atrás.

Tuvo lugar entonces un profundo cambio climático, que se relacionó con dos fenómenos fundamentales: el primero es el que acabamos de señalar, la aparición del  $O_2$ . El segundo es la generación de una nueva combinación de tres átomos del elemento oxígeno y que dio como resultado un nuevo gas: el ozono ( $O_3$ ).

Éste se empezó a acumular en forma localizada y formó una capa que resultó sumamente eficiente para proteger a la superficie terrestre de la devastadora acción de la radiación ultravioleta.

Es decir: para que todos nosotros estemos hoy aquí –dependientes del oxígeno como lo somos–, en primer lugar fue imprescindible la ausencia del oxígeno y del ozono. ¿No es curioso?

**Si hubiera habido oxígeno...**

... habría actuado como reactivo, y habría interferido con todos estos procesos químicos que derivaron en el universo tal como lo conocemos hoy.

**Si hubiera habido ozono...**

... la intensidad de las radiaciones ultravioletas habría sido mucho menor (recuerden que explicamos cuál es la función de la capa de ozono), y estas radiaciones constituyeron una de las dos importantes fuentes de energía necesarias para construir moléculas.

Los organismos que salieron airoso (nunca más adecuado el término) frente a estas nuevas condiciones ambientales fueron los que adquirieron la capacidad de generar energía a partir del oxígeno como reactivo; por esa razón se los denomina **aerobios**.

**Reactivo:**

Sustancia que se somete a reacción química para obtener una nueva sustancia llamada producto.

**Aerobio:**

Todo ser vivo que necesita del oxígeno para sobrevivir.

**Anaerobio:**

Organismo que no necesita oxígeno para subsistir.



La luz del Sol es la fuente de energía para todos los seres vivos.





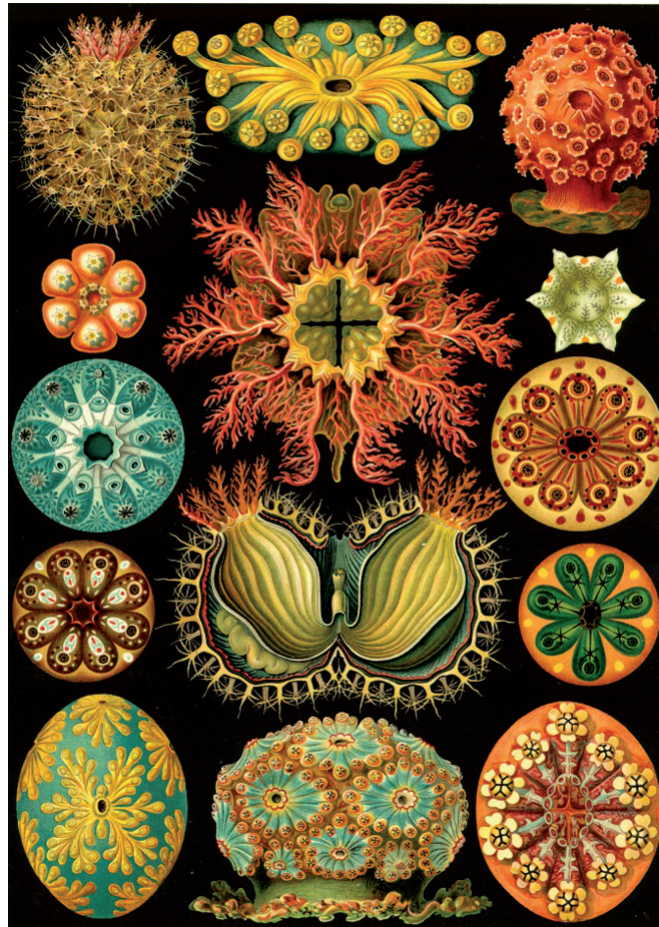
### Actividades

- 1) Realicen una cronología sobre la aparición de la vida en la Tierra.
- 2) Ordenen la secuencia de acontecimientos que integre la evolución química y biológica de las primeras formas de vida. Coloquen un número de orden al comienzo de cada frase.
  - ( ) Formación de moléculas de proteínas, hidratos de carbono, etc.
  - ( ) Aparición de organismos fotosintéticos aerobios.
  - ( ) Reacciones químicas entre compuestos simples de la atmósfera.
  - ( ) Surgimiento de los primeros heterótrofos anaerobios.
  - ( ) Formación de coacervados.
  - ( ) Origen de la protocélula.
  - ( ) Aparición de los heterótrofos aerobios.
  - ( ) Creación de células fotosintéticas anaerobias.
- 3) Confeccionar una lista de las características que debe reunir un organismo para poder mantener la vida (a partir de la aparición del coacervado). Definir cada una.
- 4) Sintetizar en un cuadro o mapa conceptual todas las teorías que expliquen el origen del primer ser vivo.



## LAS PRIMERAS FORMAS DE VIDA

*Ascidiae*. Litografía perteneciente al libro *Obras de arte de la naturaleza*, de Ernst Haeckel. *Ascidiae*, o Ascidia, es el nombre de determinadas especies de invertebrados marinos, pertenecientes al grupo de los Tunicados. Este nombre hace referencia a la cubierta que, al modo de una túnica, poseen estos animales.



**Pregunta puente:** una vez creada la primera forma de vida terrestre unicelular: ¿Cómo fue que se hizo más y más compleja, hasta llegar a configurar organismos pluricelulares? ¿Qué ventajas y desventajas presentaron estas formas de vida?

### Todos los atributos de la vida reducidos a su mínima expresión: las células procariotas

La **protocélula** apareció en la Tierra hace aproximadamente 3.500 millones de años. Era extremadamente simple y pequeña; rápidamente se reprodujo y evolucionó hasta dar origen a la célula procariota. Este término deriva del griego *pro*, que significa “antes” y *karyon*, que significa “grano” o “semilla”, en referencia al núcleo celular, que apareció más tardíamente en la historia evolutiva de la célula.

Diversas especies vivas están conformadas por **células procariotas**: sus principales representantes son las **bacterias** y las algas azules, también llamadas **cianobacterias**, que tienen el mérito de haber sido los primeros seres fotosintéticos terrestres. Estos seres están agrupados en el reino *Monera*. El segundo reino procariota es el *Archaea* y

## Colonia:

Reunión de varias células o de individuos del mismo tipo.

## Membrana plasmática o celular:

Envoltura externa flexible que poseen todas las células.

## Ribosomas:

Cuerpos esféricos donde se fabrican las proteínas que la célula necesita.

## Citoplasma:

Sustancia gelatinosa que cubre el espacio intracelular.

## Pared celular:

Estructura rígida que protege a algunos tipos de célula por fuera de la membrana plasmática.

## Flagelos:

Estructura semejante a un látigo que confiere movilidad, y que está presente en algunas células como la procariota.

## Organela/ organoide/orgánulo:

Cuerpo con forma y funciones especializadas que se encuentra suspendido en el citoplasma de las células que poseen núcleo (eucariotas).

a él pertenecen las bacterias más primitivas, resistentes a condiciones ambientales muy extremas, por ejemplo, a altísimas temperaturas. Se las halla en salinas, donde soportan altísimas concentraciones de sal, en zonas heladas a bajísimas temperaturas o en las proximidades de volcanes y manantiales calientes con temperaturas de hasta 110°C, donde se concentran grandes cantidades de azufre.

### Lo bueno... viene en frasco chico

Quizás porque son tan pequeñas o porque se las suele asociar con el origen de enfermedades, no se valora el gran aporte que las bacterias hacen en la naturaleza. De hecho, muchas enfermedades son producidas por estos unicelulares: el cólera, las úlceras gástricas, la tuberculosis o algunas enfermedades de transmisión sexual, como la clamidiasis, por ejemplo. Sin embargo, su rol en la naturaleza es imprescindible. En primer lugar están las cianobacterias, ya mencionadas, que son las responsables de la creación del oxígeno atmosférico. Por otra parte, el rol de los descomponedores en el ecosistema es llevado a cabo por bacterias y hongos. Éstos son los recicladores de materia a partir de desechos de animales y plantas, y ahorran una gran cantidad de energía en la cadena alimentaria. Otras bacterias son necesarias para completar el proceso digestivo en el intestino de los seres vivos y conforman la llamada flora intestinal; inclusive intervienen en el sistema de defensa contra otras bacterias invasoras que ingresan por el tubo digestivo. Otras bacterias se asocian a las raíces de plantas leguminosas y toman el nitrógeno gaseoso de la atmósfera, al que transforman en nitrógeno, un elemento muy útil para formar proteínas.

Las células procariotas poseen una envoltura externa membranosa llamada **membrana plasmática**. En la zona central se ubica un gran anillo de material genético (ADN), que forma una estructura llamada **cromosoma** (ya hablaremos más detalladamente de ellos en el capítulo correspondiente a Genética). El ARN también está presente en forma de pequeños cuerpos esféricos llamados **ribosomas**, en los que se fabrican todas las proteínas que la célula necesita.

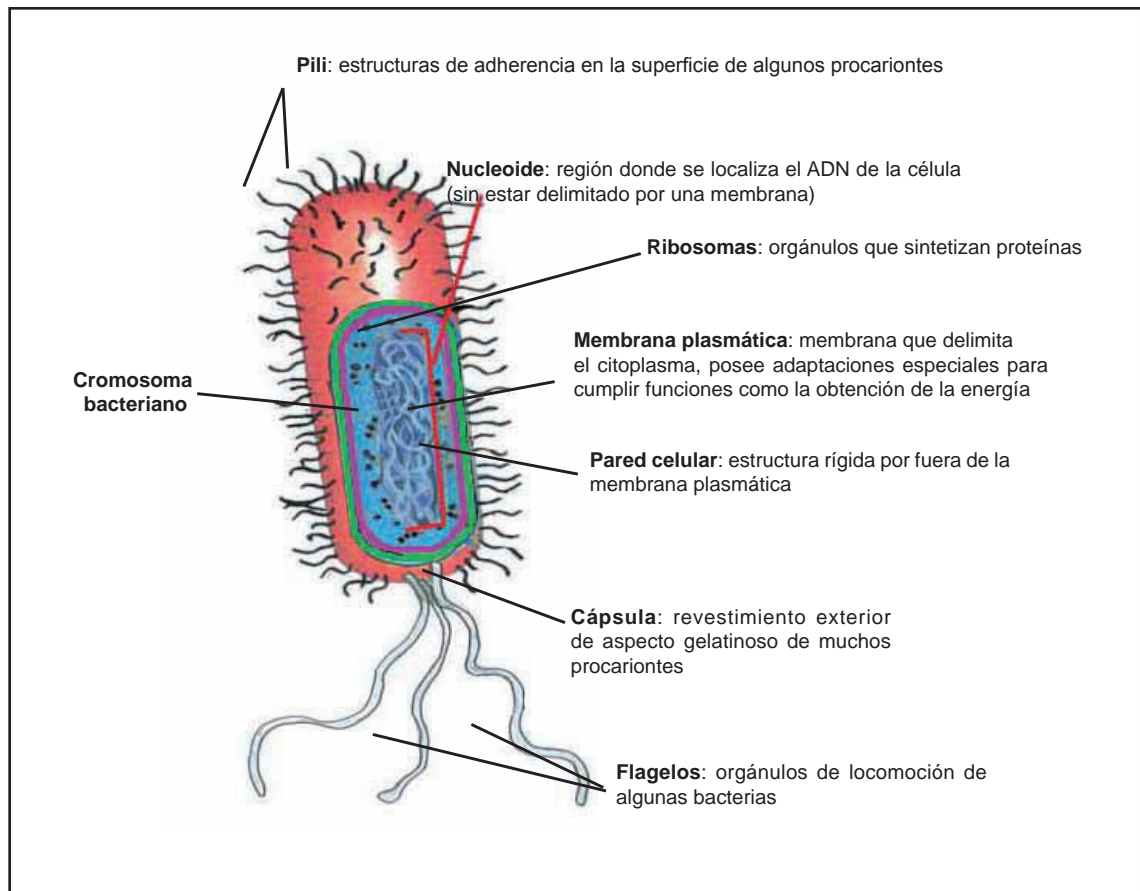
Los ribosomas se encuentran sueltos en una sustancia semilíquida con aspecto de gel que cubre todo el espacio intracelular: el **citoplasma**.

Por fuera de la membrana plasmática hay dos coberturas adicionales. La primera es una **pared celular**: como el término lo sugiere, ésta es dura y rígida y confiere protección

a la célula, mientras que la **capa exterior** o **cápsula** contiene pelos adherentes y tiene aspecto gelatinoso. No todas las procariotas tienen esta cápsula, pero las que la poseen la utilizan para adherirse a otras células y formar **colonias** (como las cianobacterias).

En el caso de las bacterias que producen enfermedades, les sirve para fijarse a la célula a la que luego atacarán. Muchas procariotas tienen movilidad propia gracias a unos pequeños “látigos” llamados **flagelos**, que realizan movimientos ondulantes.

Observen el esquema de la célula procariota, que ilustra la descripción que acabamos de hacer.



Célula procariota

Los lectores atentos habrán notado que nunca mencionamos dónde se realiza la fotosíntesis, o cómo respira esta célula. En el esquema tampoco se observa ninguna estructura especialmente diseñada para estos fines. La respuesta a este misterio es sencilla: en este tipo de célula, que no tiene organelas complejas, la misma membrana plasmática está preparada para cumplir ambas funciones a través de adaptaciones especiales que se realizan en su superficie.



### La salud en peligro: bacterias versus antibióticos ¿Quién ganará?

“La Organización Mundial de la Salud dio la voz de alerta: el uso abusivo de antibióticos está produciendo bacterias cada vez más agueridas y evolucionadas que terminan siendo resistentes a esos medicamentos cuando realmente se necesitan. Resultado: curar a los enfermos es cada vez más difícil. En 1938, cuando fue introducido al mercado el primer antibiótico, la penicilina, destruía el 85% de las cepas del estafilococo (una bacteria que puede producir desde un grano hasta trastornos muy graves). Hoy, el 85% de estas cepas son resistentes a ella.

También la tuberculosis, una enfermedad tratable hasta hace pocos años, presenta cada vez más formas resistentes que, incluso, han producido en el país varios brotes epidémicos dentro de los hospitales. (...)

En Argentina, donde según los infectólogos 8 de cada 10 antibióticos recetados para las anginas son innecesarios, el abuso va de la mano de la automedicación y la falta de campañas de información. (...)

La ecuación es tan simple como poco conocida: los resfríos y la mayoría de las gripes y las bronquitis no se curan con antibióticos porque no son causados por bacterias sino por virus; y los antibióticos sólo combaten a las bacterias.

Los antibióticos actúan sobre diferentes partes de la estructura bacteriana, destruyéndolas o inhibiendo su crecimiento. No todos los antibióticos actúan sobre las mismas bacterias, ni lo hacen de la misma forma. Al ser estas moléculas con configuraciones específicas, reconocen mediante afinidades químicas diferentes proteínas que se encuentran en la superficie de las bacterias. Una vez establecida la unión entre el antibiótico y la bacteria, se inicia una acción que la dañará irreversiblemente: por ejemplo, la penicilina causa grietas en la pared celular bacteriana y como consecuencia, este patógeno pierde la capacidad de regular su medio interno, ingresa agua y la hincha hasta desintegrarla. De esta manera el antibiótico colabora con el sistema inmune, nuestro sistema natural de defensa contra las enfermedades.

¿Por qué las bacterias se vuelven resistentes? Porque en el organismo viven normalmente muchas bacterias pero sin agredirlo (por ejemplo, las de la flora intestinal). Al administrar un antibiótico equivocado o innecesario éste ataca a algunas bacterias “buenas” y permite que las que son naturalmente resistentes a ese antibiótico comiencen a reproducirse, al tener más disponibilidad de lugar y alimento. Además, las bacterias tienen la capacidad de transmitir a otras la capacidad de hacerse resistentes a determinado antibiótico. Esta resistencia también se desarrolla al tomar el medicamento durante un tiempo insuficiente. El resultado de este fenómeno es que una persona que toma frecuentemente antibióticos muy probablemente acumule en su organismo bacterias multirresistentes que son cada vez más difíciles de combatir. Al ser muchas de ellas causantes de enfermedades, crea un complicado panorama a futuro sobre la posibilidad de curarlas, a menos que se sigan desarrollando nuevos antibióticos al que estas todavía no se hayan hecho resistentes.”

Fuente: “Uso y abuso: antibióticos”. Autora: Claudia Selser. Revista *Viva* (resumido y adaptado).



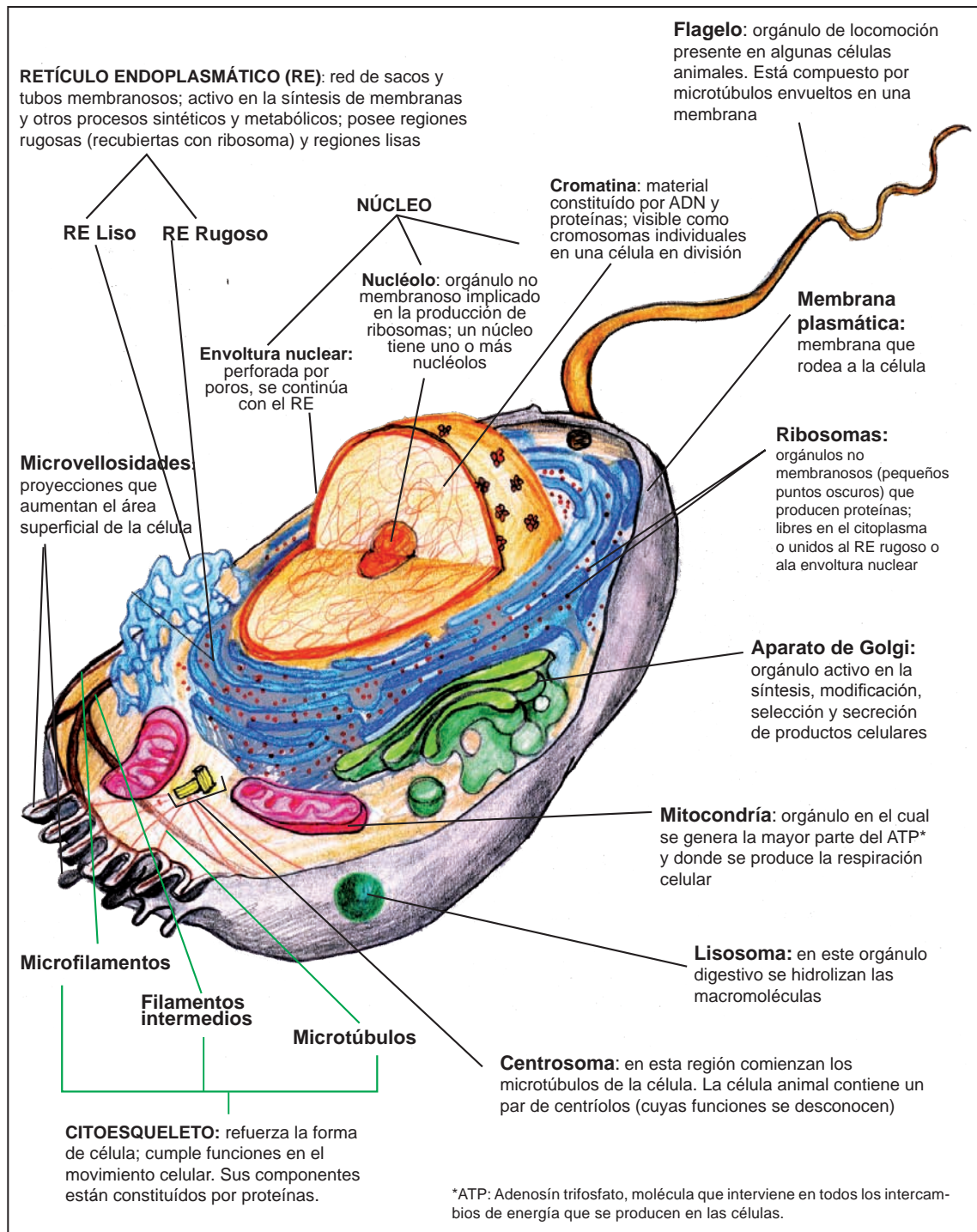
### Antes de seguir...

A partir de la lectura, respondan:

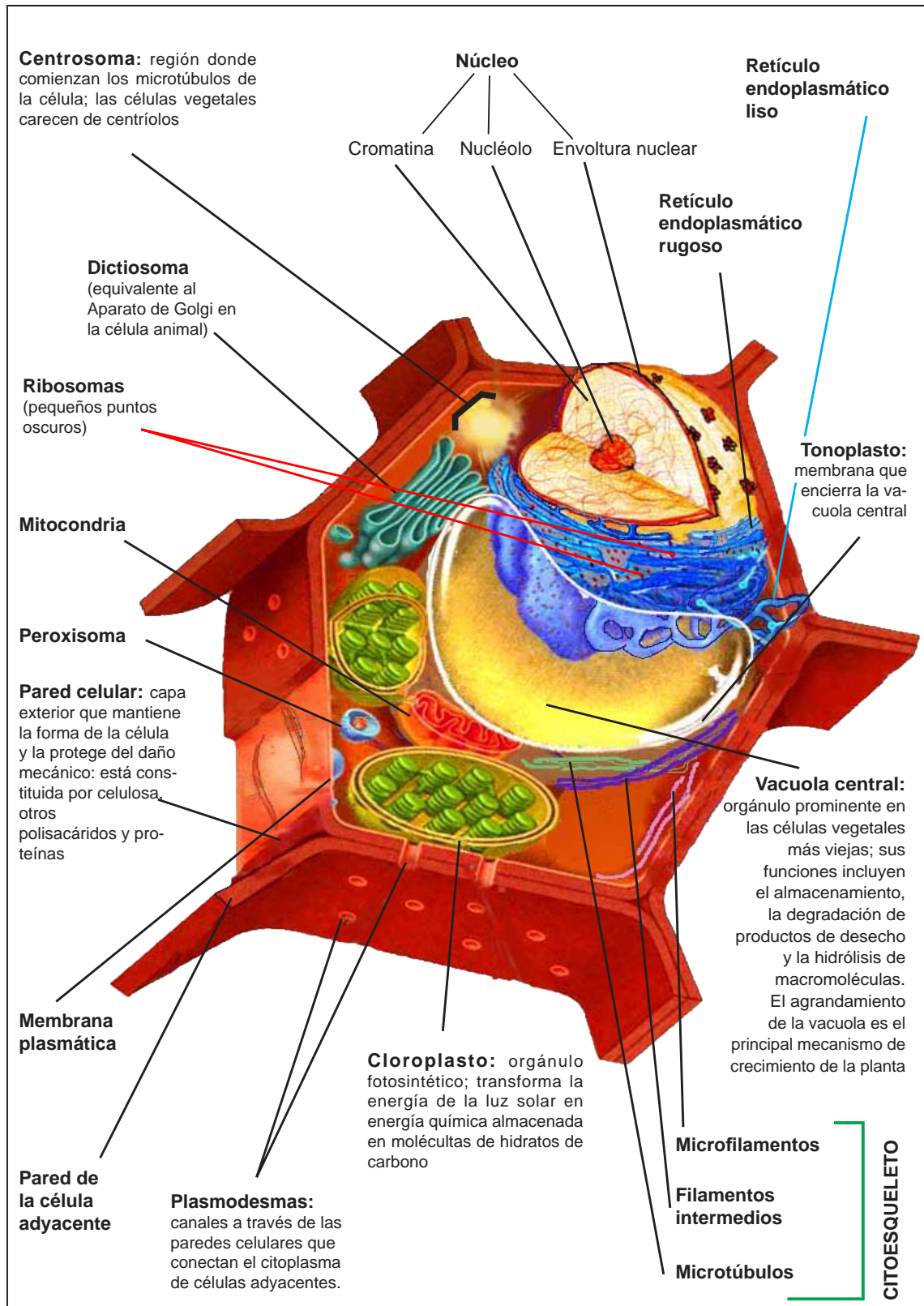
- 1) ¿Cómo explicaría Darwin este fenómeno que ocurre con las bacterias y los antibióticos?
- 2) Expliquen con sus palabras a qué se debe el título de la lectura.
- 3) ¿Quién es responsable de esta situación?
- 4) ¿Cómo la podríamos revertir?
- 5) ¿Por qué no siempre debemos tomar antibióticos cuando nos enfermamos?
- 6) Si continúan leyendo la información que sigue sobre las características de las células eucariotas podrán responder: ¿por qué los antibióticos no atacan a las células eucariotas y sí atacan a las bacterias? ¡A no olvidarse que queda esta respuesta pendiente! ¡No hagan trampa! Hay que seguir leyendo...

## Grandes, complicadas y exitosas: el “boom” de las eucariotas

Si les parece que el título es grandilocuente, observen las ilustraciones y luego opinen: Les presentamos la célula eucariota: la más moderna, la más sofisticada, en sus dos versiones: “animal” y “vegetal”.



Célula animal



Célula vegetal

No es nuestra intención que se encariñen con la célula eucariota, tan temida (¿u odiada?) por los estudiantes de ciencias, sino destacar algunos de sus atributos, que son los que sin duda le posibilitaron el éxito evolutivo, a tal punto que fueron ellas las que “inventaron” la **pluricelularidad**. En efecto, todos los seres vivos formados por más de una célula están constituidos enteramente por eucariotas. Estos organismos se distribuyen taxonómicamente en cuatro reinos: *Protista* (el único unicelular), *Plantae* (plantas), *Animalia* (animales) y *Fungi* (hongos) Si esto no es ser exitoso...

Sería oportuno ahora preguntarnos ¿cómo se llegó a este nivel de complejidad? La respuesta es simple: millones de años de evolución, y algunas cosas más que ocurrieron en ese lapso. Sigán leyendo para enterarse.

#### Reino:

Clasificación taxonómica que agrupa a los seres vivos en seis categorías por similitud de características:

*Archaea, Monera, Protista, Fungi, Plantae y Animalia.*

Los términos utilizados para clasificar a los seres vivos derivan, en general, del latín.

### Y todo por un núcleo...

En primer lugar, es preciso analizar los aspectos comunes a los dos modelos celulares. La adquisición más importante que se logró mediante la evolución fue un nuevo compartimiento dentro del citoplasma, delimitado por una membrana doble de igual estructura química que la externa, pero que posee numerosos poros: el **núcleo**. De este término deriva la palabra eucariota (*eu*: verdadero, *Karyon*: grano o semilla –núcleo–). Esta mayor complejidad estructural habría traído aparejada una mayor eficiencia en la ejecución de una función clave de la célula como es la formación de proteínas. Tanto dentro como fuera del núcleo, en el citoplasma, se observan diferentes estructuras u **organelas**.

El núcleo ocupa aproximadamente un 10% del volumen total de la célula. Su interior es relativamente simple, pero guarda todo lo necesario para que ella pueda fabricar sus proteínas. Contiene el material genético –el ADN– que abarca casi la totalidad del espacio disponible. La molécula de ADN es la que posee toda la información hereditaria, y tiene una forma tridimensional de doble hélice (es decir, es como un resorte, un bucle o un tirabuzón). Durante la mayor parte del tiempo está extendido y laxo, justamente cuando es necesario hacer copias de la información. Cuando se encuentra en ese estado recibe el nombre de **cromatina**. Cuando la célula se divide, el ADN adquiere una configuración diferente y origina cromosomas. Esto ocurre cuando las hélices de ADN se repliegan y llegan a una espiralización máxima ayudadas por ciertas proteínas llamadas **histonas** en las que el ADN se enrolla como un yo-yo, y adoptan así formas definidas. Cuando se encuentra en ese estado es imposible que se pueda copiar información hereditaria (del mismo modo que no se puede transcribir un texto si éste está escrito en un papel hecho un bollo. ¡En primer lugar deberíamos alisarlo!).

Otra estructura también formada por ADN pero con una forma esférica definida es el **nucléolo**. A partir de esta información genética el nucléolo fabrica ARN, con el cual se forman los **ribosomas**, que luego son enviados a través de los poros al citoplasma y se adhieren a la superficie del retículo endoplasmático rugoso.





## Antes de seguir...

- 1) Observen la ilustración de la célula animal y vegetal y ubiquen el nucléolo y luego el retículo rugoso. Los ribosomas son los pequeños granos distribuidos en todo el retículo.
- 2) Recordemos: ¿dónde se encuentra el ARN en la protocélula? ¿Y en la célula procariota?
- 3) Les proponemos un juego: a partir de la atenta observación de los esquemas, ustedes mismos deberán encontrar todas las diferencias entre la célula vegetal y la animal. Confeccionen un cuadro comparativo con esos datos. Registren también en una lista todas las similitudes que observen. Entre la célula animal y la vegetal: ¿se puede afirmar que hay más estructuras comunes a ambas que diferentes? ¿Qué hipótesis se puede plantear sobre la evolución de estos modelos eucariotas?

### Retículo plasmático rugoso:

Organela membranosa donde se elaboran las proteínas.

### Retículo plasmático liso:

Organela membranosa donde se fabrican los lípidos.

### Lisosoma:

Bolsa membranosa que almacena enzimas digestivas para digerir sustancias dentro de la célula.

### Aparato de Golgi:

Conjunto de sacos aplanados cuya función principal es empaquetar sustancias en vesículas para que sean transportadas hacia afuera de la célula o para permanecer en el interior de ella.

## Un viaje extranuclear

Veamos ahora la estructura del citoplasma. En esta sustancia viscosa se encuentran suspendidas numerosas organelas. Hablaremos de las organelas más importantes:

### I) Organelas membranosas, verdaderos laberintos intracelulares

Como habrán podido ver en las ilustraciones, varias organelas tienen una estructura membranosa. Esta posee el mismo diseño que tiene la membrana nuclear y la plasmática. Todas ellas se encuentran en el citoplasma. Los **retículos endoplasmáticos liso y rugoso** son una especie de laberinto que abarca la mayor parte del citoplasma, y tienen continuidad con la membrana nuclear, es decir, se comunican con ella.

Los retículos, junto con las **vesículas**, los **lisosomas** y el **aparato de Golgi**, forman un sistema sincronizado que se comunica con la membrana plasmática y que funciona como una pequeña fábrica. En el **retículo rugoso**, denominado así debido a los numerosísimos ribosomas adheridos a su superficie que le confieren ese aspecto, se elaboran las proteínas. En el **retículo liso**, que no posee ribosomas, se fabrican los lípidos. Una vez elaborados los productos de los retículos, éstos son englobados y almacenados dentro de **vesículas**, simples bolsitas membranosas que los transportan al aparato de Golgi. Esta organela funciona como lugar de procesamiento final y empaque de los productos fabricados. Las sustancias son envasadas en nuevas vesículas, que quedarán dentro de la célula

o podrán migrar hacia la membrana externa, adherirse a ella y abrir una ranura en el punto de unión para descargar su contenido al exterior. Una vez ocurrido esto, la vesícula queda incorporada como parte de la membrana plasmática. Observemos que todas estas interacciones entre organelas, como la unión en el Golgi de las vesículas que se forman en el retículo endoplasmático, son posibles gracias a que todas ellas poseen una composición idéntica de fosfolípidos y proteínas.

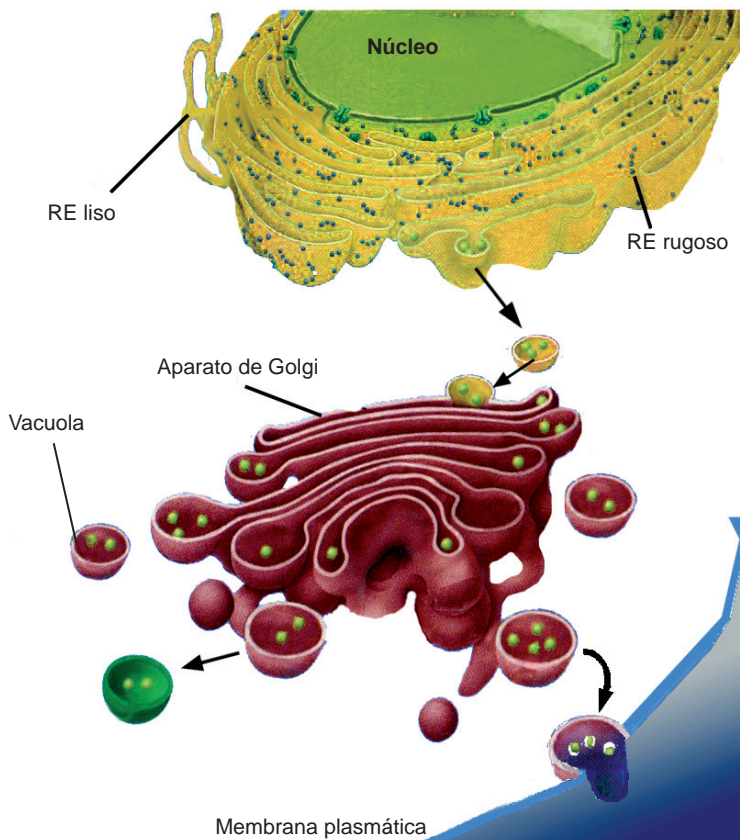
Ciertas vesículas almacenan en su interior **enzimas** digestivas, y se denominan **lisosomas**. Los lisosomas son útiles en las células animales, las cuales, al ser heterótrofas, necesitan degradar partículas de alimento ingerido. Además, estas enzimas digieren organelas envejecidas.

### Enzima:

Molécula de proteína cuya función es intervenir en procesos metabólicos, acelerando la velocidad de las reacciones químicas. Su acción es específica, es decir, hay una enzima para cada reacción química.

### ¿Vesículas o vacuolas?

Si bien la estructura es idéntica, ambas son bolsitas membranosas que contienen sustancias, las vacuolas son más grandes y su función es almacenadora, mientras que las vesículas son más pequeñas y, como vimos, se especializan en transportar sustancias.



### Antes de seguir...



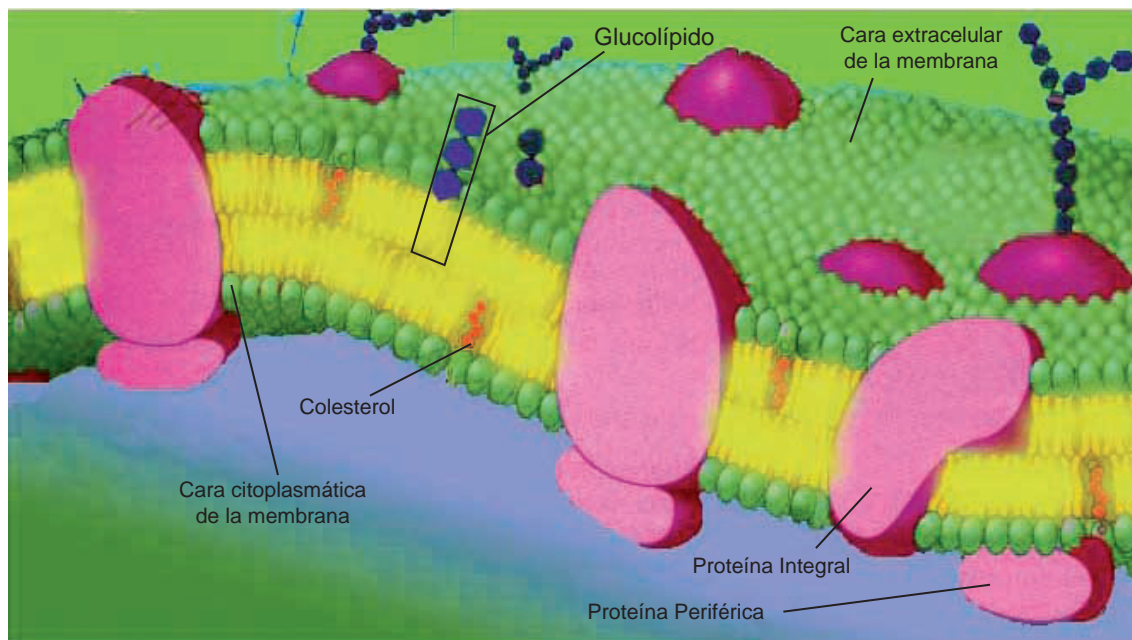
Otro juego de observación e interpretación:

Reconozcan en este esquema cada organela membranosa y coloquen leyendas que describan lo que ocurre en la secuencia que ilustran las flechas.

### II) La membrana plasmática: pasaje selectivo de sustancias

Una disposición muy particular de moléculas de lípidos con presencia de fósforo (fosfolípidos) en forma de doble capa, en la cual se hallan intercaladas proteínas y algunas moléculas de colesterol (otro lípido), es la responsable de las características especiales que posee la membrana plasmática.

Observen el dibujo:



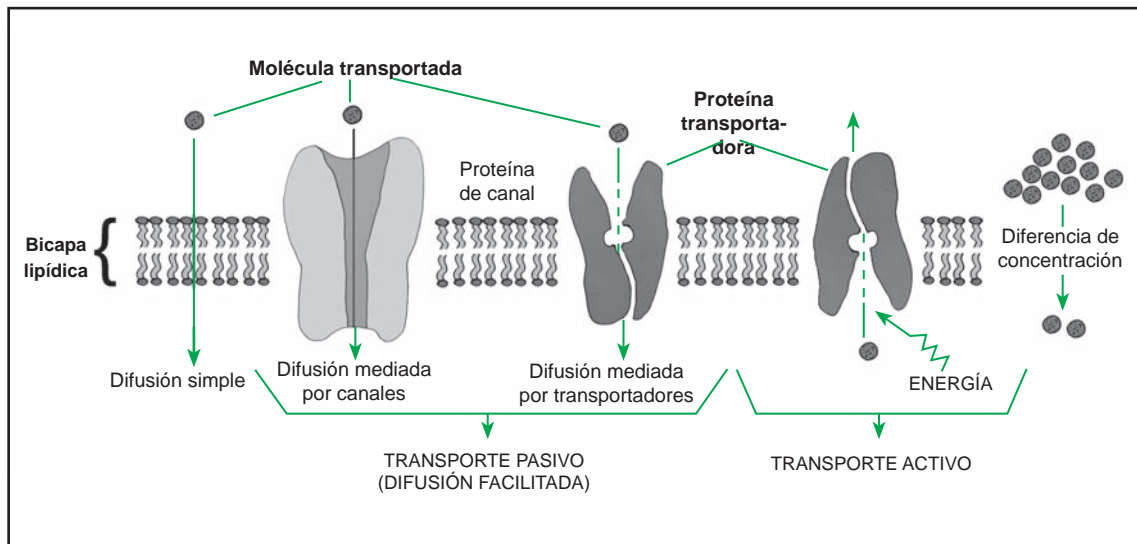
Membrana plasmática

En las células procariotas se mantiene esta misma estructura básica, pero no aparecen las moléculas del colesterol. Por otro lado, la composición química de proteínas y fosfolípidos varía entre ambos tipos celulares.

Esta cobertura celular permite mantener fluidez, es decir, el corrimiento lateral de los componentes. De este modo una célula que se “pincha” puede reparar el daño gracias a que las moléculas que se desplazan y generan así un “parche”.

La membrana plasmática también posee permeabilidad selectiva: regula qué sustancias deben entrar a la célula, equilibra el nivel de agua y sales en su interior y elimina los desechos que la célula genera.

Hay una modalidad diferente de pasaje según el tipo y tamaño de la molécula que debe ingresar:



Permeabilidad de la membrana

Cuando se trata de partículas pequeñas, como las de agua, oxígeno o dióxido de carbono, éstas circulan atravesando la capa de lípidos. En ocasiones hay pasaje a través de proteínas que forman un poro o canal. El agua usa también esta vía para ingresar a la célula. Para trasladar moléculas medianas como partes de proteínas (aminoácidos), azúcares simples como la glucosa, y átomos cargados positiva o negativamente (iones), las proteínas de la membrana actúan como transportadoras, es decir que ajustan especialmente su configuración (su forma) para posibilitar el pasaje.

Estos procesos se producen de manera espontánea y genéricamente se denominan **procesos de difusión**. Como esta forma de transporte no requiere un gasto de energía, se la llama **transporte pasivo**. A modo de ejemplo: si una persona se ubica en un rincón del aula cerrada y arroja un perfume en aerosol, quienes en primer lugar sentirán el aroma serán los alumnos sentados en la zona más cercana al lugar donde se arrojó el perfume, y luego, paulatinamente, lo sentirán los que se ubican más atrás. Si realizan esta experiencia comprobarán que las moléculas se dispersan por el aula sin necesidad de que agiten los brazos o enciendan un ventilador. Del mismo modo, cuando las moléculas pasan a través de la membrana desde donde hay más hacia donde hay menos o ninguna molécula, se trata de transporte pasivo.

### Permeabilidad selectiva:

Capacidad que posee la membrana plasmática de regular qué sustancias deben entrar a la célula, equilibrar el nivel de agua y sales en su interior y eliminar los desechos que la célula genera.

### Procesos de difusión:

Traslado de partículas diversas sin gasto de energía a través de la membrana plasmática.

### Transporte pasivo:

Modo de transporte que no requiere gasto de energía.



## Transporte activo:

Es el que se produce a través de proteínas transportadoras y requiere gasto de energía.

## Transporte en masa:

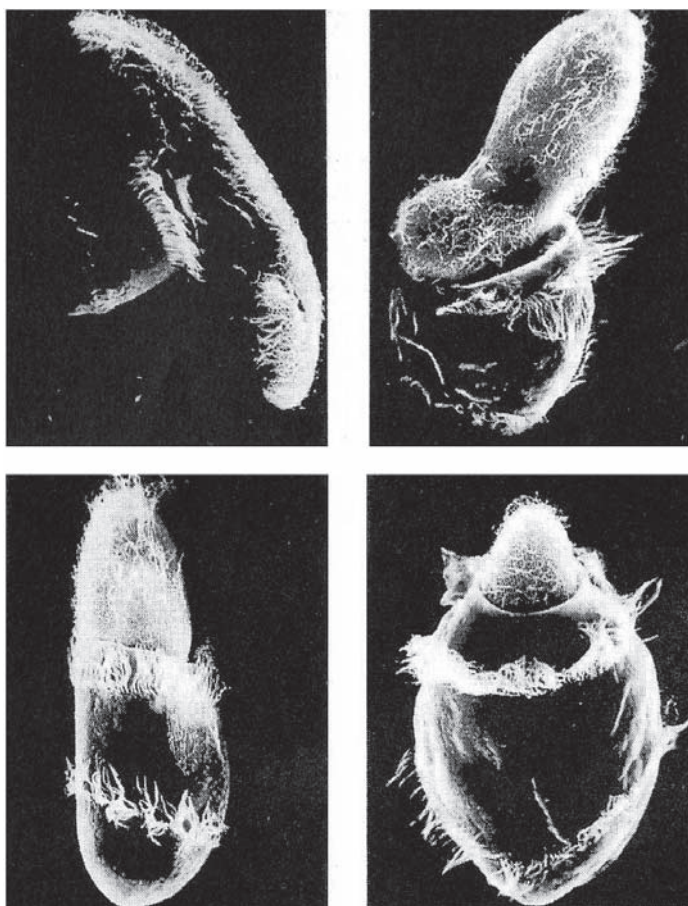
Modo de transporte que se realiza cuando la partícula que debe ser trasladada es grande. Para realizarlo, la membrana se deforma y “envuelve” a la partícula en cuestión. Este transporte puede denominarse Fagocitosis (si la partícula es sólida) o Pinocitosis (si es líquida).

## Exocitosis:

Transporte en masa en sentido inverso, que se realiza para eliminar desechos celulares.

Pensemos ahora el caso inverso: el **transporte activo**, el cual también se produce a través de proteínas transportadoras. Para visualizarlo imaginen un bote que tiene una perforación. Si navegan en él, gastarán energía constantemente en vaciar con una lata el agua que entra espontáneamente y que tiende a inundarlo.

Hay una última forma de transporte con gasto de energía. Si la partícula que debe ingresar es grande, ya no se puede usar ninguna de las alternativas que vimos previamente, sino que se realiza otro proceso denominado genéricamente **transporte en masa**. En este caso, la membrana se deforma y emite prolongaciones que engloban a la partícula en cuestión. Si ésta es sólida, el proceso se llama **fagocitosis**. Si es líquida, **pinocitosis**. Las partículas fagocitadas quedan incluidas en una vacuola, rodeada por una porción de membrana plasmática que sirve de envoltorio. El transporte en masa en sentido inverso se denomina **exocitosis** y sirve, por ejemplo, para eliminar desechos celulares.



Fagocitosis de un protozoo denominado *Paramecium* por un *Didinium*, un ciliado capaz de comer a otros de su mismo tamaño.

Antes de seguir...



Completen el cuadro

Formas de transporte a través de la membrana plasmática

	Difusión simple	Difusión facilitada por canales	Difusión facilitada por proteínas transportadoras	Transporte activo por proteínas transportadoras	Transporte en masa Fagocitosis Pinocitosis
Gasto de energía sí/no					
Sector de la membrana que es traspasado					
Tipos de moléculas que se transportan					

### III - a) Las organelas de membranas dobles y su relación con la nutrición

Hay otras organelas que, a pesar de estar constituidas por membranas, no forman parte del sistema descripto. Se trata de los **cloroplastos** y las **mitocondrias**.

Los cloroplastos son organelas exclusivas de las células vegetales. Podríamos definirlos como pequeñísimos paneles solares, ya que tienen un pigmento verde llamado **clorofila**, que les permite captar la energía solar. Esta fuente de energía les posibilita llevar a cabo la fotosíntesis que, como ya dijimos, consiste en la elaboración de moléculas orgánicas complejas (el “alimento” de la planta), a partir del dióxido de carbono atmosférico y el agua. Recordemos que la emisión de oxígeno gaseoso es el beneficio adicional de este proceso para todos los seres aerobios.

La membrana externa de los cloroplastos es lisa y la interna es muy replegada. En los pliegues se alojan unos

#### Cloroplasto:

Organela exclusiva de las células vegetales. Poseen un pigmento denominado clorofila, que les permite captar la luz solar para realizar la fotosíntesis.

#### Mitocondria:

Organelas que aparecen en las células eucariotas y en las que se lleva a cabo el proceso de respiración celular.



cuerpos pequeños con forma de monedas apiladas llamados **tilacoides**, en los cuales se almacenan los pigmentos que captan la luz.

Las mitocondrias comparten esa misma estructura, pero en ellas no están presentes los tilacoides. Estas organelas aparecen en todas las células eucariotas, ya que en ellas se realiza un proceso fundamental para la vida que es la respiración celular. Mediante esta reacción química se logra la obtención de energía a partir de la degradación de sustancias orgánicas que previamente se elaboraron por fotosíntesis en la célula vegetal, o que fueron incorporadas desde el exterior, en el caso de la célula animal. Los organismos aerobios necesitan oxígeno como reactivo para este proceso. Los anaerobios lo realizan usando otros recursos. Así como para producir sustancias hace falta energía, el resultado de la destrucción de moléculas libera la energía que éstas tenían almacenada en las uniones entre los átomos. Tanto la fotosíntesis como la **respiración celular** forman parte del proceso de nutrición.

## Respiración celular:

Reacción química por medio de la cual se logra la obtención de la energía a partir de la degradación de sustancias orgánicas.

## Nutrición:

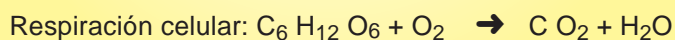
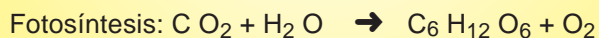
Proceso por el cual la célula obtiene energía a partir de la utilización de sustancias a las que degrada, llamadas nutrientes, y que previamente fueron ingeridas (en las células heterótrofas), o fotosintetizadas (en las autótrofas).

## Antes de seguir...



### Ordenemos la información

- 1) Elaboren un esquema en el que se visualice la relación entre fotosíntesis y respiración celular. En él deben incluir los términos: energía/ autótrofos/ heterótrofos/ aerobios/ anaerobios/ construcción/ degradación/nutrición /fotosíntesis/ respiración celular/ alimento.
- 2) Observen las ecuaciones químicas de las reacciones de fotosíntesis y respiración celular. ¿Qué relación encuentran entre ellas? ¿Qué beneficio tiene esta relación para la supervivencia de los seres?



### III - b) Misterios casi resueltos sobre el origen de las mitocondrias y cloroplastos: la teoría endosimbionte

Una característica común a cloroplastos y mitocondrias que intrigó a los científicos durante mucho tiempo es que ambas poseen en su interior un único cromosoma circular constituido por ADN y que, además, tienen ribosomas. Un último dato curioso: estas organelas son capaces de reproducirse por sí solas dentro de la célula. Relean las estructuras celulares descritas hasta ahora e intenten descubrir a qué células se asemejan estas organelas; qué características tienen en común con ellas. ¿Ya lo descubrieron? ¿No les sorprende?

Efectivamente, tanto el ADN como los ribosomas son estructuralmente iguales a los de una célula procariota. Pero... ¿cómo llegaron células procariotas a introducirse dentro de otras? ¿Y cómo lograron transformarse en organelas especializadas? ¿Por qué motivo lo hicieron?

La investigadora Lynn Margulis de la Universidad de Massachussets postuló recientemente lo que se conoce como **teoría endosimbionte**.

Según ella, la aparición del oxígeno en la atmósfera hizo que algunos organismos procariotas se extinguieran; otros, por el contrario, se adaptaron a utilizar el oxígeno, y otros habrían desarrollado como estrategia de supervivencia la capacidad de introducirse en otras células de mayor tamaño como huéspedes de éstas para convivir en una relación **simbiótica** en el interior de su hospedador.

#### Simbiosis:

Relación interespecífica en la cual los individuos de ambas especies, a los que se denomina hospedador y huésped, se benefician de modo tal que la supervivencia de ambos depende de esta relación.

#### Endosimbiosis:

El prefijo *endo* significa “dentro” o “en el interior”. En el caso del término *endosimbiosis* alude a la relación simbiótica que se establece entre dos organismos, uno de los cuales (el huésped) habita en el interior de otro (hospedador).

Antes de seguir...



#### ¡A pensar!

Elaboren hipótesis sobre qué tipo de célula procariota habría originado los cloroplastos y justifiquen la opción elegida:

- a) bacteria fotosintética anaerobia
- b) bacteria heterótrofa anaerobia
- c) bacteria fotosintética aerobia

Piensen cuál sería el mutuo beneficio obtenido de la endosimbiosis.



## Microtúbulos:

Tubos estrechos de las células eucariotas que intervienen en distintos procesos celulares.

## Citoesqueleto:

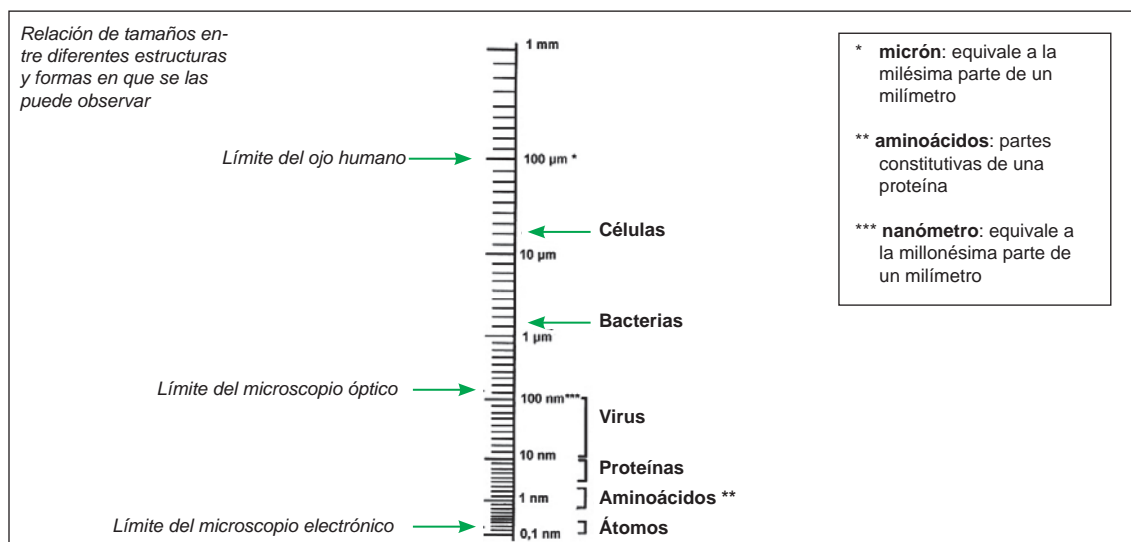
Estructura constituida por microtúbulos que mantiene la forma de la célula, facilita la movilidad celular y desempeña un importante papel tanto en el transporte intracelular como en la división de la célula.

Esta teoría postula que algunas células procariotas más grandes desarrollaron plegamientos en sus membranas, lo cual permitió que se originaran las organelas membranosas como los retículos y el aparato de Golgi. También señala que en su citoplasma se desarrolló un sistema de **microtúbulos**, que constituyó el esqueleto celular o **citoesqueleto**. Esta transformación le otorgó a la célula la posibilidad de deformarse y de realizar el movimiento envolvente para fagocitar otras células procariotas más pequeñas y convertirlas en su alimento. La imposibilidad de digerir estas células fagocitadas hizo que éstas quedaran incluidas como huéspedes. Este vínculo de mutuo beneficio terminó por ser seleccionado como algo ventajoso para la supervivencia en el mecanismo de evolución. Esas procariotas “invasoras” se transformaron así en organelas específicas dentro de sus hospedadoras: las mitocondrias y los cloroplastos.

En síntesis: no está claro si las células pequeñas se introdujeron por necesidad dentro de las más grandes o si éstas últimas las “comieron”, pero de un modo u otro la relación terminó siendo beneficiosa para ambas, y otorga una explicación razonable sobre la extraordinaria complejidad de las células eucariotas.

## Todo es cuestión de tamaños: el uso del microscopio

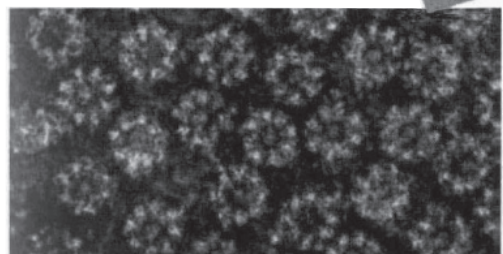
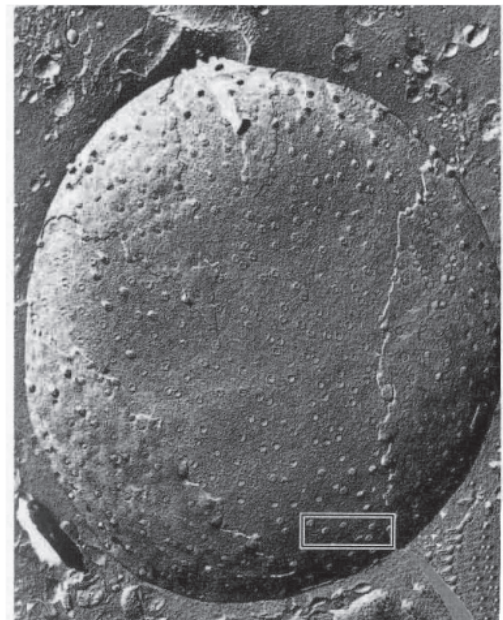
El siguiente esquema ilustra las relaciones de tamaños entre diferentes estructuras químicas y celulares. También se indica con qué tipo de microscopio se puede visualizar cada una de ellas según sus dimensiones.



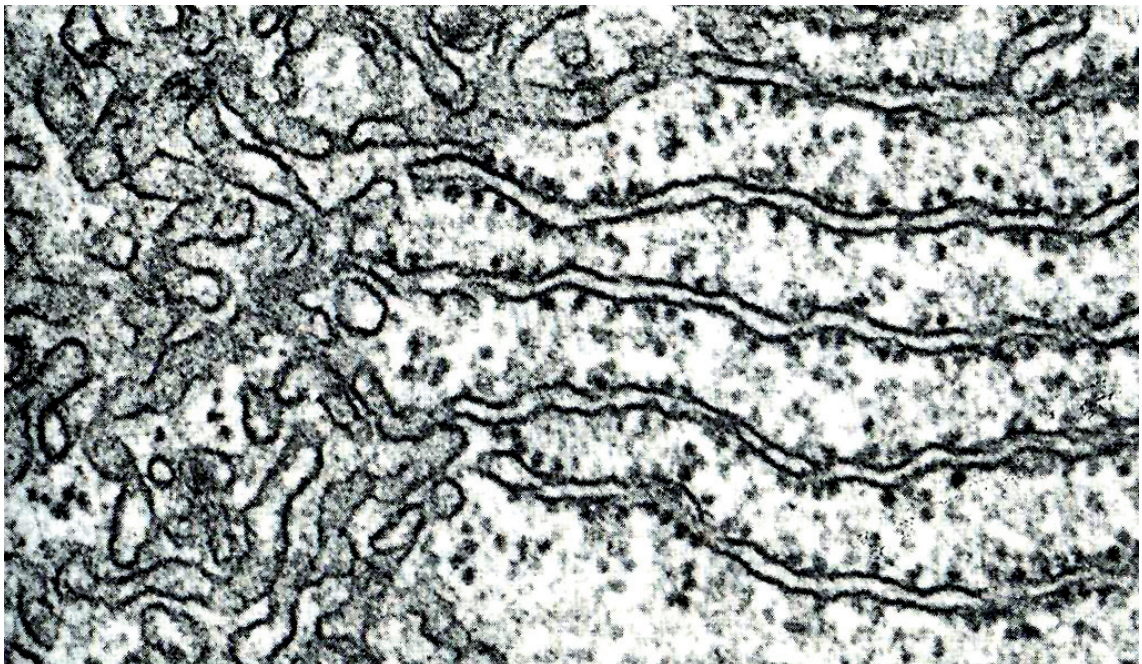
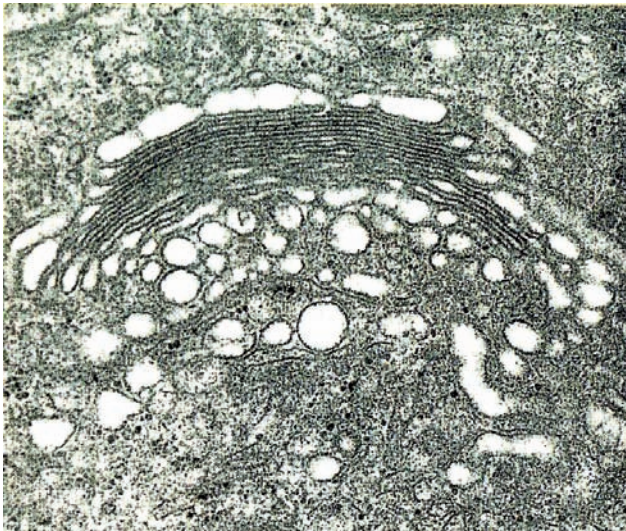
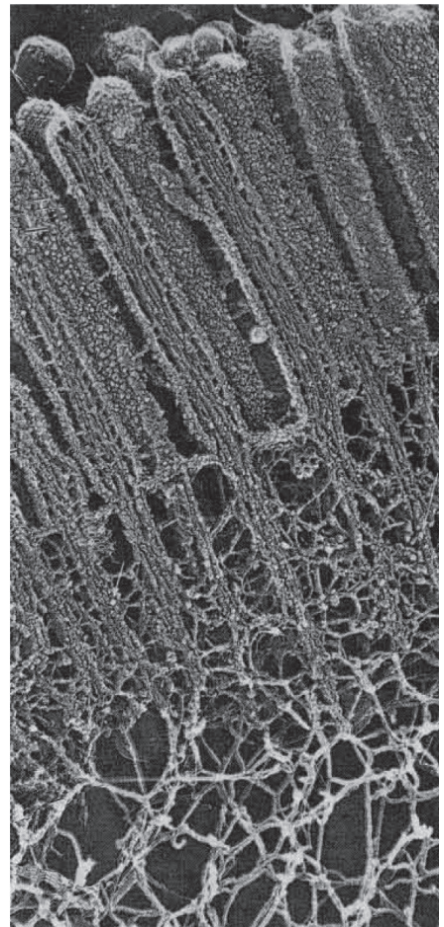
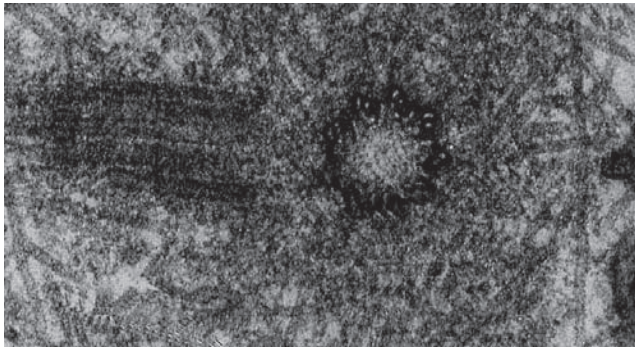
## Antes de seguir...



- 1) Investiguen las características del microscopio óptico y el electrónico de barrido y de transmisión. También cuál es su límite de resolución (cuál es el máximo aumento al que llega cada uno).
- 2) Busquen datos sobre la estructura de un virus y sus características y, a partir de lo visto en este capítulo, deduzcan si es una estructura química o un ser vivo. ¿Es más grande o más pequeño que una célula procariota?
- 3) Observación de imágenes microscópicas: Las siguientes fotografías (páginas 91 y 92) fueron tomadas a través de microscopio electrónico. Deberán reconocer a qué organelas corresponde cada una y en qué tipo de célula se encuentra.









## La célula como objeto de estudio

Cuando en 1665 el científico Robert Hooke enfocó, con el recientemente diseñado microscopio, las primeras células tomadas de una muestra de corcho, abrió sin darse cuenta las puertas a un universo desconocido hasta ese momento: el de los seres vivos microscópicos.

Hooke observó una sucesión de compartimientos cerrados contiguos a los que llamó **células**. Este nombre proviene del latín *cella* y significa “espacio vacío”. También podría derivar del griego *kytos*, que significa “celda”. Posteriormente, van Leeuwenhoek observó células libres y descubrió en su interior cierta organización. Esta observación era muy promisoría; sin embargo, desde 1674, cuando hizo su hallazgo, la investigación en relación con la célula quedó relegada al olvido durante los cien años posteriores. Recién en 1831, Brown descubrió el núcleo celular. Finalmente, el botánico Matthias Jakob Schleiden y el zoólogo Theodor Schwann –que trabajaron en forma simultánea– enunciaron entre 1838 y 1839 los postulados de lo que hoy se conoce como teoría celular.

En 1855, Virchow agregó un nuevo postulado a la teoría: toda célula se origina de una preexistente. Veinticinco años más tarde se descubrió el mecanismo principal de generación de células: la **mitosis**. Por último, se describió el comportamiento de los cromosomas durante este proceso.

Todos estos conocimientos se reunieron en una versión más actualizada e integrada de la teoría celular, que postula:

- Todo ser vivo está constituido por una o más células.
- Las reacciones químicas que lleva a cabo un ser vivo, tanto las que permiten obtener energía como las que sintetizan las sustancias que él necesita, se realizan dentro de sus células. Las propiedades de un organismo dependen de las propiedades de sus células y de los productos que éstas fabrican.
- Toda célula se origina de otra preexistente.
- Toda célula posee información hereditaria, la cual se transmite hacia las células hijas.

### Célula:

Unidad estructural, funcional y de origen.

### Mitosis:

Mecanismo principal de generación de células, por el cual crece un ser vivo pluricelular o se reproducen los unicelulares y se generan células idénticas a la original.

### Antes de seguir...



#### Analizamos lo leído

Relean la teoría celular y luego encuentren una correlación entre sus postulados y los adjetivos empleados en la definición de célula.

Luego expliquen con qué ítem de la teoría se relaciona cada uno de los siguientes conceptos y justifiquen:

Metabolismo – Unicelularidad y pluricelularidad – Evolución – Reproducción–



### La teoría celular y el ancestro común

Si repensamos en la idea de la existencia de un ancestro común a todos los seres vivos en el marco de la teoría celular, podemos concluir que:

- Este antepasado que originó a todos los seres vivientes estaba constituido por una única célula (la protocélula).
- La condición básica para mantener un equilibrio interno independiente del medio externo y para generar sus propias sustancias fue la de tener la capacidad para realizar reacciones químicas en su interior.
- Como este ancestro común fue el primer ser vivo, obviamente, no pudo originarse de otro preexistente.
- La aparición del material genético, que en la protocélula fue el ARN, y posteriormente en las procariotas se hizo más complejo (el ADN), proveyó la información hereditaria. Esta fue la condición necesaria para originar seres con características similares a las de sus progenitores. Incluso, el proceso de evolución que generó las formas de vida actuales a través de cambios adaptativos fue posible gracias a este material que se podía transmitir de generación en generación.

### Otro importante salto evolutivo: la pluricelularidad

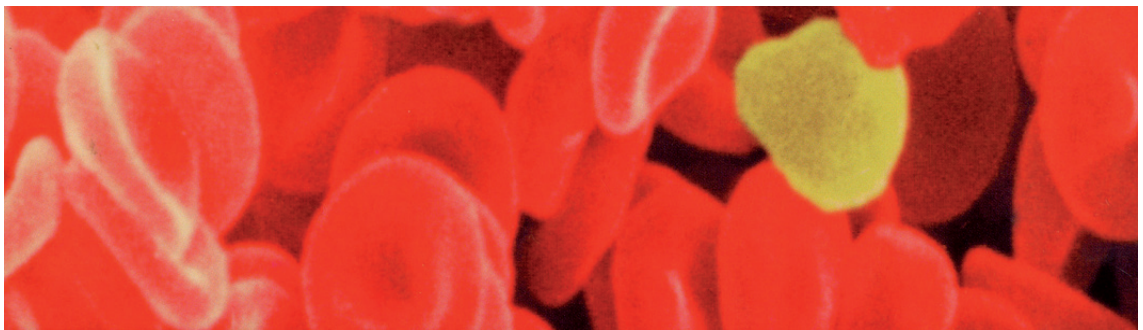
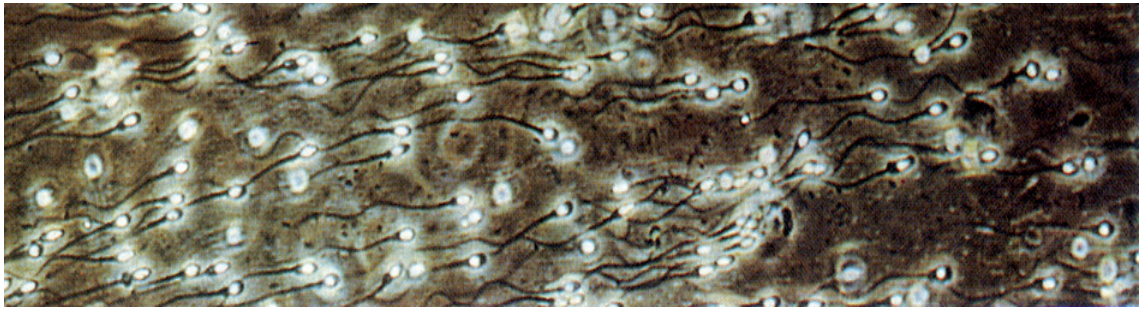
Transcurrió bastante tiempo desde la aparición de los primeros eucariotas hasta que surgieron los seres **pluricelulares**, es decir, los que están conformados por una gran cantidad de células, hace sólo 750 millones de años.

Mencionamos ya que algunos unicelulares se reunían en colonias; sin embargo, no se puede denominar pluricelularidad a esta mera agrupación de células. La pluricelularidad trae aparejada una “división del trabajo” entre las células, que implica ventajas y desventajas.

### Independientes pero dependientes. ¿en qué quedamos?

La célula, como hemos señalado, es una unidad de vida. Pero ¿qué sucede cuando los seres son pluricelulares? ¿Todas las células cumplen la misma función?

¿Por qué llamamos “unidad de vida” a la célula? Porque es un sistema capaz de autosustentarse. Por supuesto que esta función no se pierde cuando se constituye un individuo pluricelular, pero la división del trabajo implica necesariamente una alta especialización, y esto conlleva resignar ciertas funciones para aumentar la eficiencia en otras. El hecho de perder ciertas capacidades hace a la célula más vulnerable y dependiente de otras que cubran estas deficiencias. Es imprescindible entonces generar un sistema de comunicación e integración eficiente de funciones entre ellas. No olvidemos que el individuo es más que un conjunto de células: es, en sí mismo, un sistema viviente, con lo cual sus unidades constitutivas deben actuar de manera coordinada. ¿Cómo se logra esto? Mediante procesos de **diferenciación celular**. Estos procesos originan células con funciones específicas que, en conjunto, se denominan **tejidos**. Veamos ejemplos concretos de diferentes tipos de células del ser humano:



### Antes de seguir...

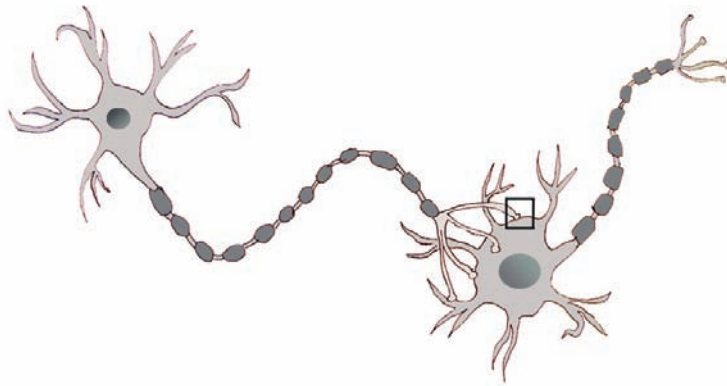
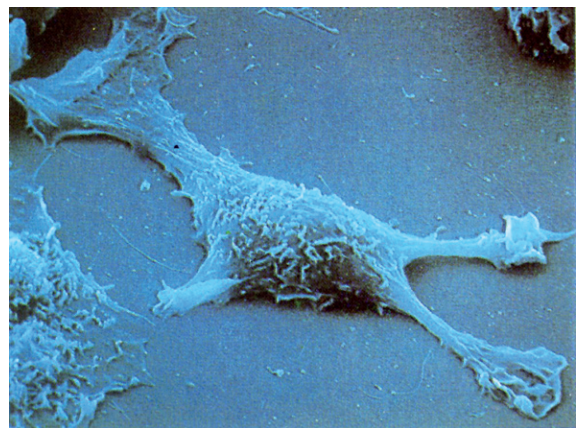
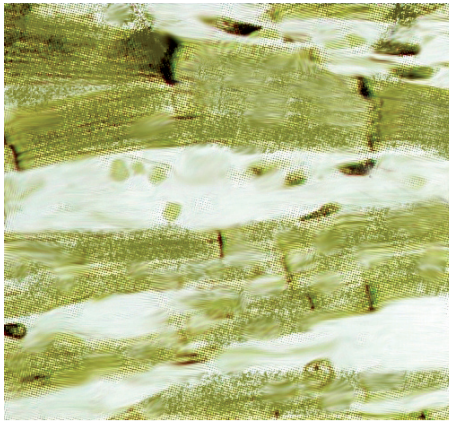


**¡A observar y pensar!** Ustedes mismos deducirán qué funciones cumple cada tipo celular según su morfología, es decir, su forma o estructura externa, según la siguiente consigna:

De las fotografías que aparecen en esta página y la que sigue, mencionen qué célula elegirían según el caso:

(En cada caso, expliquen las características morfológicas que justifican su elección y en qué órganos creen que se podría encontrar a estos tipos celulares).

- Para que funcione como un elástico, es decir, que se estire y vuelva a su lugar;
- ¿Cuál de ellas sería muy deformable debido a la pérdida de su núcleo para poder pasar por conductos sumamente estrechos, como lo son ciertos vasos sanguíneos?
- ¿Cuál sería la adecuada, según su opinión, para trasladarse rápidamente y para poder introducirse en conductos muy estrechos? ¿Cuál de todas tendría tal capacidad de locomoción?
- ¿Cuál de todas ellas, aun sin tener medios propios de locomoción, puede deformarse para englobar con su membrana diferentes partículas?
- Por último, ¿cuál elegirían ustedes para que funcione interconectando a otras células para transmitir estímulos diferentes?



Tal como lo pudieron comprobar, existe una correlación entre la estructura celular y la función que la célula desempeña dentro del tejido del que forma parte. Los tejidos, a su vez, según la disposición que adquieran, dan origen a **órganos**. Por ejemplo, el tejido muscular está presente en músculos, en el útero y en el corazón, entre otros. El tejido óseo forma huesos, mientras el tejido nervioso forma el cerebro, la médula espinal, el cerebelo, etc. A su vez, varios órganos se reúnen para cumplir funciones en conjunto, lo que da lugar así a la conformación de los sistemas de órganos o aparatos: circulatorio, digestivo... ¿recuerdan otros?

Para un individuo unicelular es sumamente simple incorporar el alimento y el oxígeno necesarios para obtener energía, ya que está en contacto con el medio externo que se los provee en forma directa. Por el contrario, a la célula inmersa en el complejo entramado de tejidos, órganos y sistemas, los suministros deben llegarle a través de órganos especializados. Tanto el oxígeno como los nutrientes le llegan por los vasos sanguíneos que contienen el tejido especializado para el transporte de sustancias: la sangre. Por suerte, los vasos sanguíneos llegan absolutamente a todas las células del cuerpo. En conclusión: una neurona, una célula del hígado, una fibra muscular o cualquier otra que imaginen, para poder sobrevivir, dependen del correcto funcionamiento de las células sanguíneas y de que los vasos conductores no estén obstruidos. Este es el costo que se pagó para poder obtener el beneficio mayor que claramente lograron los pluricelulares: una gran variabilidad, una gran capacidad para conquistar diferentes hábitats y para adaptarse a ellos.



## Cómo “crear” un organismo pluricelular

Si hablamos de “dividir para multiplicar” seguramente los matemáticos dirán que la frase es un absurdo. Sin embargo, este aparente contrasentido es, en biología, absolutamente válido y es precisamente lo que ocurre con las células cuando un individuo necesita crecer.

Cada célula se divide en dos y así se obtienen dos células hijas, que son siempre iguales a la original. Este es el mecanismo por medio del cual un pluricelular incrementa su masa corporal. También influye, aunque en menor escala, el aumento en el tamaño celular, o sea, el crecimiento individual de cada célula.

El proceso por medio del cual de una célula inicial se obtienen dos nuevas células se denomina **mitosis**. En los seres unicelulares, este mecanismo, obviamente, no es utilizado con la finalidad de crecer. En este caso sirve como forma de reproducción, es decir, es la manera de generar descendencia. Sin embargo, noten que sucede algo curioso: un ser unicelular se divide por mitosis y genera dos células que serían las células hijas pero, al hacerlo..., ¡el progenitor deja de existir! Simplemente se “transformó” en sus hijas, por lo cual tampoco podríamos decir que murió. La naturaleza está llena de rarezas. ¿No creen?

Volviendo al proceso de mitosis: cada célula debe duplicar su material genético para que éste se reparta por partes iguales y en forma correcta al generar nuevas células. Esto es de gran importancia, no olvidemos que toda la información hereditaria se encuentra en el ADN. Es allí donde están las instrucciones necesarias para que se origine cada tipo celular.



F. Méridas truchas, Daniel Paz

Antes de seguir...



### Deducimos la secuencia de la mitosis

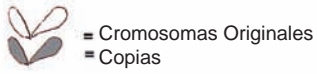
Observen en la siguiente página, la secuencia del esquema muy simplificada que ilustra las etapas del proceso. Con ayuda de su docente expliquen lo que observan en cuanto al comportamiento de los cromosomas. Coloreen los cromosomas de la siguiente manera: con tres colores diferentes, uno para cada par de la célula inicial. Luego respeten los mismos colores en cada paso siguiente pero, en los cromosomas copia, que son los punteados, coloreen sólo los contornos. Pueden hacer este mimo dibujo en una lámina para el aula.



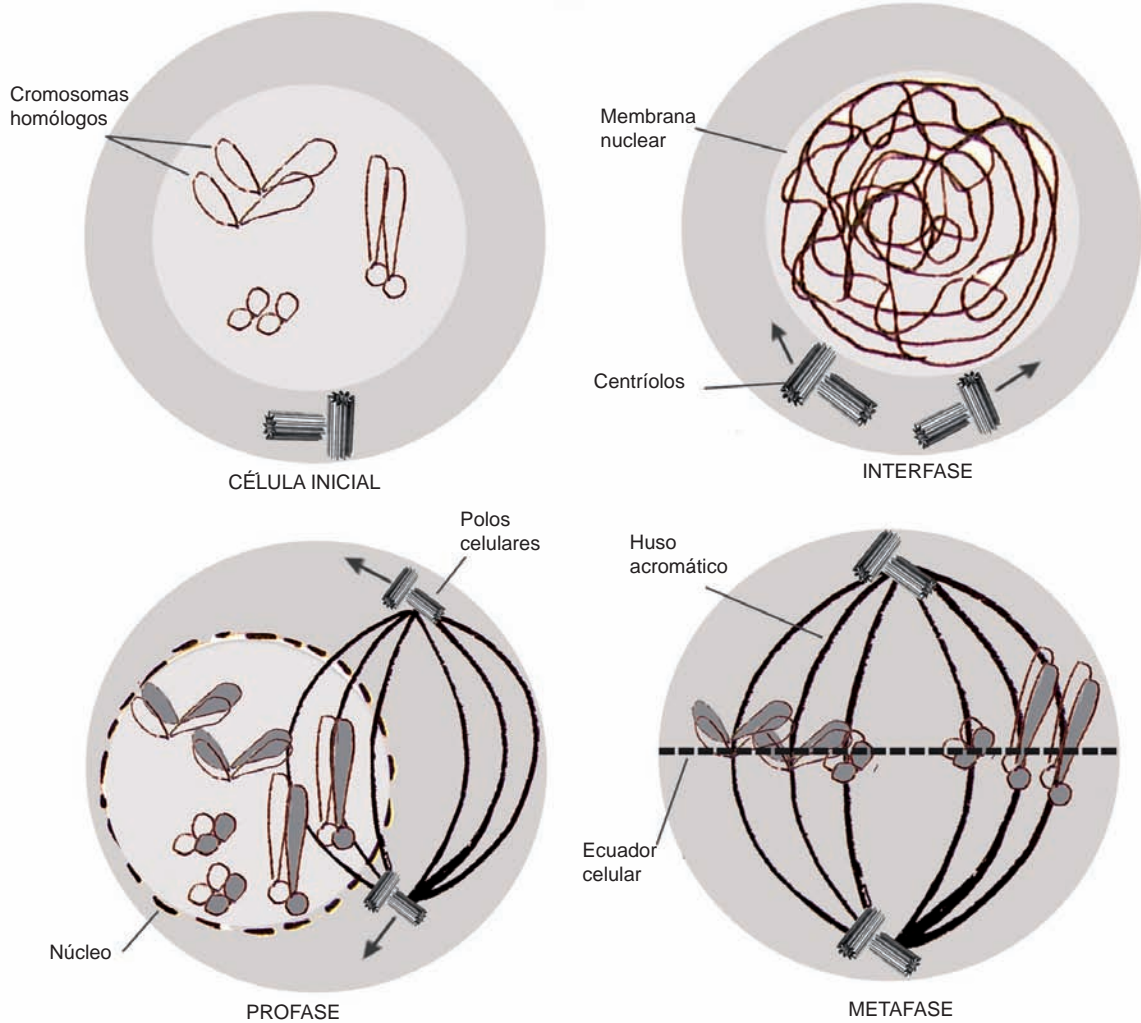
## LA MITOSIS (célula animal)

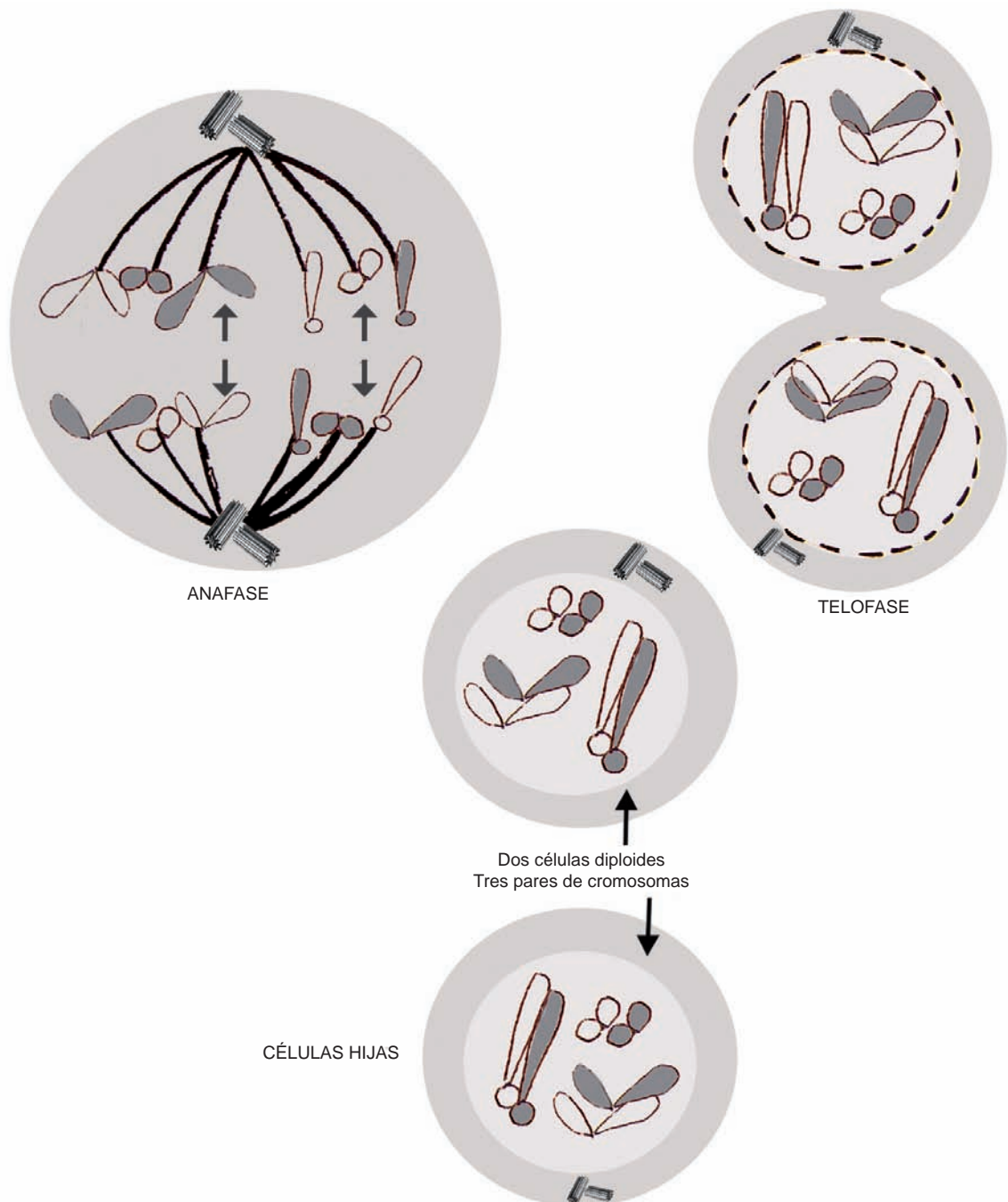
Una célula diploide  
Tres pares de cromosomas

### Referencias:



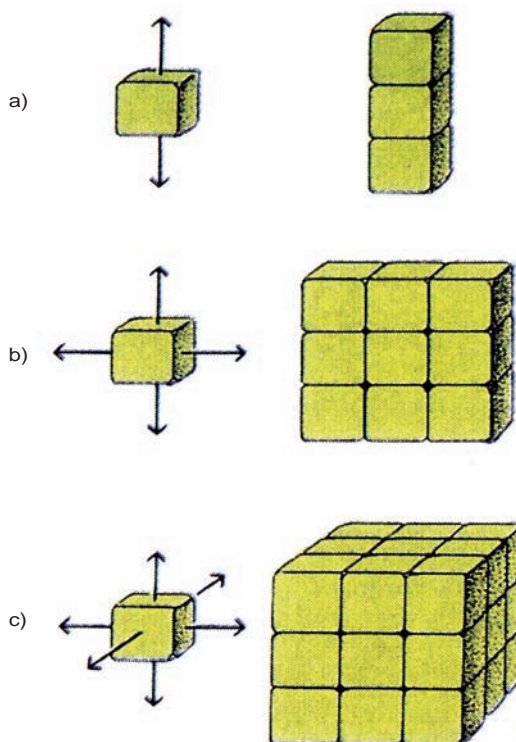
Igual color = cromosomas homólogos





## Dime cómo creces...

Si la mitosis se produce en un solo plano (fig. a), se originará un filamento alargado, como en algunas algas. Si las divisiones celulares ocurren en dos planos (fig. b) se origina una capa de una sola célula de espesor. Si ocurre en tres dimensiones se origina un cuerpo sólido (fig. c).



## Los extremos opuestos: de la muerte celular programada a la multiplicación descontrolada

¿Nunca se preguntaron cómo se originan las formas humanas a lo largo de nueve meses de mitosis incesantes dentro del útero materno? ¿Cómo se “tallan” los dedos, la nariz o los rasgos faciales, hasta que se asemejen a los de alguno de sus progenitores? Los científicos ya encontraron la respuesta. Lo que ocurre es un proceso muy preciso llamado **apoptosis** o muerte celular programada. La forma tridimensional de un cuerpo pluricelular está determinada por la información que aporta el material genético; y, en función de esta información –que funciona a la manera de un “plano maestro”– se inicia la construcción del individuo. Al igual que un escultor va quitando cuidadosamente con sus herramientas el material que le sobra de la pieza en bruto para diseñar su obra, las células que están fuera de lugar o que constituyeron tejidos provisionarios también desaparecen por muerte programada. Como ejemplo podemos citar las membranas que crecen entre los dedos de un bebé en gestación. Estos tejidos se generan momentáneamente para luego destruirse, y las células que quedan determinan la forma definitiva de los dedos. Los cambios morfológicos que va experimentando un embrión durante su desarrollo son numerosos.

No sólo ocurre apoptosis durante la gestación. Normalmente, en cualquier organismo hay células que están envejecidas porque cumplieron su ciclo de vida; también puede haber algunas defectuosas o dañadas. En el interior de estas células comienzan a suceder cambios metabólicos y/o morfológicos que las inducen a morir.

Así como la muerte celular programa la continuidad de la vida, la multiplicación celular descontrolada puede conducir a comprometerla seriamente. Esto sucede cuando una célula, sin ninguna razón aparente, pierde el control sobre su propia multiplicación y comienza a generar mitosis sucesivas a una gran velocidad y sin seguir ningún patrón. La consecuencia es que estas células invaden tejidos y órganos sanos y alteran su normal funcionamiento, y así producen lo que conocemos como tumores.

El material genético de cada tipo de célula programa el número de veces que esta puede reproducirse, lo cual determinará su ciclo de vida. Al haberse cumplido este ciclo, la célula morirá por apoptosis. Cuando hay alguna alteración en su ADN que afecta este proceso, terminará produciéndose el tumor.

### Los tumores y el cáncer

Lean el texto y realicen un cuadro sinóptico o mapa conceptual en el que se visualice la relación entre tumor – cáncer – metástasis.

“En un organismo adulto existen células que deben dividirse continuamente, como, por ejemplo, las de la piel y los progenitores de las células de la sangre, y otras que se dividen raramente o, incluso, no se dividen, como sucede con las neuronas. Es decir que el crecimiento y renovación de los tejidos debe estar controlado, ya que un incremento en la división celular, así como una duplicación insuficiente, producirá alteraciones importantes en el individuo.

Cuando en algún tejido se pierde el control de la división celular se originan los tumores o neoplasias, que incluyen los tumores benignos, los malignos y las metástasis. Un tumor benigno -el cual no es considerado un cáncer- está formado por células que se dividen sin control, pero que permanecen en su lugar de origen. Por el contrario, los tumores malignos -o cáncer- están formados por células que tienen la capacidad de invadir tejidos circundantes y de movilizarse hacia otros sitios del organismo, donde se implantan y desarrollan nuevas colonias de células tumorales, denominadas metástasis. Las células metastásicas destruyen la arquitectura de los tejidos normales y alteran la fisiología del órgano que han invadido”.

Entrevista al Dr. O. Podhajcer (fragmento) Revista *Ciencia Hoy*, Vol. 7, N° 40. 1997.

### Actividades finales



#### Procesamiento de información e integración de contenidos

Los invitamos a realizar una lectura cuidadosa de la totalidad del capítulo. Tendrán que rastrear en él la información necesaria para resolver las siguientes consignas:

- Confeccionar un cuadro en el que figuren todos los reinos y el tipo (procariota o eucariota) y cantidad de células (unicelular o pluricelular) que los caracteriza.
- Realizar un cuadro comparativo entre las células procariota, eucariota animal y eucariota vegetal. Consignar en él diferencias y similitudes entre ribosomas, membrana celular, pared celular, material genético, cloroplastos, mitocondrias, retículos (liso y rugoso) y aparato de Golgi.
- Pongan en común con los demás compañeros toda la información procesada.





## Actividades finales

### Juguemos un poco... Un viaje con la imaginación al mundo pequeño

Visualizar el “microuniverso” celular es muy difícil. Hay un gran repertorio de formas y tamaños en su interior. Les proponemos una exploración de la célula pero vista desde adentro, ¿se animan?

Inventen un personaje muy pero muy pequeño. Le pueden poner nombre y, con un poco de creatividad, hasta lo pueden dibujar. Ahora imaginen que se introduce dentro de una célula y a lo largo de su expedición hace un relato de su viaje. Léanlo atentamente porque ustedes mismos deberán descubrir en qué tipo de célula se metió y qué estructuras recorrió dentro de ella. También pueden crear relatos de viajes imaginarios a otras células. Aquí va su crónica de viaje:

“Me costó un poco, pero hice un agujerito golpeando con todas mis fuerzas en una pared muy dura. Me colé por ese agujerito y me encontré con una especie de cortina doble que estaba hecha de unas pelotitas que parecían chupetines. Ni bien atravesé esa cortina, me encontré nadando en una cosa pegajosa que parecía gelatina a medio endurecer. Cerca flotaba una especie de huevo y me metí dentro de él, otra vez retorciéndome hasta pasar por una cortina como la primera. Terminé de atravesarla y me encontré con otra cortina más pero toda replegada, con mucho vuelo, y también la atravesé. Al llegar al interior me sorprendí, porque todo era color verde, y había unas moneditas tiradas por todos lados. Dije: ‘aquí se debe hacer algo importante: este lugar es muy lindo’. Como quería seguir recorriendo me quedé un rato y volví a salir como había entrado. Seguí nadando y a lo lejos divisé otro huevo como el primero. Era muy parecido pero no era verde. Decidí no entrar y seguí mi viaje. Al poco tiempo llegué a una gran esfera que parecía un plato volador. Tenía agujeritos por todas partes y me metí cómodamente. Adentro vi un montón de tirabuzones desparramados. Casi todo el espacio estaba lleno de esos cables retorcidos. Sólo en un rincón encontré como una pelota bastante compacta, que era distinta a todo. Como me estaba enredando y no me podía mover me fui de ahí por otro agujerito pero me encontré metido en unos pasadizos que tenían un montón de granitos en toda su superficie. Eran muy retorcidos y parecían no acabarse nunca. Cuando quise acordar me encontré metido en una bolsa que de repente se soltó de esos túneles y empezó a navegar a toda velocidad por el jugo viscoso. Llegué a otro lugar donde me depositó. Por todos lados se formaban bolsas nuevas que parecían globos. Otra vez me encontré encerrado dentro de uno de ellos y navegando por la gelatina espesa. De pronto chocó con la cortina igual que la que atravesé al entrar y se reventó. Me metí esta vez por un hueco donde pasé bastante cómodo. Al lado del hueco seguía la forma de dobles chupetines. Me encontré con la pared dura, pero tuve suerte, y descubrí un conducto por el que pasé tranquilamente, y por fin pude salir. La pena es que nunca supe cómo se llama el lugar que visité. ¿Me ayudan a averiguarlo?”

## Actividades finales


**Vamos al laboratorio:** la diversidad celular a través del microscopio

El objetivo de este apartado será familiarizarse con la técnica de enfoque al microscopio óptico, y también con la metodología para realizar preparados temporarios.

Por otro lado, es importante realizar una observación minuciosa de los detalles para diferenciar los tipos celulares que se enfocarán. Deberán hacer dibujos de cada preparado usando lápiz negro, y respetando en cada caso las formas y tamaños celulares. Siempre se debe colocar el aumento con el que se realiza la observación y el título que especifique qué tipo de material se está viendo.

En primer lugar consigan un dibujo del microscopio y sus partes. Luego sigan las instrucciones de enfoque:

- 1°: Colocar el objetivo de enfoque menor y encender la luz del microscopio enfocar sobre el espejo una luz externa.
- 2° Colocar el preparado sobre la platina.
- 3° Mover el tornillo macrométrico hasta que se vea nítidamente.
- 4° Girar el revolver al siguiente lente objetivo. Mover únicamente el tornillo micrométrico (el macrométrico sólo puede usarse con el menor aumento), hasta ver nítidamente. Se puede recorrer el preparado con los tornillos de la platina. Si no hay platina móvil éste se moverá a mano.
- 5° Repetir el paso 4 hasta enfocar con el aumento deseado.

**Cómo saber el aumento con el que se observa el preparado:** se multiplica el valor que figura en la lente ocular por el número que figura en la lente objetivo, y siempre se le coloca una "X". Por ejemplo: si el objetivo es 4X y el ocular 10X: el aumento real con el que se observa el preparado será de 40X

Desarrollo:

Con ayuda de su docente realizarán preparados con los siguientes materiales:

Enjuagarse la boca y raspar con una cucharita el interior de la mejilla. Colocar lo extraído sobre un portaobjetos, y agregarle una gota de azul de metileno usando una pipeta. Colocar un cubreobjetos.

Dejar unos días un pan en un lugar húmedo para que sobre él crezcan hongos (moho). Con la ayuda de una aguja de disección retirar una porción muy pequeña y colocarla sobre un portaobjetos, agregarle una gota de agua. Cubrir.

Cortar una capa muy fina de la parte blanca de una cebolla. Colocar azul de metileno y una gota de agua. Cubrir.

Colocar en agua unas hojas de lechuga y dejarlas varios días o, en su defecto, sacar una muestra de agua de una pileta o charco estancado que haya tomado coloración verdosa. Extraer una gota con pipeta y colocarla entre porta y cubre. Se le puede agregar una gota

### Actividades finales



de vaselina líquida ya que, si hay organismos móviles, se podrán enfocar sin que se escapen del campo visual al colocar un medio más viscoso. Se podrán ver protistas.

Colocar una muestra del tamaño de la punta de aguja de disección extraída de un pan de levadura. Colocar una gota de agua y cubrir. Observarán hongos unicelulares.

Tomar una muestra de yogur y colocarle una gota de agua. Se observarán bacterias, pero en este caso el aumento que se utilizará es el que requiere la aplicación de un aceite especial sobre el cubreobjetos (Aumento de 1000X). Este líquido se denomina aceite de inmersión.

Observación de tejidos:

- a) Pedir en un laboratorio de análisis clínicos un preparado fijado de sangre. Enfocarlo y reconocer los tipos celulares.
- b) Tomar una hoja de una planta carnosa tipo Kalanchoe, y cuidadosamente con un cutre quitar una fina capa de la epidermis de la cara inferior de la hoja. Observar los estomas por los que se intercambian gases y la diferencia con el resto de las células.

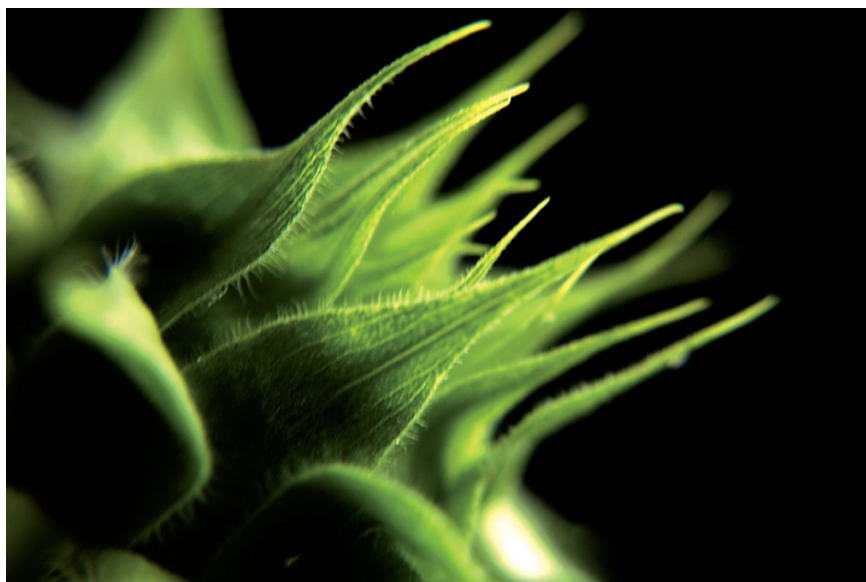
### Para saber más: divulgación científica

Lecturas recomendadas:

Aljanati, D. *La vida y el universo*. Buenos Aires, Colihue [Sin careta], 1994.

Este libro integra contenidos. Explica el origen del primer ser vivo en la Tierra y la evolución posterior. También se plantea la posibilidad de vida en el resto del universo.

## REPRODUCCIÓN



Vida nueva

**Pregunta puente:** acabamos de aprender cómo se conformó la primera estructura viviente, y cómo a partir de ella aparecieron formas de vida cada vez más complejas hasta llegar a los individuos pluricelulares pero...

¿Hubiera sido posible esta evolución sin la capacidad de reproducción? ¿Cuántas formas de reproducción existen en la naturaleza? ¿Son algunas más ventajosas que otras?

### Reproducirse para evitar la extinción

Imaginemos qué sucedería si una especie cualquiera, por ejemplo, la de los osos panda, dejara de reproducirse. Seguramente, al cabo de unas decenas de años, estos dejarían de existir.

Esto es así porque los seres vivos permanecen durante determinado tiempo para luego morir, es decir, cumplen un ciclo de vida. Para que las especies vivan durante períodos mayores y se perpetúen a través del tiempo sin extinguirse, es necesario que los organismos se reproduzcan; es decir, que generen individuos nuevos para compensar a los que desaparecieron. En otras palabras, la **reproducción** es la forma que tienen las especies de contrarrestar a la muerte.

Por otro lado, la reproducción es una condición indispensable para lograr la evolución mediante la cual los individuos hijos podrán adquirir cambios adaptativos que los favorezcan en el hábitat en el que se desarrollan, para poder responder positivamente a las presiones de selección, y así también garantizar su supervivencia. La reproducción no es una función esencial sólo para el individuo, sino que lo es para las especies.



### Diploide:

Célula que posee la cantidad completa de material genético característica de su especie (cada especie se caracteriza por tener una cantidad determinada de material genético distribuida en pares de cromosomas).

### Haploide:

Célula que posee la mitad del material genético. Las gametas o células reproductoras que intervienen en la reproducción sexual son haploides.

## Reproducción asexual y sexual: dos alternativas y miles de variantes

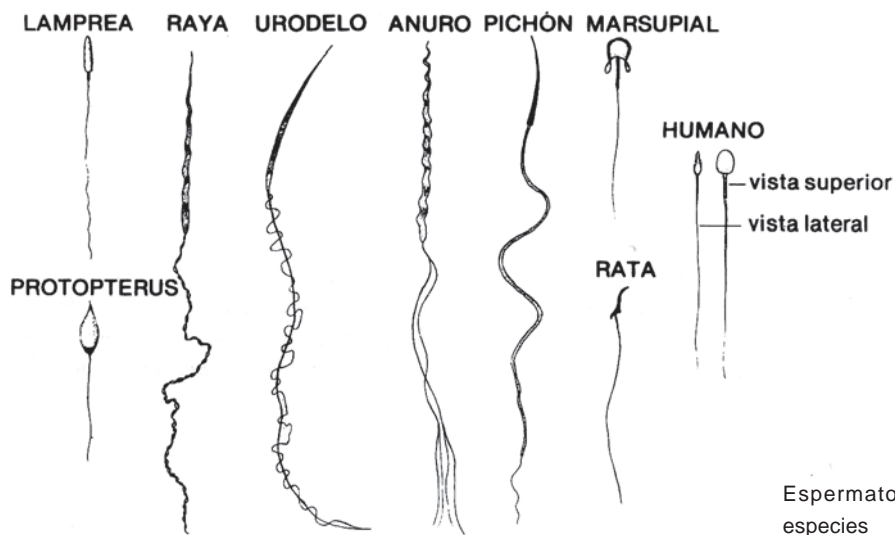
En la reproducción asexual, un único progenitor da origen a dos o más descendientes, que comparten con él las características genéticas. A los individuos que son genéticamente idénticos entre sí se los denomina **clones**.

La reproducción asexual es un tipo de reproducción rápida, que consume poca energía, ya que el individuo, simplemente, se divide y origina así a sus descendientes, iguales entre sí y respecto del individuo que les dio origen.

En cambio, en la reproducción sexual intervienen dos progenitores, cada uno de los cuales aporta una célula especializada con la mitad del material genético que el que poseen las demás células de ese individuo. Estas células son **haploides** y se denominan gametas. Una de ellas es grande, inmóvil, y tiene almacenada una enorme cantidad de nutrientes. Es la que conocemos como **óvulo**, y al organismo que la genera lo llamamos **hembra**.

Por otro lado, el **macho** produce **espermatozoides**, que son pequeños, móviles, numerosos y que, en la mayor parte de las especies, poseen una larga cola o flagelo que les permite desplazarse.

En las especies vegetales sucede algo muy similar, pero a la gameta femenina se la denomina **oosfera**, y célula espermática o **anterozoide** a la masculina.



Espermatozoides de distintas especies

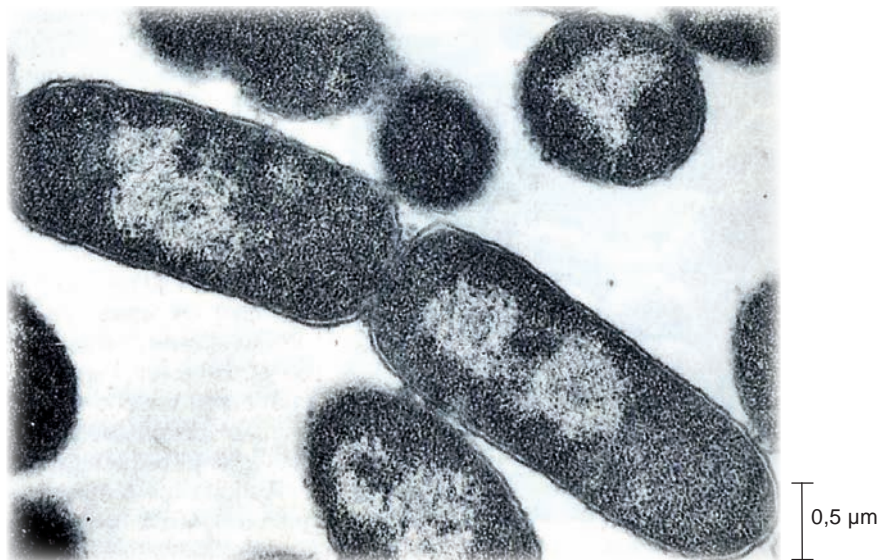
A diferencia de la asexual, la reproducción sexual requiere de más de un sexo, y de estructuras especializadas para formar, transportar y reservar las gametas. Y requiere, además, de la búsqueda de parejas ya que, generalmente, cada gameta está alojada en un ser vivo distinto. Para ello, los individuos deben desarrollar comportamientos específicos y órganos de apareamiento que les permitan ir al encuentro de la otra célula reproductora para fecundarla. Para lograr todo esto es necesaria una gran cantidad de energía.

**No exactamente iguales:**

En la reproducción asexual los individuos no son exactamente iguales sino que suelen tener pequeñas diferencias, tan pequeñas que para explicártelas tenemos que esperar hasta el próximo año.

### Algunos tipos de reproducción asexual

En el proceso de **fisión binaria**, la célula madre se divide y forma dos células hijas, lo cual es frecuente en bacterias, algunos hongos, algas y ciertos protozoos. Este proceso de división se puede dar en forma transversal o longitudinal. En las amebas, el progenitor genera en su interior una gran cantidad de descendientes. A este mecanismo se lo conoce como **fisión múltiple**.

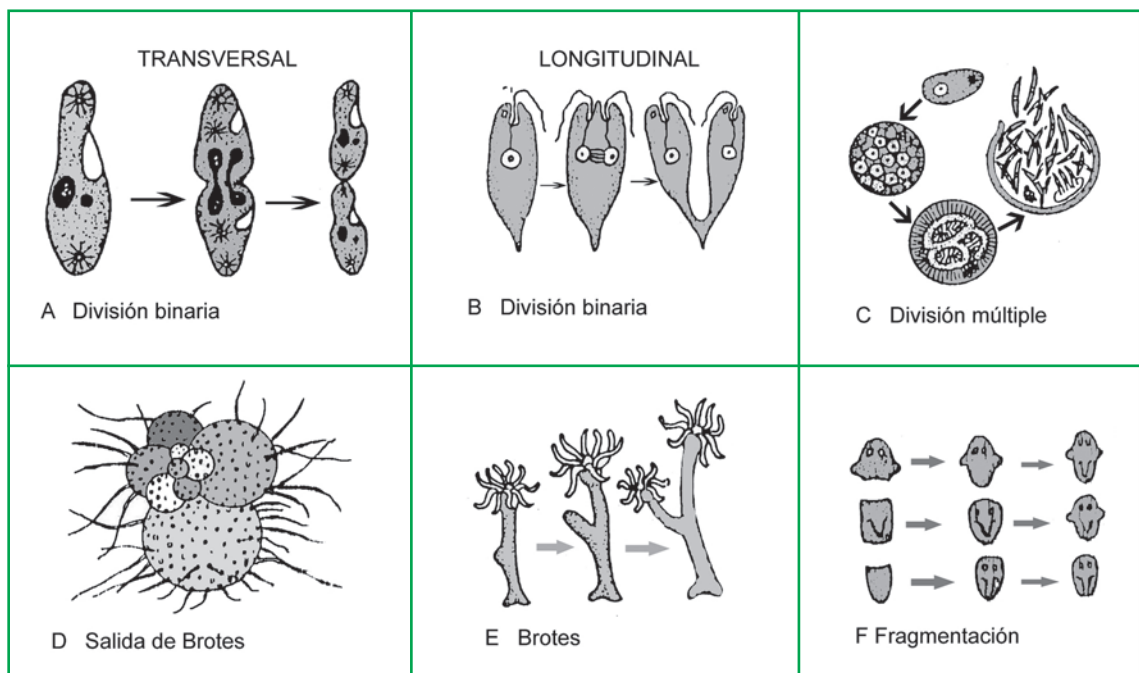


Fisión binaria en bacterias: Esta forma de reproducción asexual produce individuos más pequeños por medio de la división del progenitor en dos partes equivalentes. La descendencia es una copia exacta del individuo original

Algunos animales, como la hidra, la anémona de mar o la esponja, desprenden pequeños brotes o gemas de un individuo mayor. Este proceso se denomina **gemación**. Otros organismos, como la planaria, se parten formando diversos fragmentos, cada uno de los cuales origina nuevos individuos; este otro proceso se denomina **fragmentación**.



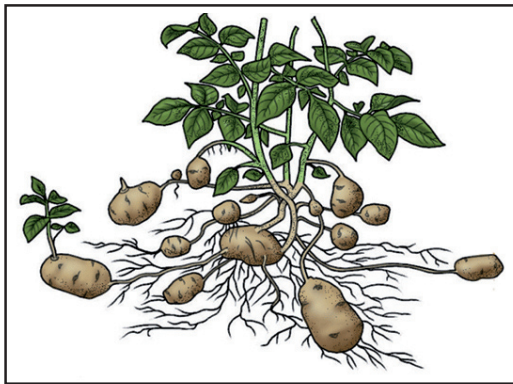
Reproducción asexual en anémonas: un mismo individuo se divide en dos y origina uno nuevo que es idéntico al inicial



Distintos tipos de reproducción asexual en animales



Entre las especies vegetales, la reproducción asexual cumple un rol importante. Algunas veces, tallos subterráneos engrosados llamados **tubérculos**, cuya función es almacenar almidón (como por ejemplo, la papa), pueden formar nuevos individuos a partir de sí mismos. Algo similar ocurre con otro tipo de tallo subterráneo llamado **bulbo**, formado por hojas carnosas concéntricas, como las que conforman el ajo o la cebolla. Estos bulbos, con el tiempo, se dividen en varios bulbillos de los cuales saldrán nuevas plantas. Los tallos muy largos, que están apoyados horizontalmente sobre el suelo, en determinados puntos lo tocan y generan entonces raíces y tallos verticales (por ejemplo, los **estolones** o tallos rastreros). Otros tallos, llamados **rizomas**, en lugar de ir sobre la tierra, lo hacen por debajo de ella, crecen de forma horizontal, y cada cierta distancia generan tallos verticales hacia la superficie, como sucede en el caso del lirio.



Los tubérculos son extremos agrandados de rizomas que se especializan para almacenar alimento



Rizoma: es un tallo horizontal que crece por debajo o sobre la superficie



Los bulbos son brotes verticales formados por bases agrandadas de hojas que almacenan alimento. Es el caso de la cebolla y del tulipán



Los estolones son tallos horizontales que crecen a lo largo de la superficie, lo cual les permite a las plantas reproducirse de forma asexual





## Variabilidad:

Es la variación de características que existe entre los individuos de una población o una especie.

## Huevo o cigota:

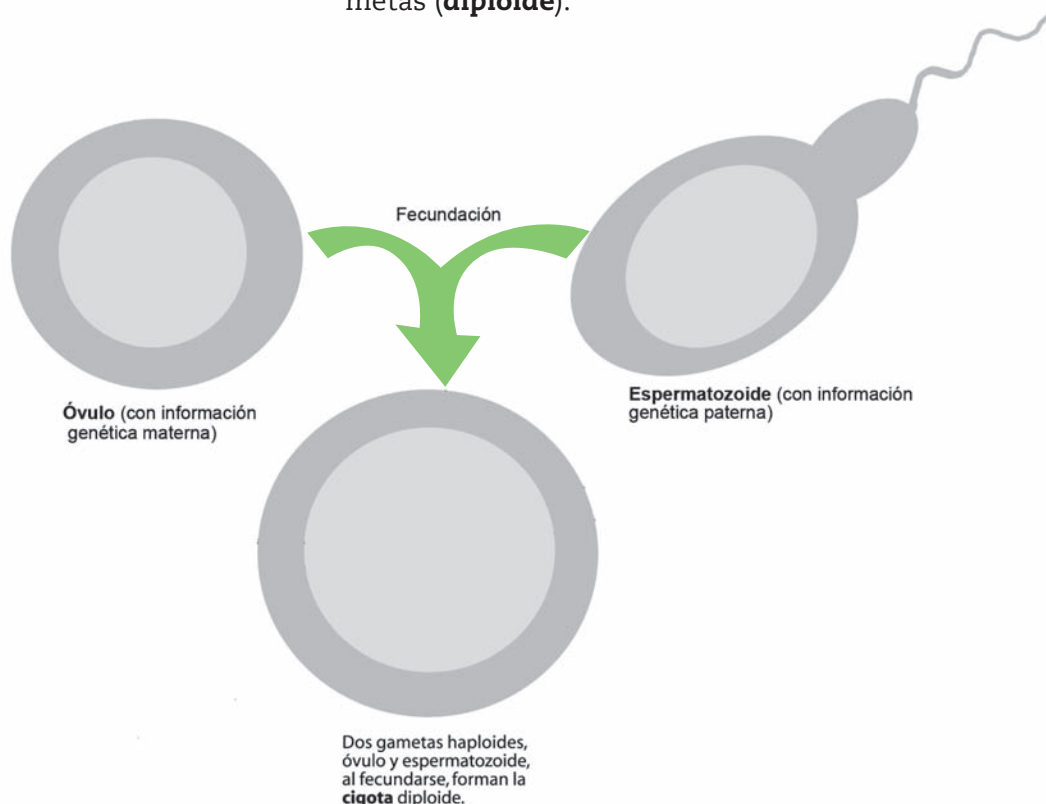
Célula diploide que resulta de la fusión de las gametas.

## Reproducción sexual: ¿ventaja o complicación?

¿Por qué, si la reproducción asexual es tan sencilla, la mayoría de las especies realizan algo tan complejo como la reproducción sexual?

La respuesta es que la reproducción sexual ofrece una posibilidad tan importante como es la **variabilidad**. Esta es una de las palabras mágicas en la evolución. Cuando los organismos se reproducen sexualmente, sus descendientes son el fruto de la conjunción de características del padre y de la madre. Es decir, son únicos, y tienen oportunidades de supervivencia distintas a los demás. Y esto, desde el punto de vista de la evolución, es muy importante.

En este tipo de reproducción es necesario que las gametas se fusionen entre sí para formar una célula **huevo o cigota**. En esto consiste el proceso de **fecundación**. Al unirse dos células haploides, la cigota contiene el doble del material genético que contenía cada una de las gametas (**diploide**).



“Las gametas poseen la mitad de los cromosomas. En el momento de la fecundación, cuando se fusionan la masculina y la femenina, forman una nueva célula llamada **cigota**, que tiene el número completo de cromosomas”

En la mayoría de las especies, las gametas provienen de distintos individuos (**dioicos**). Por lo tanto, hay un macho y una hembra, que realizan una **fecundación cruzada**. Pero a veces, ambos sexos se encuentran en un mismo organismo, donde producen al mismo tiempo los dos tipos de gametas. A ellos se los llama **hermafroditas o monoicos**.



Lombrices apareándose

#### **Fecundación cruzada:**

Fusión entre gametas formadas por diferentes individuos.

#### **Dioico:**

Organismo en el cual los gametos masculinos y los femeninos son portados por individuos distintos.

#### **Monoico o hermafrodita:**

Individuo que posee estructuras reproductivas masculinas y femeninas.



En la foto superior izquierda, un caracol en plena puesta de huevos. En la foto inferior izquierda un ejemplar busca refugio; y la imagen principal muestra dos caracoles a punto de copular

## Autofecundación:

Es la unión entre las gametas producidas por un único organismo hermafrodita.

## Dulceacuícola o dulciacuícola:

Perteneciente o relativo a las aguas dulces y, en particular, a los organismos que viven en ellas.

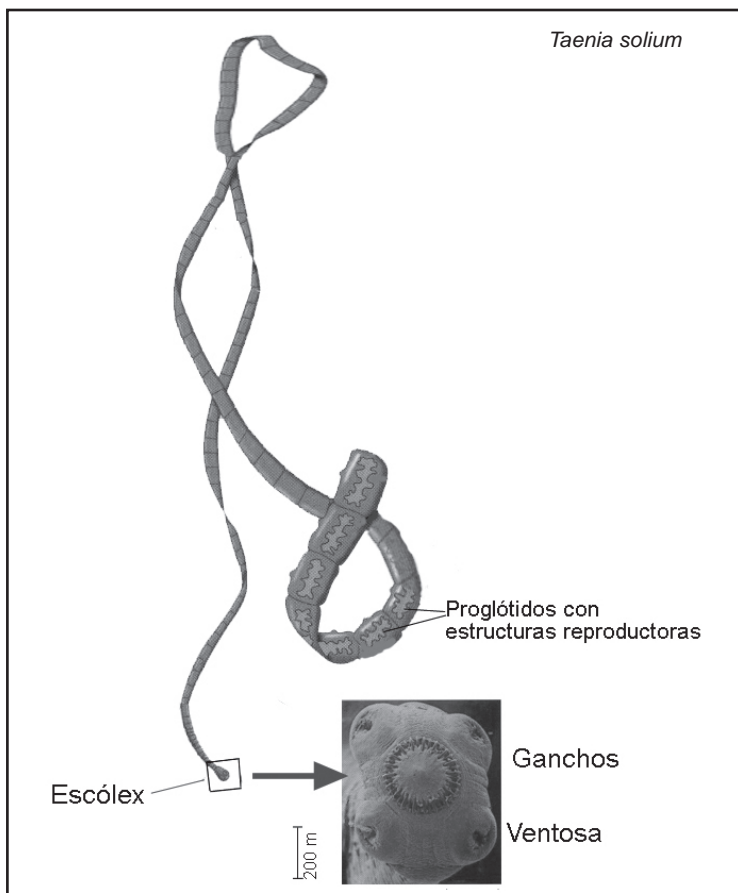
## Oogamia:

Tipo de reproducción sexual en la cual una de las gametas es inmóvil y de mayor tamaño que la otra.

## Isogamia:

Tipo de reproducción sexual en la cual ambas gametas son móviles y semejantes.

En la lombriz solitaria, *Taenia solium*, que puede vivir en el intestino de los humanos, la reproducción sexual es un tanto difícil porque, como su nombre lo indica, está sola. Al no tener una pareja reproductiva, y como es hermafrodita, lo más efectivo es la **autofecundación**: es decir, las estructuras masculinas producen espermatozoides que fecundan a sus propios óvulos.



## Antes de seguir...

- \* Armá un cuadro comparativo en el que se destaquen las ventajas y desventajas de los dos tipos de reproducción: sexual y asexual.
- \* Según tu opinión, ¿por qué la autofecundación no es muy común en la naturaleza? ¿Cómo lo relacionarías con las ventajas y desventajas de la reproducción sexual?
- \* ¿Cuáles son los organismos que suelen tener procesos de autofecundación?
- \* Investigá un poco más acerca de la *Taenia solium* y la *Taeniarhynchus saginata*. ¿Cómo son sus ciclos de vida? ¿Cómo afectan a los humanos?

## Sólo unos pocos privilegiados pueden elegir

Las planarias son unos pequeños animalitos **dulceacuícolas** que viven, sobre todo, en zonas templadas. Se reproducen asexualmente durante el verano, cuando el alimento es abundante; de esta manera, su población aumenta rápidamente. Pero en el otoño, cuando las condiciones ambientales se tornan más duras, se reproducen sexualmente, por lo tanto, generan una menor cantidad de individuos, muy distintos entre sí y con diferentes posibilidades de subsistencia.



### Antes de seguir...



¿Por qué estos animales tienen ese comportamiento reproductivo?

¿Tiene alguna relación esto con la evolución natural planteada en el capítulo anterior?

¿Qué relación hay entre la posibilidad de supervivencia de una especie y el tipo de reproducción que ésta efectúa?

## ¿Cómo encuentran pareja las gametas?

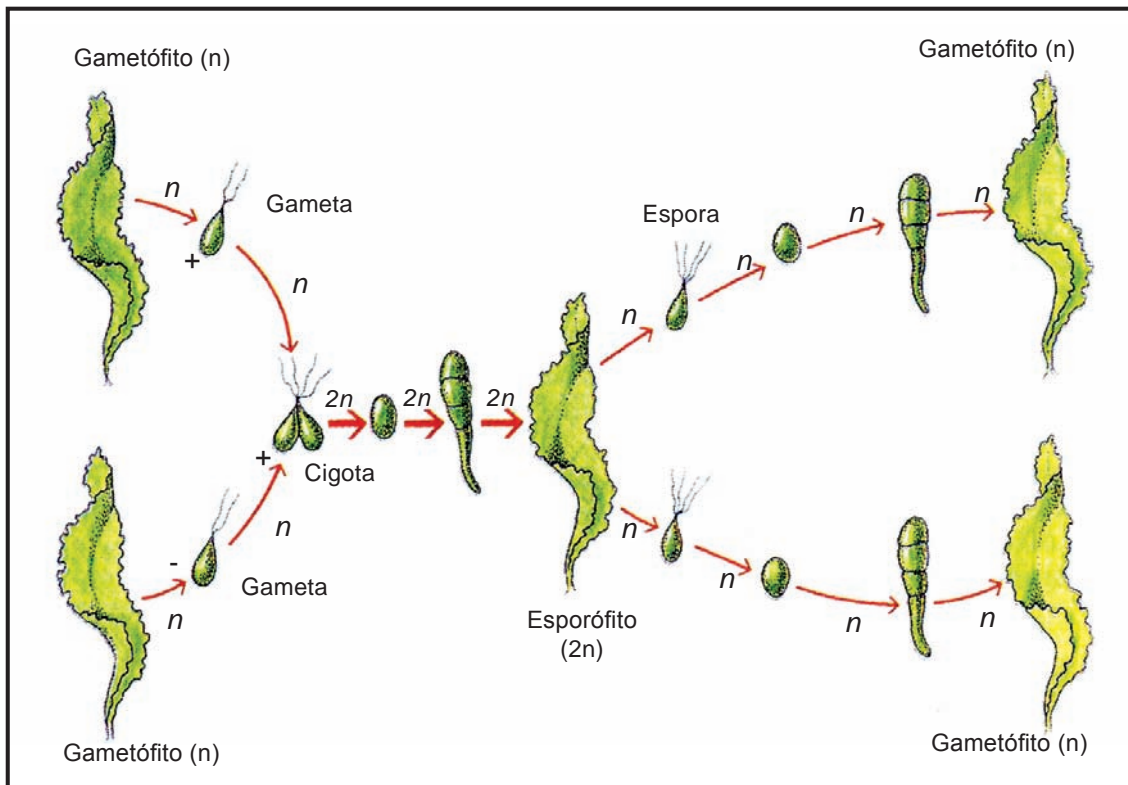
Como vimos antes, la gameta femenina está especializada en la producción y el almacenamiento de nutrientes, y es inmóvil, a diferencia de la masculina, que se especializa en el desplazamiento. A esta condición según la cual una de las gametas es de mayor tamaño y almacena nutrientes, mientras que la otra es pequeña y se especializa en desplazarse, se la denomina **oogamia**. Ambas gametas se diferencian, además, en su aspecto y tamaño.

Tengamos en cuenta que el modo de reproducción sexual se inició hace unos dos mil millones de años, tiempo suficiente para que la evolución opere y desarrolle muchas estrategias. Las gametas sufrieron también un proceso de evolución. En los inicios de la reproducción sexual, ambas células reproductoras eran de igual forma y tamaño (característica denominada **isogamia**), es decir que no había distinción entre una femenina y una masculina. Esto puede verse todavía en especies muy primitivas de animales y plantas, por ejemplo en las algas como la lechuga de mar o *Ulva*. Esta alga verde que frecuentemente se observa en las playas adonde las arrastra la marea, realiza reproducción sexual en una etapa de su ciclo de vida, en la cual se fecundan dos células iguales, cada una de ellas con dos flagelos móviles.





Alga Ulva



El gráfico muestra el proceso de fecundación de las gametas Ulva

Para que ocurra la fecundación, las gametas deben encontrarse y fusionarse para formar una sola célula, y para esto hay estrategias tan numerosas como interesantes, tanto entre animales como entre vegetales. Veremos algunas a continuación.

En la **fecundación externa**, tanto el macho como la hembra liberan las gametas al medio donde se produce el encuentro. Como esto es común en animales y plantas acuáticas como las algas, los espermatozoides deben ser rápidos y resistentes para llegar hasta el óvulo. Sólo los mejor adaptados logran llegar. ¿Les suenan estas palabras?



Amplexo: este curioso modo de acoplamiento es propio de los anfibios anuros. El macho abraza a la hembra —la palabra *amplexo* significa, justamente, *abrazo*— y estimula de esta manera la liberación de los óvulos; al mismo tiempo, él libera los espermatozoides.

En los animales cuya fecundación es externa, son miles los huevos que se fertilizan en el agua. Esto hace posible que puedan enfrentar los innumerables peligros que deberán sortear los que quedan abandonados a su suerte, ya que entre los miembros de la mayoría de las especies de estas características, no hay cuidado de la cría.

Un dato curioso: se ha calculado que, por ejemplo, en el caso del bacalao, que llega a producir hasta nueve millones de huevos en un año, si todos ellos nacieran y se reprodujeran, en cinco años habría nada menos que... ¡¡¡cuarenta trillones de bacalaos!!! En pocos años los océanos estarían repletos de bacalaos, y estarían tan apiñados como si estuvieran en una lata de conservas. Imagínense si esto pasara con todas las demás especies tan prolíficas: el ecosistema terrestre no podría abastecerlos a todos. Para evitar esto, existen mecanismos naturales que regulan el número de las poblaciones, lo cual permite que se mantenga la estabilidad.

Otros organismos, los que habitan el medio aeroterrestre, se encuentran con otra seria dificultad: si liberaran sus gametas al exterior en ausencia de un medio líquido, éstas no podrían sobrevivir. Es por eso que desarrollaron diversas estrategias para introducir los espermatozoides dentro de la hembra, en el caso de los animales, o dentro de la estructura femenina de la flor, en el caso de las plantas, para producir el encuentro con el óvulo. Decimos entonces que estos seres vivos poseen **fecundación interna**.

#### **Fecundación externa:**

Fusión de las células sexuales por fuera del cuerpo de los organismos.

#### **Fecundación interna:**

Fusión de las células sexuales dentro del cuerpo de un individuo.

## Ovario:

Órgano productor del óvulo.

## Óvulo:

Célula reproductiva haploide femenina.

## Oviducto:

Tubo que transporta a los óvulos.

## Pene:

Órgano copulador masculino.

## Vagina:

Conducto fibroso y muscular elástico que aloja al pene durante el acto sexual.

## Útero:

Porción muscular expandida del sistema reproductor femenino modificada para el almacenamiento de huevos o la nutrición del embrión.

## Cloaca:

Cámara común de salida de los sistemas digestivo, urinario y reproductor.

## Ovulíparo:

Animal que libera los óvulos al exterior.

## Ovíparo:

Animal que pone huevos.

## Para toda función necesitamos órganos

### Estructuras reproductoras de animales

Cuando la fecundación es externa, los organismos necesitan estructuras para que las gametas salgan al exterior a unirse. Para esto aparecen órganos como los **ovarios**, responsables de la producción de los **óvulos**. Estas células transitan por un tubo llamado **oviducto**, que desemboca en el exterior. En el sexo masculino, por su parte, los responsables de la formación de los espermatozoides son los testículos, y la estructura tubular que les permite su viaje al exterior es el espermiducto.

Cuando la fecundación no se produce en el medio, sino dentro de la hembra, los machos forman una estructura para introducir los espermatozoides dentro de ellas denominada **pene** que, cuando sea necesario, tendrá la capacidad de crecer y tornarse rígido, es decir, de ser eréctil.

En el caso de la hembra, entonces, la parte más externa se ensancha para alojar al pene y liberar las crías o los huevos. De esa manera se constituye la **vagina**. Al mismo tiempo, la porción media del **oviducto** se ensancha para formar al huevo o para retener al embrión y permitirle su desarrollo. Este órgano se denomina **útero**.

Tanto en los reptiles como en las aves, la desembocadura de los sistemas digestivo, genital y urinario se da a través de una única **cloaca**. Si bien parece extraño pensar que por el mismo orificio por donde sale el embrión lo hagan también los desechos, debemos recordar que el embrión está protegido dentro de un huevo que posee una cáscara aislante.

## Después de la fecundación: la etapa de desarrollo

Luego de la formación de la cigota, ésta se divide una enorme cantidad de veces y continúa su desarrollo embrionario. En el caso de las ranas, tienen un **desarrollo externo**, fuera de la madre, y en el agua. Estos animales anfibios son esencialmente terrestres y sólo deben retornar a un cuerpo de agua (un río, una laguna) en el momento de la fecundación y para desarrollar la cría. De ahí su nombre (anfi-bio, o “doble vida”: acuática y terrestre). Otras veces, el embrión completa su desarrollo dentro del organismo materno, como sucede en el caso

de algunos tiburones y la mayoría de los mamíferos. A este tipo de desarrollo se lo denomina **desarrollo interno**.

Cuando la hembra deposita los óvulos para que sean fecundados, como sucede en el caso de los peces, los animales son llamados **ovulíparos**. En cambio, entre los de fecundación interna encontramos a los que depositan un huevo, generalmente en un lugar preparado especial y laboriosamente, el nido, donde la cría termina su desarrollo. Esto sucede con las aves y los reptiles, que son **ovíparos**.

El huevo con cáscara es una gran adquisición evolutiva: les permitió a los animales independizarse definitivamente del agua, a la que los anfibios debían volver exclusivamente en la época reproductiva, porque su huevo sin cáscara no es resistente a la desecación y debe desarrollarse en medio acuoso.

La cáscara es, a la vez, resistente y porosa: permite el intercambio de oxígeno y dióxido de carbono entre el embrión y el exterior y, a la vez, posibilita que se mantenga en su interior con los fluidos necesarios para la supervivencia del ser en desarrollo. La mayor desventaja que posee esta forma de desarrollo es el riesgo que corren los huevos durante el período de incubación. Si bien muchas aves y reptiles adquirieron comportamientos para protegerlos, como lo son construir nidos o refugios, empollar sus huevos para custodiar y dar calor a sus crías; si por accidente los huevos caen del nido o aparecen predadores, puede suceder que no nazcan todos los individuos de una puesta.



La secuencia de imágenes muestra el proceso de eclosión de un pollito

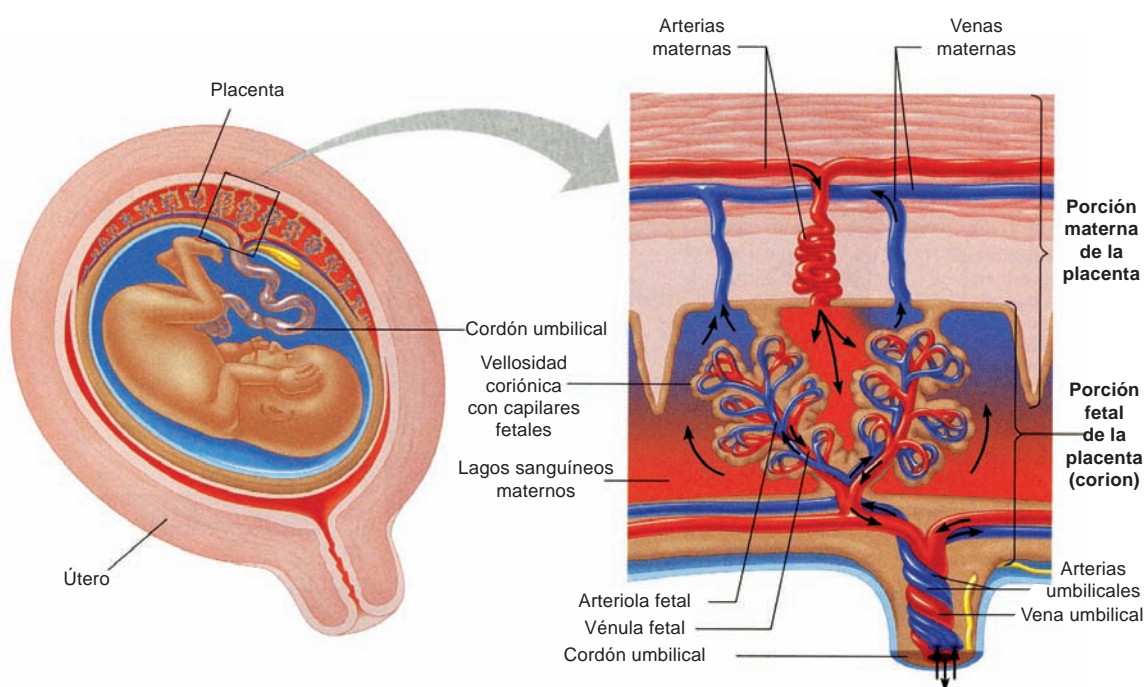


El mecanismo de la evolución, sin embargo, logró también sortear este obstáculo.

En aquellos seres vivos en los cuales el desarrollo se realiza totalmente en el interior de la hembra (**vivíparos**), la cría sale de allí totalmente formada, después de haberse asegurado la provisión de alimento y protección durante todo su desarrollo. De este modo, el número de individuos que se generan al mismo tiempo por desarrollo interno nunca puede ser demasiado grande pero se compensa con el menor riesgo de muerte, gracias a la seguridad que le provee el seno materno.

En los mamíferos, los nutrientes reservados en el óvulo son escasos. Es por ese motivo que desarrollaron una estructura llamada **placenta**, en parte formada por el embrión y en parte por la madre. A través de este órgano se cumplen dos importantes funciones: por un lado, desde el organismo materno le llegan al embrión sustancias como el oxígeno, el agua, las vitaminas y otros nutrientes; por otro, también a través de él se eliminan los desechos embrionarios como son el dióxido de carbono o la urea.

La placenta también funciona como una barrera defensiva que impide la entrada de microorganismos que podrían enfermar al embrión. Esto ocurre principalmente porque la sangre de la madre y la del ser en gestación no se mezclan nunca, y la mayoría de los microorganismos que causan enfermedades no logran traspasar esta barrera. Todos los nutrientes pasan de la madre al hijo por el proceso de difusión celular y transporte activo que ya vimos en el capítulo anterior. Más aún, la madre también puede cederle de este modo al feto sus propias defensas a través de anticuerpos que ella haya formado, y que funcionan también como una protección adicional contra las enfermedades durante los primeros días después del nacimiento.



### De difícil clasificación

Los tiburones poseen el sistema genital especializado para permitir la fecundación interna. Para esto los machos tienen aletas pélvicas modificadas en órganos copuladores de gran tamaño.

En muchos de ellos el huevo permanece dentro de la hembra y las crías nacen vivas. El mayor grado de complejidad se da en los tiburones del género *mustelus*, entre los cuales la hembra genera una conexión con el embrión por donde le transmite sustancias nutritivas, muy similar a la placenta de los mamíferos, tal como lo muestra la siguiente imagen.



La mayoría de los anfibios simplemente liberan las gametas al agua y luego no tienen ningún tipo de cuidado ni protección con sus crías. Pero en Sudamérica vive un sapo del género *Pipa* que lleva en la espalda unas curiosas fosas dentro de las cuales lleva a sus hijos. Otras especies de anfibios transportan a sus crías en bolsas especiales, en la boca y hasta en el estómago.

#### Vivíparo:

Animal cuyo embrión se desarrolla dentro del útero de la madre.

#### Placenta:

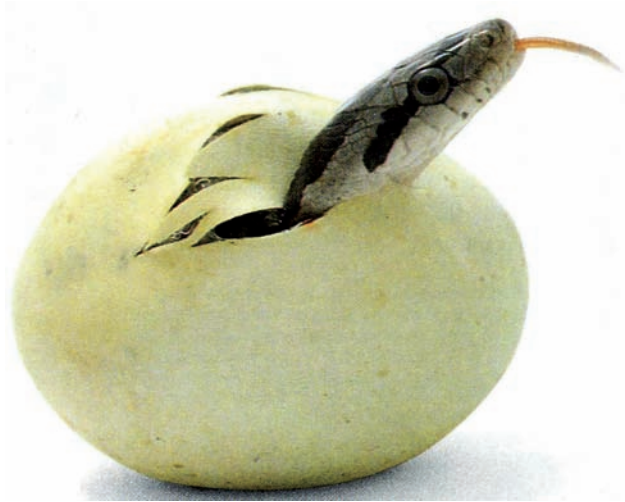
Es un órgano de conexión estrecha entre la madre y el embrión, donde ocurre el intercambio de nutrientes y desechos.

#### Ovovivíparo:

Animal que pone huevos pero, a diferencia de lo que sucede con los ovíparos, la cría sale del huevo cuando éste todavía está en el útero de la hembra.

Los reptiles se desarrollan dentro de un huevo en el exterior de la hembra. Pero existen algunas excepciones, como algunas lagartijas *Lacerta vivipara*, entre las cuales las hembras retienen los huevos dentro de sí hasta que están a punto de romperse; a éstas se las denomina **ovovivíparas**.

Esto también sucede entre algunas serpientes y saurios.



Los mamíferos tampoco están libres de particularidades. En un grupo llamado **monotremas**, al que pertenece el curioso ornitorrinco, las hembras ponen huevos pero sus crías, al eclosionar, se alimentan de la leche de la madre, como el resto de los mamíferos.





## Cuando el macho se hace cargo

Solamente en algunas pocas especies los machos cumplen funciones importantes en la crianza. Analicemos estos ejemplos:

En el caso de los peces, entre los cuales generalmente no existen cuidados parentales, y la fecundación se produce en el medio, en teoría, tanto el macho como la hembra podrían cuidar a las crías. Pero entre los caballitos de mar se da una extraña conducta: es el macho el que se “embaraza”.

En la primavera, la pareja entrelaza su cola en una **danza nupcial**. Ambos liberan las gametas al agua, pero muy cerca de una estructura en el abdomen del macho, llamada **bolsa de gestación**. Así, los óvulos, mientras son fecundados por los espermatozoides, van ingresando a la bolsa, donde se desarrollan por un período que va desde unos pocos días hasta los dos meses, según la especie. Al finalizar este tiempo, las crías salen de la bolsa, en lo que sería una especie de parto.



A la izquierda puede verse al hipocampo agarrado de las algas con su cola. La abertura de la bolsa de gestación ya se ha ensanchado y las crías se mueven dentro de ella. Luego, el caballito de mar dobla su cuerpo hacia atrás y hacia adelante como si tuviera contracciones. La abertura de la bolsa se ensancha aún más y una cría sale disparada: este primer impulso le permite subir a la superficie del agua y aspirar una bocanada de aire para llenar su vejiga natatoria. Luego, más crías salen de la bolsa, en grupos de aproximadamente cinco ejemplares de un centímetro de largo cada uno, que inmediatamente después de nacer comienzan a alimentarse de minúsculos seres acuáticos. El proceso de nacimientos, muy cansador para el padre, puede durar hasta dos días.



## Reflexión

Entre algunas aves como el petirrojo, la gaviota o el gorrión, la hembra, misteriosamente, se torna incapaz de alimentarse por sí misma cuando está en el nido, y es el macho el que la alimenta en la boca, como si fuera un pichón. Incluso, ella se comporta como si fuera uno. Esto aparentemente tiene más que ver con una preparación del macho para alimentar a sus futuros hijos que con un ataque de mimos.

Estos dos ejemplos nos permiten analizar un rol masculino poco común en la naturaleza, que nos hace pensar en nosotros, los seres humanos. ¿Los hombres pueden criar a sus hijos al igual que las mujeres? ¿Existe realmente un comportamiento exclusivo del varón y otro exclusivo de la mujer? Entrevistá a algunas personas mayores (padres, abuelos, tíos) y compará tus respuestas con las de ellos.

## Ellas eligen, ellos cortejan

En la reproducción sexual de los animales encontramos un pequeño problema: la búsqueda de pareja. El macho fabrica enormes cantidades de espermatozoides que no es necesario economizar. En cambio, la hembra consumió gran cantidad de energía para producir unos pocos óvulos; entonces, no es cuestión de donarlos al primer macho que se cruce por el camino.

Es por eso que son las hembras, generalmente, las que eligen. Y al seleccionar, prefieren a los individuos que se muestran más aptos; de esa manera se aseguran que esas características estén presentes también en sus hijos. Esta es una de las finalidades más importantes del **cortejo** que, además, se acompaña de la búsqueda de un territorio para que una vez consolidada la pareja se asegure refugio libre de enemigos y alimento suficiente para la crianza de los hijos.

Los machos, mientras tanto, adoptan estrategias para mostrarse aptos, para atraer a las hembras. Así, hacen demostraciones de fuerza, por ejemplo, cuando combaten con otros machos (como es el caso de los ciervos), muestran su buen estado físico dando golpes (los chimpancés) o muestran cómo relucen sus enormes dientes caninos (los papiones).

Otros machos, por el contrario, optan por comportamientos más “románticos” y menos agresivos. Es el caso del canario, que canta hermosas melodías, o de algunas ranas, que intercalan con su croar característico vistosos buchecillos que inflan para la ocasión. En el caso de un ave marina denominada fragata, el macho, durante la época del celo, infla una enorme bolsa roja a la altura de su cuello que mantendrá en ese estado, aún al volar o mientras duerme.

Las luciérnagas recurren a sus originales “faroles” (últimos segmentos **bioluminiscentes** de su abdomen) y la intermitencia de los centelleos en época de celo representa un lenguaje que sólo la hembra de su misma especie reconoce. Es sumamente importante que sólo las hembras de la misma especie reconozcan los signos del ritual de cortejo, ya que de este modo se evita el **cruzamiento interespecífico**.

Son muchos los trucos de los que se valen los machos para la conquista pero, en definitiva, sólo los mejor adaptados serán elegidos por las hembras para la reproducción.

## Estrategias de los machos de distintas especies para atraer a las hembras



El pavo real despliega su vistosa cola

### Cortejo:

Proceso de selección y atracción de otro individuo del sexo opuesto con un fin reproductivo.

### Bioluminiscente:

Organismo capaz de producir luz.

### Cruzamiento interespecífico:

Cruzamiento entre un macho y una hembra pertenecientes a especies distintas. La mayoría de las veces, la consecuencia es que no se produce la fecundación; en otros casos, el embrión muere al poco tiempo y, en muy pocos casos, nace un individuo estéril al cual se lo denomina híbrido.



El papión muestra cómo relucen sus dientes





Ciervos machos  
luchando entre ellos  
por las hembras



Las ranas muestran sus  
vistosos buches

Esto se llama **selección sexual**, y es el motivo principal para que ellos se diferencien de ellas con características que tienen que ver con la obtención de parejas, como por ejemplo, la melena de los leones o el despliegue de colas coloridas del pavo real. A esta diferenciación la llamamos **dimorfismo sexual**. En especies que forman una única pareja (**monógamas**), como es el caso de los albatros, no se suele observar esta marcada diferencia entre macho y hembra.



Las fragatas inflan una bolsa roja que mantienen en ese estado aun mientras vuelan o duermen



Albatros

#### **Selección sexual:**

Se llama así a la preferencia de las hembras por ciertos machos, así como a las batallas entre los individuos del mismo sexo por individuos del sexo opuesto.

#### **Dimorfismo sexual:**

Diferencia de tamaños, coloración y forma entre machos y hembras de una misma especie.



## Cópula:

Acto mediante el cual el órgano reproductor del macho se introduce en el interior de la hembra y deposita los espermatozoides.



## Antes de seguir...

Investigá el comportamiento reproductivo de la viuda negra y comparalo con los que incluimos en el texto central de esta página.

¿Alguna vez observaste la conducta de un perro frente a una hembra en celo? ¿Encontrás algún punto de contacto con lo que leíste?

Un macho elige para el cortejo mostrar una característica suya que demuestre su buena condición adaptativa. Veamos un ejemplo:

Entre algunas arañas, el macho alimenta a la hembra durante el período de galanteo. Aquel que tenga las características de un buen cazador le brindará a la hembra mucho alimento, que ella necesita para conseguir la enorme cantidad de energía que requiere el desarrollo de las crías. De esta manera, la hembra elige al macho que más comida le proporciona por, como mínimo, dos razones. En primer lugar, se asegura de estar bien alimentada, y en segundo término, existe una alta posibilidad de que sus hijos sean buenos cazadores como su padre, y puedan sobrevivir solos. Recordemos que este comportamiento no es consciente, sino que se trata de una conducta adaptativa.

Un caso extremo es el de la *mantis religiosa*. Durante la **cópula**, la hembra de esta especie corta la cabeza del macho y se la come. De esta manera obtiene de él no sólo las mejores características para heredarles a sus hijos, sino también excelente alimento para ella. Impide así a otras hembras acceder a los espermatozoides de su compañero. Los utilizará ella y ninguna otra, y así se garantiza algo muy importante para la supervivencia de una especie, que es tener una gran variabilidad de características dentro de una misma población. El macho, en este ejemplo, no obtiene (al parecer) ningún beneficio. Solamente si es rápido y afortunado saldrá vivo.

¿Por qué el macho de la *mantis religiosa* toma tantos riesgos?  
¿Qué pasaría si los machos de esta especie no los tomaran?



*Mantis religiosa* o Tatadiós

## Y nosotros... ¿qué?

Los seres humanos, en lo que a la reproducción respecta, somos muy similares al resto de los mamíferos, pero también tenemos unas particularidades que nos hacen únicos.

Las hembras de la especie humana se denominan mujeres. Tienen dos ovarios del tamaño de una almendra, que contienen a los óvulos.

Ellos, a su debido momento caerán en el oviducto, que también recibe el nombre de **trompas de Falopio**, y es el lugar preparado para la fecundación.

Otra estructura importante en la mujer es el útero, un órgano muscular donde se desarrolla el embarazo. El útero está conformado por varias capas; una de ellas, de particular importancia: el endometrio. El anillo muscular que cierra la abertura del útero se llama cuello del útero o **cérvix**.

### El óvulo que no lo es

El óvulo es, en realidad, un ovocito, una célula que luego formara al óvulo propiamente dicho, pero por ahora lo llamaremos así.

La vagina es un tubo muscular que comunica al útero con el exterior. Este órgano forma parte del canal de parto en el momento del nacimiento. Pero también es el lugar en donde ingresa el pene en el momento del acto sexual.

En la parte externa existe un conjunto de órganos denominado **vulva**.

El macho de la especie humana se llama hombre. En sus testículos, el hombre produce los espermatozoides, los cuales se alojarán durante un tiempo en el **epidídimo**, donde terminaran su maduración, dado que la temperatura óptima de formación de los espermatozoides es de 3°C menor a la que tenemos en el interior de nuestro cuerpo. Los testículos salen de la cavidad abdominal para ubicarse en una bolsa llamada **escroto**.

En los días muy fríos, al contraerse la musculatura de esta bolsa, los testículos se acercan al cuerpo, con lo cual aumenta levemente su temperatura. En cambio, en los días de mucho calor sucede lo contrario.

Para salir al exterior, los espermatozoides deben realizar un largo camino. Primero transitan un largo tubo llamado **conducto deferente**, y luego, al unirse con unos líquidos producidos por unas glándulas llamadas **próstata y vesícula seminal**, formarán el semen.

### Trompas de Falopio:

Oviducto humano.

### Cérvix:

Cuello del útero, conexión entre el útero y la vagina.

### Vulva:

Conjunto de los órganos genitales externos de la mujer, constituida por el vestíbulo, los labios, el clítoris, etc.

### Epidídimo:

Tubo largo y enrollado donde se almacenan los espermatozoides y terminan su maduración.

### Escroto:

Bolsa que aloja a los testículos y regula su temperatura.

### Conducto deferente:

Par de tubos musculares que continúan al epidídimo y transportan a los espermatozoides.

### Próstata y vesícula seminal:

Glándulas que, en conjunto, forman los líquidos que componen al semen.

## Semen:

Líquido viscoso y blanquecino compuesto por espermatozoides y los fluidos producidos en la vesícula seminal y la próstata.

## Uretra:

Conducto por el cual se transporta el semen y la orina al exterior.

Éste circula por otro tubo conocido como **uretra**, de la cual, la mayor parte del recorrido se encuentra en el pene.

Por la uretra no solo circula el semen sino también la orina. De esta manera, este órgano, en el hombre, cumple dos funciones: una reproductora y una urinaria.

En todas las especies animales el acto sexual cumple una función importantísima, pero en el caso de los seres humanos se suman algunas otras particularidades.

En la naturaleza, el acto sexual está íntimamente ligado a la reproducción sexual. Pero, en el momento de la cópula, los individuos se vuelven particularmente vulnerables a los ataques de depredadores y por otro lado, como ya vimos, se consume la muy preciada energía. Para compensar tantos riesgos, el acto sexual es muy placentero. En los humanos también genera placer pero, dado que nuestro comportamiento es más complejo que el del resto de los animales, esto conlleva una responsabilidad.

Nosotros tenemos a favor la razón y el conocimiento, que nos permiten entender que, como consecuencia de una relación, puede ocurrir el embarazo y con él, la maternidad, la paternidad y, luego, la familia.

Entre los miembros de distintas culturas existen diversos modelos de familia. Hay matriarcados, patriarcados, familias integradas por pocas personas, otras con muchísimas personas, clanes etc. Y estas familias constituyen las bases de las sociedades.

Mirá vos adónde llegamos. Desde un encuentro entre dos personas hasta la sociedad.

Es por todo esto que la reproducción juega un papel tan importante entre los humanos.



## Antes de seguir...

- Armen equipos para debatir el concepto de familia.
- Comparen la forma en la que está constituida la familia de cada uno de los integrantes con la propia.
- Investiguen los conceptos de patriarcado y matriarcado.
- Consulten con su profesor de Historia sobre la importancia de la familia en los imperios griego y romano.
- Investiguen la forma en que interactúan los individuos en las poblaciones de las distintas especies, como por ejemplo leones, hienas, jaguaeté, ratas y murciélagos, y busquen similitudes y diferencias respecto de los seres humanos.

## Reproducción responsable

Con todo lo que señalamos anteriormente no queremos asustarte. Evidentemente, la reproducción es una enorme responsabilidad. Pero estamos preparados para afrontarla.

Como consecuencia del acto sexual se pueden producir embarazos no deseados o el contagio de las infecciones de transmisión sexual (ITS).

Para esto existen distintos métodos de control. Uno de ellos, y el que evita ambas consecuencias, es el uso del preservativo.

Éste es un capuchón de látex que cubre al pene durante el acto sexual evitando así el contacto directo y, de esta forma, también el contagio de ITS.

### Para investigar

El docente llevará las instrucciones de uso de un preservativo. Léanlas en clase.

Anoten cada término que no comprendan y busquen su significado en el diccionario.

Debatan en grupo con el profesor acerca de los aspectos favorables y desfavorables del uso de preservativos.

Algunas personas se oponen al uso de preservativos. Investiguen juntos sus fundamentos.

Busquen publicidades que hablen del preservativo en revistas y diarios. Recorten algunas y péguenlas en sus carpetas. Elaboren un breve comentario.



Rudy y Daniel Paz



## Infecciones de transmisión sexual

ENFERMEDAD	AGENTE CAUSAL	MANIFESTACIONES	CONSECUENCIAS
<b>Sida</b> (síndrome de inmunodeficiencia adquirida)	Virus VIH (virus de inmunodeficiencia humana) También se contagia por sangre.	Hinchazón de ganglios, pérdida de peso, diarreas, manchas en la piel.	Falta de defensas Muerte por enfermedades oportunistas Con varias medicaciones combinadas se logra negativizar en sangre (no se considera curación total).
<b>Gonorrea o blenorragia</b>	Bacteria : Gonococo	Secreciones amarillentas, inflamación de la uretra, vulva y vagina. Ardor al orinar La mujer puede ser asintomática pero sí contagiar.	Puede producir esterilidad si no se medica con antibióticos. Muy avanzada, puede producir ceguera, alteraciones del corazón y articulaciones Conjuntivitis del recién nacido contagiada en el parto.
<b>Sífilis</b>	Bacteria: Treponema	Lesión inicial dura que luego puede ulcerarse (chancro) en zona genital externa, anal, o bucal. Ésta puede desaparecer sola sin haberse curado. Puede avanzar y producir lesiones en otros órganos, piel y mucosas, y finalmente ataca al corazón y sistema nervioso. Puede haber un período sin síntomas.	Puede producir lesiones irreversibles en órganos o la muerte si no se medica con antibióticos Se requiere detección temprana para lograr cura total. El recién nacido puede adquirir sífilis congénita si su madre tiene la enfermedad y no es tratada.
<b>Clamidia</b>	Bacteria: Clamidia	Secreción anormal y ardor al orinar (varón y mujer). La mujer puede poseerla en forma asintomática y contagiarla. Llagas en zonas genitales.	Esterilidad si no se medica con antibióticos.
<b>Papiloma humano o verruga genital</b> (se extendió en gran medida últimamente)	Virus HPV	Verrugas en zona genital. Se puede contagiar sin dar síntomas.	Puede propiciar aparición de cáncer. Se debe tratar con láser, sustancias químicas o criocirugía.
<b>Herpes genital</b> (idem)	Virus HSV 1 y 2	Ampollas con líquido que dejan costras en genitales. Son contagiosas. Hay períodos de desaparición de lesiones y sin síntomas en que el virus se aloja en ganglios del sistema nervioso y reaparece ante situaciones de stress, etc.	No se cura. Se trata con antivirales como el Aciclovir.
<b>Hepatitis B</b>	Virus HVB También se contagia por sangre.	Más grave que la hepatitis común (tipo A). Piel y globos oculares amarillentos (ictericia), pérdida de apetito, náuseas, vómitos.	Puede hacerse crónica, o promover cirrosis o cáncer hepático. Puede ser mortal.
<b>Tricomonas</b>	Protista (parásito unicelular) Tricomona. Se puede contagiar también por compartir ropa interior, esponjas, toallas, etc.	Hombres no suelen tener síntomas. Mujeres flujo vaginal espumoso con fuerte olor y color amarillo verdoso, Irritación y picazón.	Mujeres no tratadas pueden tener bebés de bajo peso.
<b>Candidiasis</b> (enfermedad sumamente frecuente)	Hongo: Candida albicans Puede transmitirse también al compartir ropa interior, toallas, esponjas o en baños públicos. Hay condiciones que predisponen a contraerla.	Hombre asintomático. Afecta la vagina y vulva. Flujo generalmente blanquecino, inflamación de labios mayores y menores, enrojecimiento y picazón.	Se debe tratar varios días ininterrumpidamente ya que el cuadro mejora enseguida pero recrudescer si no se completa el tratamiento con medicación local (Óvulos).

## Somos distintos

Las hembras de casi todos los mamíferos se aparean sólo en el periodo en que se liberan los óvulos, denominado **estro**. Eso puede ocurrir una vez al año, como en el caso de algunos ciervos, o muchas veces en el año (caballos, conejos etc.).

El estro puede durar desde unas cuantas horas hasta varias semanas, esto depende de las especies. Durante el tiempo en que no son fértiles, las hembras no son receptivas con los machos; esta estrategia es muy interesante, porque de esta manera se aseguran una economía en el uso de las gametas.

En cambio en los humanos, la mujer libera sus gametas en forma casi mensual y puede aparearse tanto en sus momentos de fertilidad como en los infértiles. Este ciclo, a diferencia del anterior, se llama **ciclo menstrual**.

Al comenzar este ciclo en la mujer, uno de los tantos óvulos contenidos dentro de los ovarios comienza a desarrollarse dentro de una estructura llamada **folículo ovárico**. Durante un periodo de aproximadamente dos semanas ese folículo crece de tamaño hasta que desprende al óvulo y cae hacia las trompas de Falopio, donde puede ser fecundado por un espermatozoide.

Las células del folículo, ahora vacío, comienzan su crecimiento, llenan la cavidad que quedó, y se transforman en un cuerpo amarillo o **cuerpo lúteo**. Éste, en el caso de que no ocurra la fecundación, se reabsorberá. La duración de este proceso también es, aproximadamente, de dos semanas que, sumadas a las otras dos, completan un ciclo de alrededor de 28 días, una cifra cercana al mes. De allí el nombre de ciclo menstrual.

Por otro lado, el útero, como ya lo señalamos, está tapizado por el **endometrio**, formado a su vez por dos capas.

Una de esas capas, la superior, crece durante los primeros catorce días, en los cuales se prepara para alojar al embrión, en el caso de que éste se haya formado y durante los días restantes no experimenta cambios importantes.

Pero al finalizar el ciclo, toda esa capa que creció y se mantuvo no cumple ninguna función si no hay un embrión. Entonces, simplemente, cae, y al caer, también se pierde sangre. A esta pérdida se la denomina **menstruación**.

### Estro:

Período de disponibilidad sexual de los mamíferos.

### Ciclo menstrual:

Ciclo sexual femenino humano durante el cual se desarrollan las gametas y se prepara al organismo para un posible embarazo.

### Folículo ovárico:

Cavidad en forma de bolsa constituida por el óvulo y las células que lo rodean.

### Cuerpo lúteo:

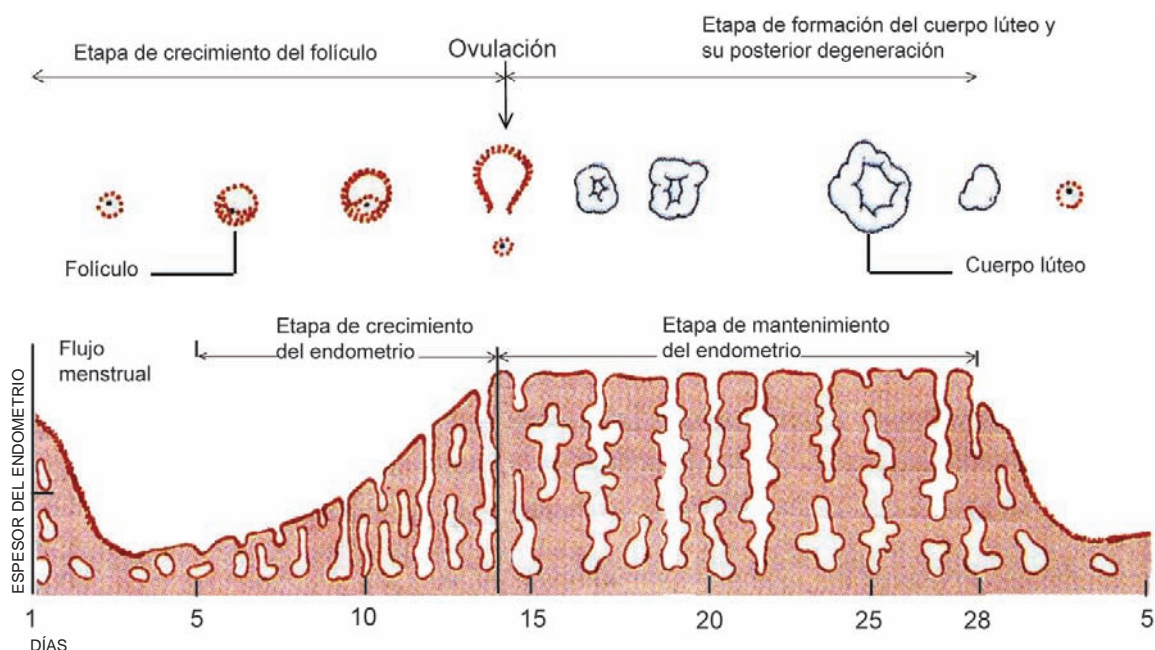
Es una masa grasa de color amarillo formada a partir del folículo ovárico, donde se generan una serie de hormonas sexuales.

### Endometrio:

Es la capa de tejido que cubre el interior del útero, parte de él cae en la menstruación.

### Menstruación:

Período del ciclo menstrual caracterizado por la pérdida de sangre por la vagina desde el útero.



## No tan distintos

Si bien los distintos tipos de cortejo en los animales son muy complejos e importantes, en los humanos la conducta sexual está determinada tanto por lo biológico como por lo cultural.

En algo nos parecemos los humanos al resto de los animales al llegar a nuestra edad reproductiva: buscamos pareja y cortejamos.

Así como el pavo real suele mostrar su enorme y colorida cola, los humanos –de acuerdo con la cultura a la que pertenezca cada individuo–, muestran hermosas ropas, despliegan complejos bailes, galantean con intrincados peinados a la moda, o simplemente muestran sus trabajos y saludables cuerpos. Obviamente, todo esto no tiene que ver sólo con el galanteo sexual en sí, sino también con otros factores. Pero debemos admitir que, aunque nos diferenciamos, no somos tan distintos.



### Antes de seguir...

Te proponemos lo siguiente:

- \* Investiga a qué llaman cultura los antropólogos.
- \* Pensá. ¿Qué hacés para “conquistar a otra persona”?
- \* Compará las respuestas con tu compañero/a y buscá coincidencias.
- \* Investiga cuáles son los ritos de cortejo que existen en otras culturas.

## ¿Qué hacer cuando te “dejaron plantado”?

Como ya vimos en el capítulo anterior, los vegetales fabrican su propio alimento a través de la fotosíntesis (autótrofos). Como la energía viene del sol, y él está en todas partes, las plantas, los árboles y el resto de los vegetales no necesitan desplazarse. Sin embargo, el hecho de “estar plantados” representa una complicación a la hora de buscar la fecundación con otro individuo. Entonces, ¿cómo hacen las gametas masculinas para alcanzar a las femeninas?

No existe una respuesta, sino muchas. Las gametas masculinas, denominadas **anterozoides**, viajan de distintas formas hasta la **oosfera** (femenina). Nuevamente, al igual que en los animales, la gameta masculina tiene un comportamiento activo, ya que debe ir al encuentro de la femenina, para lo cual las diversas especies desarrollaron variados recursos según el hábitat en que viven.

En el medio acuático las gametas se desplazan nadando, como ocurre en las briofitas, plantas terrestres muy primitivas, del grupo al que pertenecen los musgos.

Estas pequeñas plantas, que apenas alcanzan unos dos centímetros de altura, forman una suave alfombra vegetal en zonas húmedas y sombreadas. Al momento de la reproducción, la célula reproductora masculina utiliza para desplazarse el agua depositada por el rocío o por la lluvia. En los helechos, que también dependen de la humedad, la fecundación ocurre sobre el suelo, en una estructura casi microscópica sobre la cual se fabrican gametas femeninas y masculinas; como resultado de esa fecundación aparece la planta de helecho.

¿A qué grupo de animales les recuerdan estas plantas que para reproducirse necesitan del agua pero viven en el medio terrestre?

## Los granos de polen: verdaderas obras de arte

En el medio aeroterrestre las células masculinas vuelan, llevadas por el viento, dentro de los granos de polen. Para evitar su putrefacción o deterioro, el polen está deshidratado. Su cobertura externa es tan resistente que se han encontrado granos de polen fosilizados en estratos geológicos.

### Oosfera:

Célula sexual femenina que se produce en el óvulo de los vegetales.

### Anterozoides:

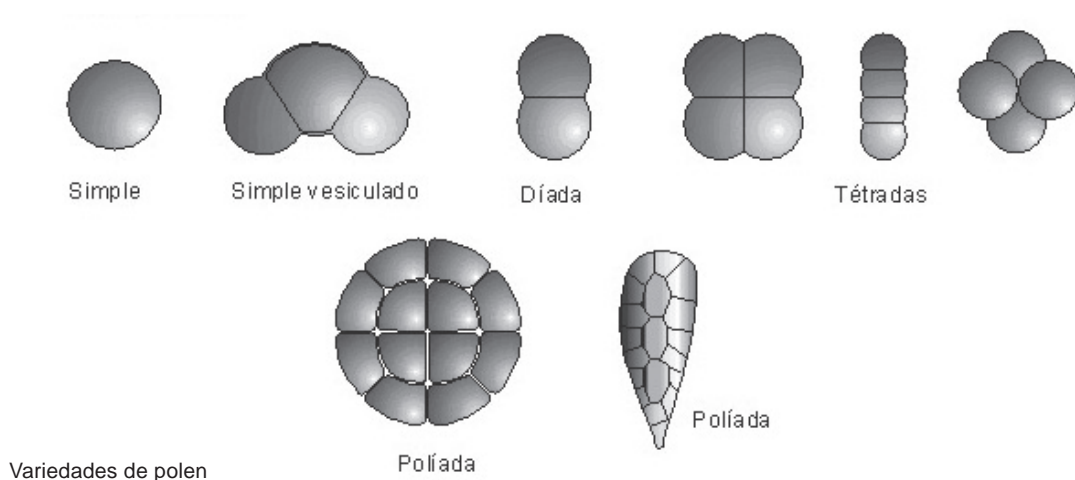
Gameta masculina originada en el anteridio.

## ¿Sabías que....?

Es tan alta la especificidad del diseño de los granos de polen, que en la actualidad es posible identificar criminales gracias a un sistema que permite realizar la correlación entre el polen hallado en la ropa de los sospechosos y el que se encuentra en el lugar del crimen.



Asimismo, el polen hallado en distintos estratos geológicos es estudiado para reproducir condiciones ambientales y diversidad vegetal y animal de otras eras. La ciencia que se basa en el estudio de los granos de polen es la **palinología**.



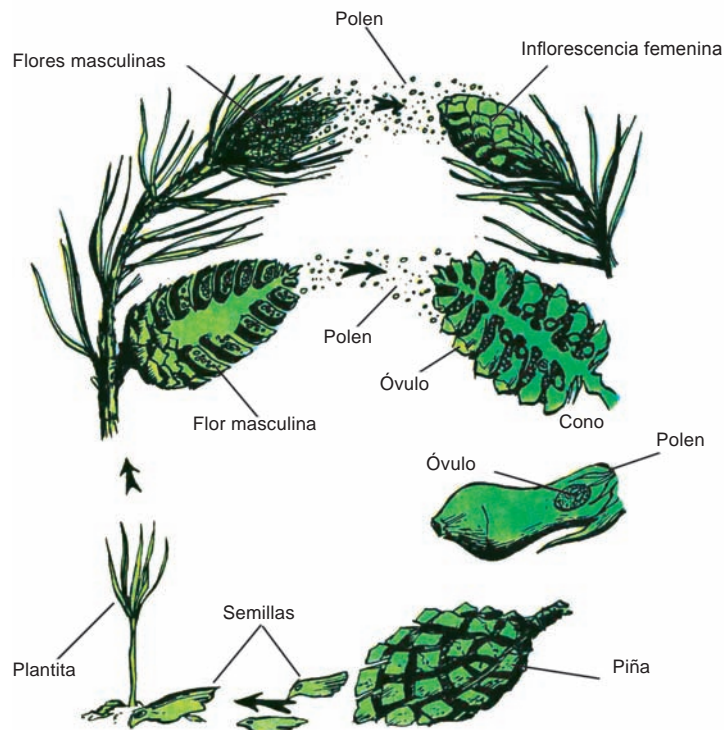
En el caso de los pinos, en cierto momento del año aparecen sobre las ramas estructuras llamadas **conos masculinos**, que se cubren de un polvillo amarillento (se trata de miles de granos de polen). Cuando el tiempo es seco, el polen se desprende fácilmente y es transportado por el viento al **cono femenino** que, dado su aspecto, podríamos decir que es una “flor de madera”, a la que comúnmente se la denomina piña.

Ésta está compuesta por escamas, que se abren y se separan entre sí sólo cuando el clima es seco, para permitir la entrada y la llegada de los granos de polen a la gameta femenina y fecundarla. Si esto ocurre, allí mismo se formarán las semillas, que poseen un ala liviana y membranosa que permite que sean dispersadas por el viento. Si hay humedad, la piña se cierra nuevamente. Como verán, este grupo de plantas está altamente adaptado a determinadas condiciones climáticas para su reproducción.



Corte transversal de una piña, que permite ver las semillas dentro de ella.

## Ciclo de vida del pino



Piña joven



Cuando la piña está madura comienza a liberar sus semillas



Las escamas comienzan a cerrarse cuando el tiempo es húmedo



Durante el tiempo seco, las escamas se abren

## Gineceo:

Parte femenina de las flores de algunas plantas, constituida por el ovario, el estilo y el estigma.

## Carpelos:

Hojas modificadas que conforman la parte reproductiva femenina de la flor.

## Ovario:

Parte ensanchada e inferior del gineceo que encierra los óvulos.

## Estilo:

Parte del gineceo en forma de tubo hueco que conecta el estigma con el ovario.

## Estigma:

Parte del gineceo que recibe el polen durante la polinización.

En el reino vegetal también aparece una estrategia alternativa muy interesante y más evolucionada: ya que los animales se pueden mover rápidamente, por qué no utilizarlos para facilitar el encuentro de gametas. Así las abejas o los colibríes, por ejemplo, al igual que otros animales polinizadores, llevan las gametas masculinas pegadas a sus cuerpos para que se encuentren con la oosfera y la fecunden.

Según los medios de dispersión, el polen varía:

Tipo de dispersión	Por el viento	Por animales (insectos, aves y murciélagos)
Características	Liviano, liso, sin sustancias viscosas.	Mayor tamaño, muy ornamentados, con sustancias viscosas.
Ventajas	Llega a volar hasta centenares de kilómetros en un día, y a gran altura.	Favorece la adhesión al cuerpo de animales.

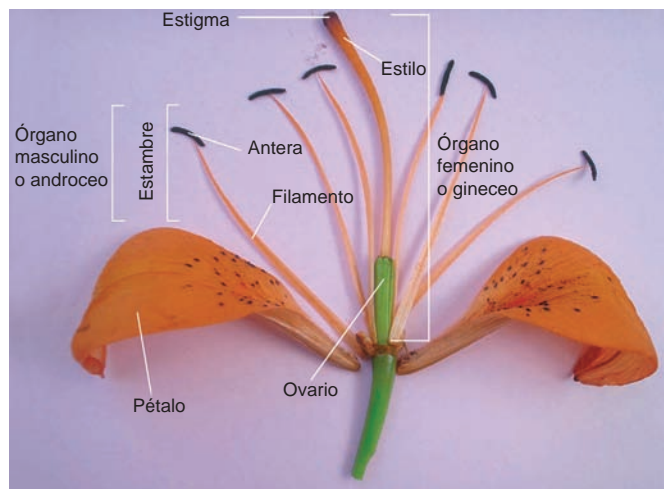
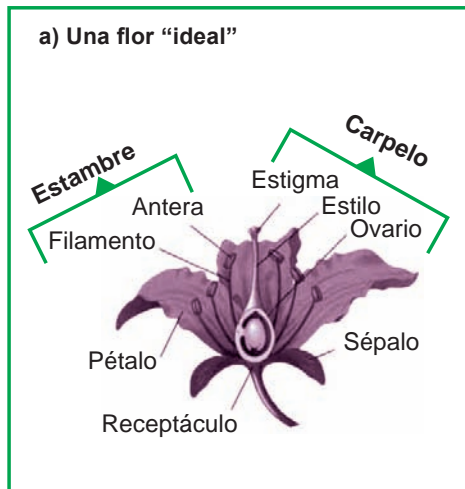
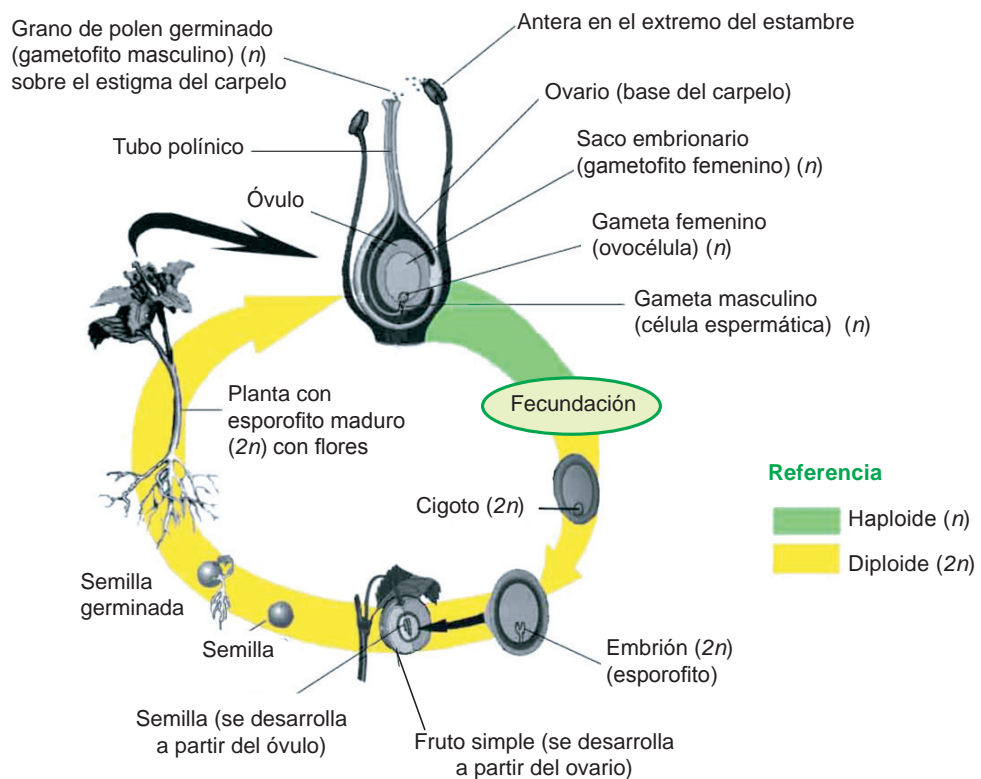


## La flor y su “merchandising” para la conquista del polinizador

Las **angiospermas** tienen como estrategia reproductiva a la flor, en la cual ocurren varias cosas: se lleva a cabo la reproducción sexual, se forman las semillas y, por último, a partir de ellas se desarrollan los frutos.

La estructura reproductiva femenina es el **gineceo**, generalmente formado por **carpelos** fusionados. La base ensanchada del gineceo es el **ovario**, donde se encuentran los **óvulos**. En la parte media, el **estilo** es una estructura en forma de tubo, y en la parte superior del gineceo se encuentra el **estigma**, que brinda una superficie adhesiva para los granos de polen.

## Partes de la flor y su ciclo vital

**b) Ciclo vital simplificado de una angiosperma**

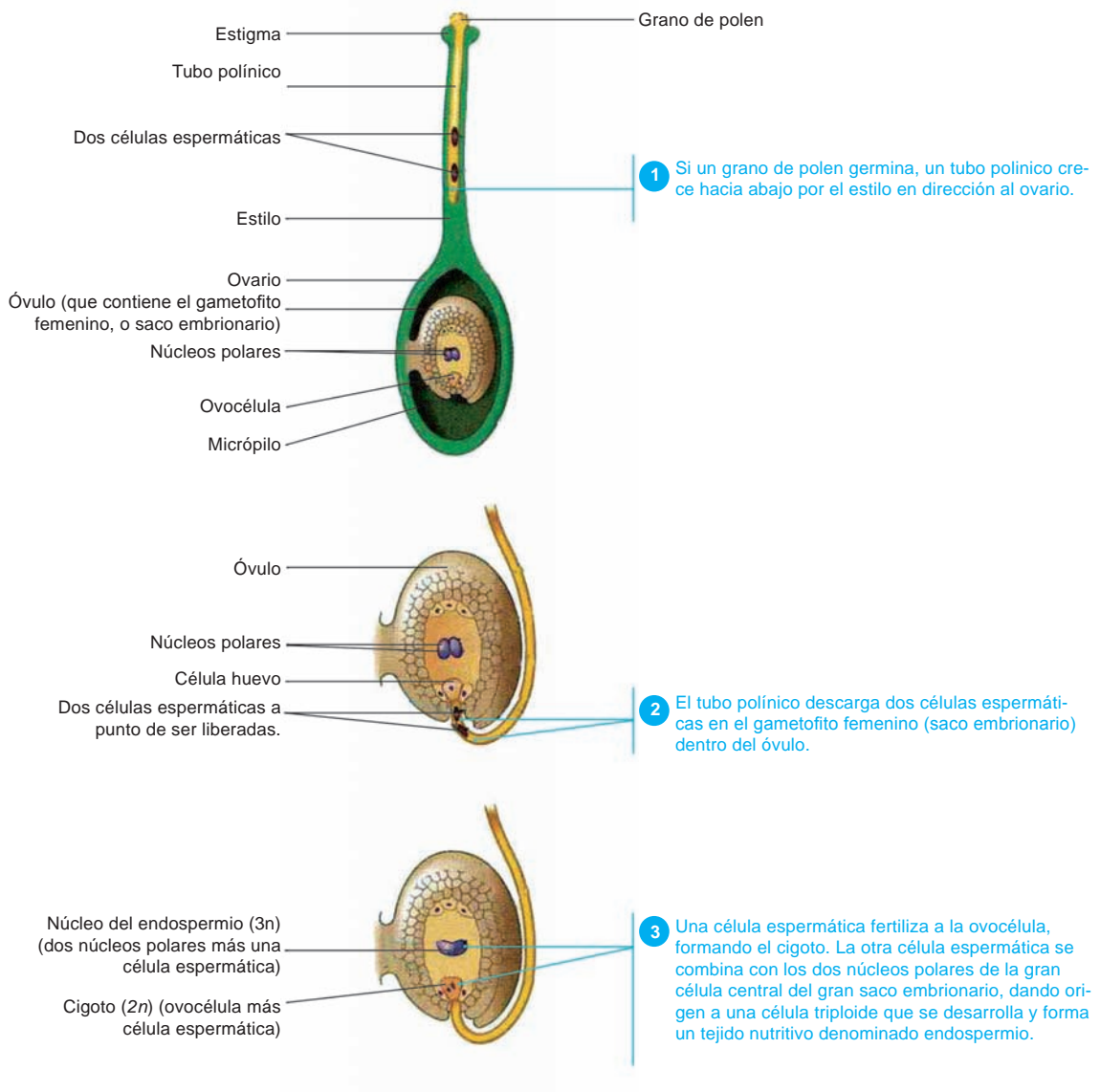


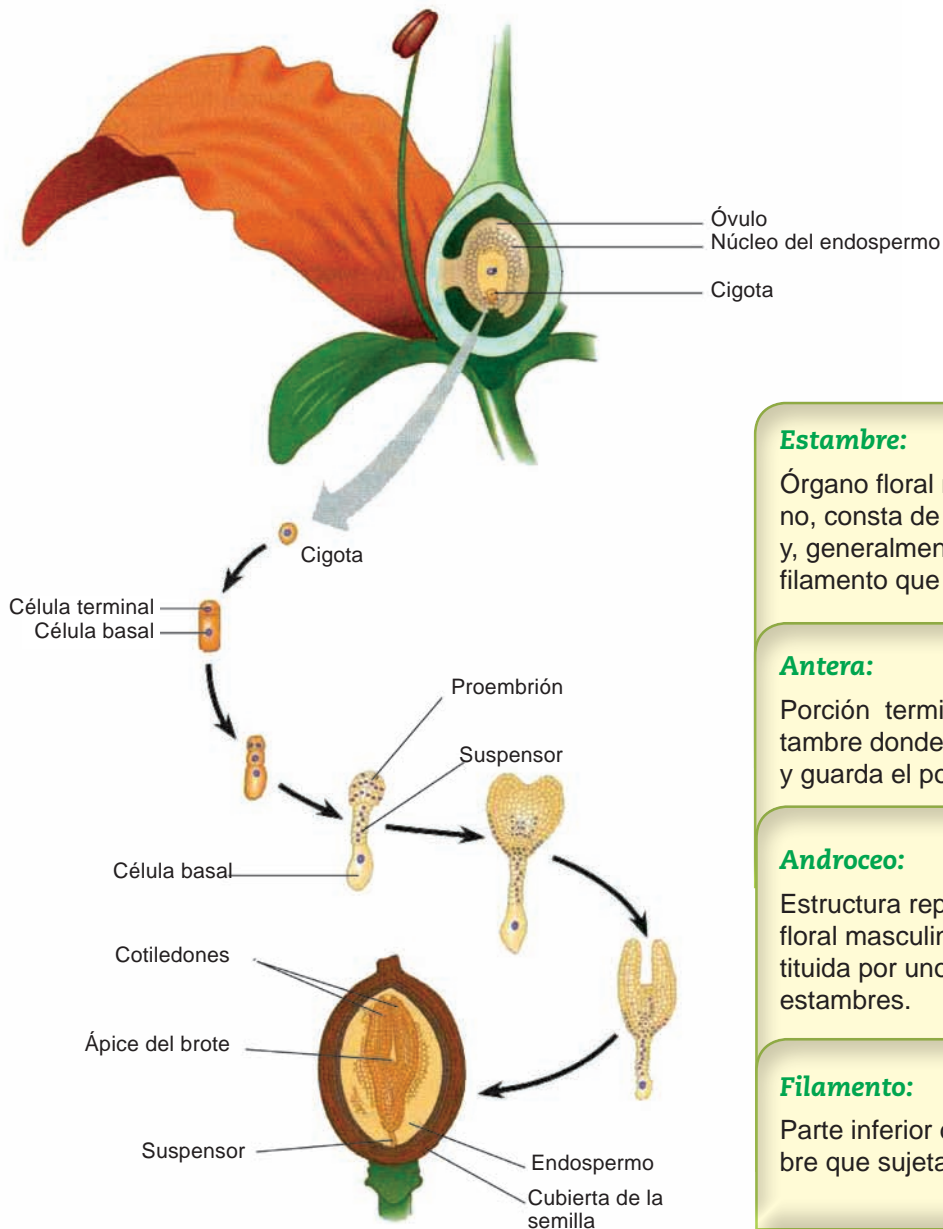
Los granos de polen se desarrollan en el **estambre**, que está formado por una **antera** y un **filamento** que la sostiene. Todo esto conforma la porción masculina o **androceo**.

Lo más común es que tanto las estructuras masculinas como las femeninas se encuentren en la misma flor. El gineceo es más alto que el androceo, de esta manera se evita la autofecundación o, en este caso, la autopolinización.

Cuando el polen se desprende y viaja hasta otra flor, llega al estigma, donde desarrolla tubos que atraviesan el estilo hasta llegar a la oosfera y fecundarla.

Por fuera de la estructura reproductora femenina y masculina se encuentra el conjunto de pétalos (hojas modificadas), con los cuales la flor ejerce su poder de atracción a partir de surtidos trucos de belleza: variedades de colores, olores, sabores y forma que, solos o combinados, harán caer indefectiblemente en la trampa a los desprevenidos polinizadores.



**Estambre:**

Órgano floral masculino, consta de la antera y, generalmente, de un filamento que la sostiene.

**Antera:**

Porción terminal del estambre donde se produce y guarda el polen.

**Androceo:**

Estructura reproductora floral masculina constituida por uno o más estambres.

**Filamento:**

Parte inferior del estambre que sujeta la antera.

### Las plantas también protegen a su descendencia

La semilla es una estructura que protege a los embriones. En ella encontramos no sólo al embrión sino también un tejido nutritivo y una cubierta protectora. Estas características le permiten sobrevivir en lugares secos, fríos, húmedos o extremadamente calurosos durante algún tiempo.

Imaginemos que nos regalan una semilla y buscamos el mejor lugar para que se desarrolle. Para esto elegimos un lugar lejos de otra planta, para que ésta no le dé sombra. Un lugar con tierra fértil, en lo posible con abono y con la cantidad suficiente de agua.

Con todo esto y un poco de suerte tendremos una planta pero, en realidad, ella, si pudiera, buscaría que su semilla creciera en un lugar como el que imaginamos. Y así lo hace, como veremos a continuación.

Para que este proceso pueda llevarse adelante, un grupo de vegetales, las **angiospermas**, desarrollaron el **fruto**.

El fruto es un ovario maduro que contiene a la semilla, y su función es encontrar el mejor lugar para que ella se desarrolle.

Algunos frutos simplemente “explotan” y esparcen sus semillas en todas las direcciones, lejos de la planta madre. Otros tienen estructuras similares a alas, que les permiten desplazarse como si fueran pequeños helicópteros. Algunos son puntiagudos o con forma de gancho. Esta estructura les permite adherirse a las patas de los animales, y así se desplazan. Pero quizás, el más curioso de todos los frutos es el comestible.

#### Angiospermas:

Plantas con flores cuyos carpelos forman una cavidad cerrada u ovario dentro de la cual están los óvulos.

#### Fruto:

Es el óvulo fecundado de una flor, en el cual quedan contenidas las semillas.





### Una breve historia sin sentido

Una manzana grande, roja y jugosa pende de un verde manzano. Al pasar por la zona, un caballo la ve y no resiste la tentación de comerla. Al ser tan jugosa, prácticamente no la mastica, sino que traga entero el fruto, y con él, las semillas que están dentro. Estas semillas tienen una cubierta externa tan resistente que el sistema digestivo del animal no puede digerirlas, y atraviesan intactas todo el intestino, donde se mezclan con los restantes componentes de la materia fecal.

En el tiempo que tardó en recorrer todo el sistema digestivo el caballo pudo haber recorrido varios kilómetros y en un prado soleado libera toda la materia fecal y, con ella, a las semillas.

Vos te preguntarás ¿por qué me cuentan esto?

Analícemos dónde está la semilla. Está en un lugar lejos de otras plantas, rodeada de abono en una tierra fértil y soleada. Justo donde habíamos imaginado plantarla.

### Un justo precio

Cuando las plantas liberan sus gametas masculinas al viento dentro de los granos de polen, la posibilidad de que éste llegue hasta las estructuras femeninas para fecundar al óvulo es muy baja. En cambio, cuando un animal polinizador (por ejemplo, las abejas) lleva involuntariamente los granos de polen hasta el estigma de otra, la fecundación es casi segura.

Por lo tanto, la selección natural favoreció a aquellas plantas de cuya polinización estaban encargados los insectos. Así, algunas desarrollaron complejas estructuras para atraerlos, y qué mas atractivo que un dulce alimento como el néctar. Al mismo tiempo, los insectos evolucionaban con estructuras bucales especiales para libar el néctar.





## ¿Sabías que....?

La pasionaria compitió con el ceibo por ser la flor nacional. Su nombre fue dado por los españoles en relación con el simbolismo de la pasión de Cristo. Los tres estigmas representan los clavos de la cruz, las cinco anteras, las cinco heridas de Cristo, los filamentos de la corola: las espinas de la corona de Cristo, y los componentes del cáliz (hojas verdes protectoras en la base de la flor) y los pétalos de la corola, representan a los apóstoles sin Judas ni Pedro.

Extraído de *Flores para la casa*, UBA, Facultad de Agronomía/Viva-Clarín.

Reconozcan cada parte mencionada sobre la foto de la flor. Traten de deducir, por la posición de los estilos y los estigmas, si esta planta puede autofecundarse.

Charles Darwin, en el Capítulo VI de *El origen de las especies*, señaló lo siguiente:

“Las flores se encuentran dentro de las más hermosas producciones de la naturaleza; pero se han vuelto visibles al contraste con las hojas verdes, y en consecuencia, hermosas al mismo tiempo, para que puedan ser vistas fácilmente por los insectos. He llegado a esta conclusión porque he encontrado como regla invariable que cuando una flor es fecundada mediante el viento, no tiene nunca una corola de color llamativo. Diversas plantas producen habitualmente dos clases de flores: unas abiertas y coloreadas de tal modo que atraigan a los insectos, y otras cerradas, no coloreadas, desprovistas de néctar y que nunca son visitadas por los insectos. Por consiguiente podemos llegar a la conclusión de que, si los insectos no se hubiesen desarrollado sobre la faz de la Tierra, nuestras plantas no se hubieran cubierto de bellas flores y hubieran producido solamente flores tan pobres como las que vemos en el abeto, el roble, el nogal y el fresno, y en las gramíneas, espinacas, acederas, y ortigas, que se fecundan por la acción del viento”.



## Actividades

A pensar:

- \* ¿Qué ventajas obtiene el organismo polinizador de las plantas con flores?
- \* ¿Qué ventajas obtiene la planta del organismo polinizador?
- \* De las dos especies que participan en esta asociación, ¿cuál sale beneficiada y cuál es la perjudicada?
- \* ¿En cuál de las especies se producen cambios que le permiten adaptarse de mejor manera a la otra?
- \* Compará las respuestas con las de tus compañeros.
- \* Notá las similitudes y diferencias entre las repuestas.
- \* ¿Qué conclusiones podemos sacar de ellas?

## Algunos ejemplos y una breve conclusión

Los insectos constituyen el grupo más grande de polinizadores.



Las mariposas tienen la *espiritrompa*, un largo aparato bucal succionador, tan largo que sólo ellas pueden llegar al néctar ubicado en el fondo de una corola alargada y en forma de tubo (el nectario). Mientras se alimentan, los granos de polen se van adhiriendo a su cuerpo para ser trasladados hasta otra flor



*Ophrys* insectívora.

Las flores de una especie de orquídea imitan a las hembras de las avispa, esto es, emiten olores similares a los de las glándulas mandibulares de las hembras, los colores de la flor imitan los del dorso o el abdomen de los insectos y eso atrae a los machos que, al intentar copular con la falsa hembra, se cargan de polen

### **Espiritrompa:**

Aparato bucal lamedor-chupador de los lepidópteros (grupo al cual pertenecen las mariposas) con forma de tubo largo espiralado que utilizan para captar el néctar de las flores.



Esta es la flor más grande del mundo: se llama *Rafflesia*; llega a medir un metro de diámetro y se encuentra en Indonesia

La *raflesia* posee unas flores que tienen el olor y el color de la carne descompuesta. Esta extraña adaptación atrae a las moscas, que son sus polinizadores naturales.

Las polillas, escarabajos, murciélagos (que polinizan al baobab, árbol típico de la sabana africana) y hasta una especie de marsupial, son polinizadores de muchas plantas.



El colibrí es una de las aves más especializadas como polinizador: no se posa nunca sobre las flores sino que se mantiene suspendido en el aire. Su larga lengua bífida similar a la de las víboras le posibilita libar el néctar en flores con forma de tubo o campana, mientras que los estambres descargan el polen sobre su cabeza

En estos casos vemos que, cuando dos o más especies establecen relaciones tan estrechas, los cambios que sufre una de ellas ejercen una poderosa fuerza evolutiva sobre la otra. El proceso que ocurre en este caso se denomina **coevolución**. Este término significa que la evolución de cada una de las especies depende directamente de la evolución de la otra.

En términos generales, las flores más grandes, atractivas visualmente por sus colores y formas, son las polinizadas por las aves. Suelen tener gran cantidad de néctar y no ser perfumadas, ya que las aves no se guían por el olfato sino primordialmente por la vista. En el caso de las flores cuyos polinizadores son los insectos, aquellas suelen tener tamaños más reducidos pero atractivos perfumes, ya que los insectos utilizan en primer lugar el olfato y, en menor grado, la vista. Por otro lado, los colores que ellos perciben no son los mismos que los que observamos nosotros. No captan el color rojo y, en el caso de las abejas, captan el ultravioleta invisible al ojo humano pero presente en muchas flores.

## Estrategias reproductivas

La muerte, como vimos en los capítulos anteriores, es parte de la vida. Los individuos nacen y mueren, pero las especies se perpetúan en el tiempo.

### Los K y los r. Dos estrategias para un mismo fin: sobrevivir

Vamos a comparar dos estrategias reproductivas distintas. La de una ballena azul y la de una estrella de mar.

La ballena da a luz una sola cría y la cuida durante gran parte de su vida, la alimenta con su propia leche cuando nace, la protege de sus depredadores y la guía en sus desplazamientos. La cría, cuando termine de crecer, llegará al tamaño de 30 metros y pesará más de 80 toneladas. A los 10 años, estará lista para reproducirse, y probablemente vivirá más de 100 años.

En cambio, la estrella marina llega a poner por temporada reproductiva 2.500.000 huevos. Ninguno de los padres tiene algún tipo de cuidado hacia las crías. Las larvas tienen que buscar solas su alimento y protegerse ellas mismas de los depredadores. Muchas no llegarán al primer año de

Antes de seguir...



### Trabajo de campo y de laboratorio

Organicen una visita a algún lugar con mucha variedad de vegetación en época de primavera. Registren qué tipo de animales polinizan cada flor. Recolecten flores diversas y observen sus aspectos. Intenten determinar qué animal puede polinizarlas en el caso de que no hayan podido verlo en forma directa. Miren al microscopio los granos de polen montándolos sobre una gota de agua entre un porta y un cubreobjetos. Recolecten piñas e intenten determinar si poseen semillas en su interior. Si hay conos masculinos maduros, extraigan también su polen para observarlo al microscopio. Dibujen todo lo que observaron y elaboren un informe.



vida. Sólo algunas vivirán hasta los dos años, donde podrán reproducirse y alcanzarán su peso, de 70 gramos. El promedio de vida de esta especie es de 10 años.

Bien, ahora analicemos las estrategias reproductivas de estas especies. Una de ellas hace énfasis en los cuidados parentales: tienen pocos hijos, pero los cuidan mucho, muchísimo, y se aseguran de que vivan varios años, al menos hasta que lleguen a la edad de reproducirse. Estos individuos suelen ser de tamaños grandes, su maduración es lenta, y se los llama **estrategas K**.

En cambio, la otra especie desarrolla la estrategia opuesta: no gasta tanto tiempo y energía en el cuidado, sino en la reproducción, y es por eso que tiene la posibilidad de tener una enorme cantidad de hijos. Aunque no los cuiden, ese gran número les asegura a los padres que algunos lleguen a la edad adulta y continúen la especie. A estos organismos se los llama **estrategas r**: son de rápida maduración, veloz crecimiento y tiempos de vida cortos.

Mientras que los primeros tienen como prioridad la adaptación y por ello son poblaciones altamente especializadas a ciertos hábitats y tipos de alimentación, los estrategas r recurren a la reproducción, y compensan con su gran número de descendientes la menor especialización que poseen. Es por esta última razón que los estrategas r son los que comienzan a poblar un ecosistema en sus inicios. Tras estas especies, llamadas pioneras, comienzan a llegar las estrategias K, y establecerán interacciones buscando un equilibrio en el ecosistema principalmente a través de la conformación de redes alimentarias.



## Antes de seguir...

Elaboren con los datos anteriores un cuadro comparativo entre las características de los estrategas K y r.

## Lentas pero inseguras

Las tortugas marinas ponen enormes cantidades de huevos en la costa, de los que no tienen ningún tipo de cuidado. Es por eso que muchos animales se alimentan de ellos. Al momento de eclosionar, miles de ellas comienzan una carrera hacia la costa. En el camino, una gran cantidad morirá devorada por depredadores. Las que quedan, finalmente, con vida, son muy pocas. Ellas crecerán y, en algunos años, alcanzaran su madurez sexual y repetirán el ciclo. Éstas, como todas las tortugas, vivirán mucho tiempo.

¿Que características de estrategas r podemos encontrar?  
¿Y de los K?

**La vicuña: reina de la Puna** (Su comportamiento reproductivo)

Tomado de *Camellos sin joroba*, Bibiana Vilá. Colección Sin Careta, Colihue, 2001.

“Los grupos familiares están formados por un macho, tres o cuatro hembras y más o menos dos crías. Estas familias ocupan territorios bastante fijos. (...) La defensa de las hembras y del territorio por parte de los machos se da tanto indirectamente, manteniéndose alerta y patrullando su territorio, o a través de comportamientos agresivos directos. Los bosteaderos son también una señal para la reproducción. A través de ellos los machos reconocen si en su territorio hay hembras en celo (receptivas para copular), ya que el orín de estas hembras tiene un olor muy particular. En estos casos, luego de oler el bosteadero, los machos desarrollan un comportamiento que, a los ojos humanos, resulta muy gracioso: dirigen la cabeza hacia arriba y abren y cierran la boca varias veces. Esta conducta se denomina en inglés *flehmen* que traducido significa algo así como “flechazo”.

Las hembras de vicuña que viven en los territorios familiares se la pasan comiendo la mayor parte del tiempo. Como las madres quedan preñadas nuevamente a la semana del parto, siempre están criando. Tienen una sola cría por parto, pero mantienen dos crías simultáneamente, ya que por un lado tienen una sola cría gestándose en sus panzas durante un año y por el otro, la ya nacida, continúa tomando la teta durante casi 8 meses (...).

Al momento de nacer, las crías ya son muy grandes alcanzando aproximadamente el 15% del peso de la madre. Una vicuña de aproximadamente 45 kilos puede tener una cría de 6 kilos mientras que los ciervos de 60-70 kilos tienen crías de 5-6 kilos. Estas crías tan grandes son consecuencia de la adaptación a las condiciones rigurosas de la puna. Si fueran débiles o de poco peso, muy pocas sobrevivirían. Desde muy pequeñas las crías se agrupan y tienden a jugar revolcándose y peleando como los adultos.”





## Actividades finales

1) ¿Cuál es el ritual de cortejo entre las vicuñas? Discutan entre ustedes qué tipo de estrategia reproductiva desarrolla esta especie. Justifiquen. Pueden ayudarse investigando previamente cuáles son las condiciones geográficas y climáticas de la Puna y cuáles son las características físicas de las vicuñas.

2) Completen el siguiente cuadro:

En la columna de reproducción se destaca si es sexual, asexual o ambas. si la fecundación es externa o interna al igual que el desarrollo. Por último, si son estrategias K o r.

Organismo	Reproducción	Fecundación	Desarrollo	Tipo de estrategia reproductiva
Tortuga				
Mono				
Planaria				
Cucaracha				
Rana				
Lombriz solitaria				
Elefante				
Loro				
Atún				
Hidra				
Tiburón				
Gallina				

## Actividades finales



\* Las oraciones se han mezclado. ¿Podrías reconstruirlas?

Los estrógonos	se produce en el interior de la hembra
Los estambres	genera crías ya formadas
El desarrollo interno	no necesita gametas
Los organismos ovovivíparos	desarrollan los granos de polen
La fecundación interna	no invierten energía en el cuidado de las crías
La reproducción asexual	retienen los huevos hasta que eclosionan

\* Ubicá los siguientes términos en el cuadro correspondiente:

*anterozoide, estambre, carpelos, ovarios, oviducto, vagina, estilo, placenta, ciclo menstrual, oosfera, gineceo.*

	Masculino	Femenino
Animal		
Vegetal		

\* Al redactar estos párrafos se han borrado algunas partes ¿podrías completarlas?

Los reptiles tienen ..... excepto algunas serpientes .....

Las aves ..... como también algunos mamíferos .....

La reproducción asexual ..... pero tiene como desventaja .....

En el estambre ..... que al llegar al estigma .....

Las hembras ..... en el caballito de mar .....

La gameta pequeña y móvil ..... la hembra .....

Los granos de polen ..... mariposas y otros .....

La fecundación interna ..... tiburones .....

En los organismos vivíparos ..... desarrollo interno .....

La formación de un huevo ..... cloaca .....





## Actividades finales

\* Marcá con una cruz la respuesta correcta y corregí las falsas.

→ La fecundación es...

- ... la unión entre el óvulo y la gameta femenina.
- ... la unión entre el espermatozoide y el óvulo en el oviducto de la hembra.
- ... la unión entre la gameta femenina y la gameta masculina.
- ... la unión entre el y la gameta femenina.
- ... externa en los organismos ovíparos.

→ La reproducción...

- ... asexual no necesita de más de dos organismos.
- ... sexual no necesita de más de un organismo.
- ... sexual requiere siempre, al menos, dos individuos.
- ... asexual es energéticamente más económica que la sexual.
- ... es la unión entre dos gametas.

→ Los granos de polen...

- ... se desarrollan en el estigma.
- ... son llevados por el viento hasta el estambre de otra flor.
- ... muchas veces son llevados por animales polinizadores.
- ... se forman en el gineceo.
- ... se desprenden y viajan hasta llegar al androceo de otra flor.

→ Los estrategias K...

- ... cuidan a las crías durante una parte de sus vidas.
- ... suelen ser de tamaños pequeños.
- ... crecen rápidamente.
- ... tienen una gran cantidad de crías.
- ... generalmente poseen cortos tiempos de vida.

## Para saber más... Divulgación científica, libros recomendados:

Vilá, Bibiana. *Camellos sin joroba*. Colección Sin careta, Buenos Aires, Colihue, 2001.

Dawkins, *El gen egoísta*, Biblioteca científica Salvat.

Todos los aspectos de la vida de las vicuñas, camélidos silvestres en riesgo de extinción:

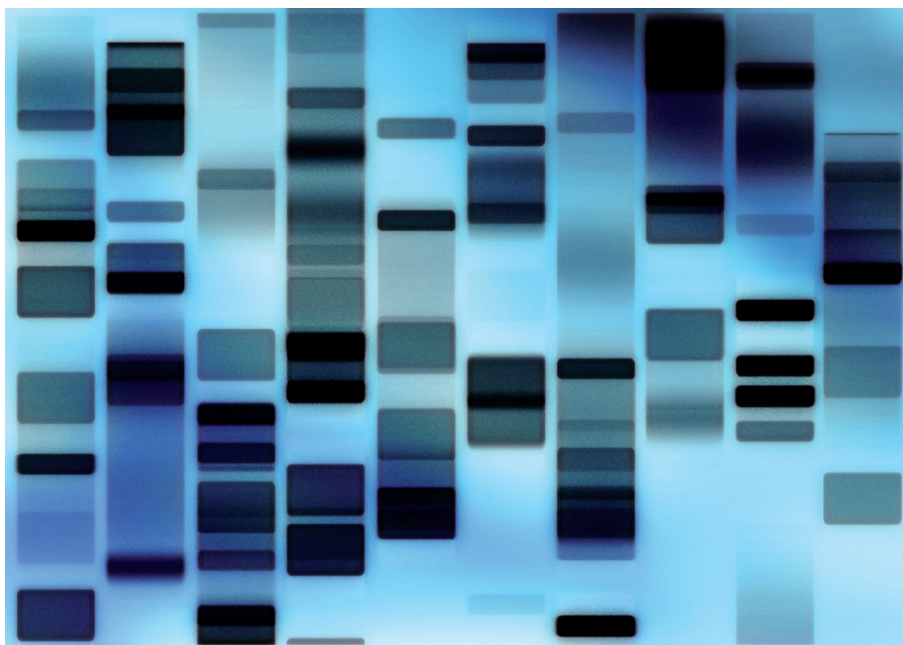
Dröscher, V. *La vida amorosa de los animales*, Buenos Aires, Sudamericana-Planeta. 1987.

Relatos muy amenos sobre rituales de cortejo entre diferentes animales y comparaciones con conductas humanas.

Golombek, D. *Sexo, drogas y biología*, Buenos Aires, Siglo XXI [Ciencia que ladra...], 2006.

Relatos hasta risueños sobre todo lo referente al sexo: la atracción y el cortejo, la monogamia, las ventajas de la reproducción sexual, etc. tanto en plantas como en animales.

## GENÉTICA



ADN de una huella digital, ilustración de Flavio Takemoto.

Cuando nace un bebé en la familia, al verlo, los parientes suelen hacer comentarios como “tiene los ojos del papá” o “la cara de la mamá”, “la sonrisa de la abuela”, “la nariz del tío”, etc.

Es fácil darse cuenta de que, tanto con los parientes cercanos como con los no tan cercanos, compartimos ciertas características. Pero ¿qué proceso se cumple para que esas características pasen de una generación a otra?

Esa misma pregunta acompañó a la humanidad durante toda su historia, y las respuestas que hombres y mujeres le dieron fueron muy distintas de acuerdo con la época en que la formularan. Veamos una teoría muy curiosa que desarrolló Hipócrates, uno de los primeros que intentaron dar una respuesta a esta cuestión: él señalaba que las personas fabricaban, en todo el cuerpo, un tipo de “semillas” que se transmitían a la descendencia. Así, según Hipócrates, los padres pasaban a sus hijos esas semillas que les otorgaban distintas características. Pero esto no explicaba una cuestión fundamental: ¿por qué algunas características que se presentaban en los abuelos de una familia eran heredadas por sus nietos, pero no aparecían en sus propios hijos? ¿Las semillas podían, entonces, saltar generaciones?



Homúnculo

**Homúnculo:**

Pequeñísimos hombres que los espermicistas creían ver dentro de los espermatozoides.

**Teoría espermicista:**

Antigua teoría que postulaba que todas las características hereditarias se encontraban en el espermatozoide.

**Teoría ovista:**

Esta antigua teoría postulaba que todas las características hereditarias se hallaban en el óvulo.

Aristóteles analizó esto y creyó encontrar la respuesta. Podía ser, según él, que los “ingredientes” para formar un nuevo individuo estuvieran presentes en el semen del macho que, al mezclarse con los fluidos de la mujer, conformaban a la próxima descendencia. Pero en ese fluido, los ingredientes estaban imperfectamente mezclados, lo cual hacía que permanecieran algunas de las características de generaciones pasadas.

Estas ideas tuvieron vigencia durante mucho tiempo, hasta que aparecieron otras que plantearon que con sólo mezclar algunas sustancias se originaba vida y que, como si se tratara de una mágica receta de cocina, con unas cucharadas de barro, una pizca de basura y sustancias podridas a gusto, podrían obtenerse, luego de un tiempo, gusanos, moscas o ratones (al respecto ya hemos mencionado algunos ejemplos en el capítulo 2). A esta idea, como ya vimos en capítulos anteriores, la denominaron generación espontánea. Pero, al parecer, ninguna receta mágica era tan poderosa como para crear a un ser humano, ni tampoco explicaba por qué nos parecemos a nuestros abuelos.

En el siglo XVII unos lentes minuciosamente pulidos –antepasados de nuestros actuales microscopios– permitieron ver que existía un universo extremadamente pequeño para estudiar, y a ello se abocaron los científicos.

Las primeras observaciones fueron realizadas sobre el semen de distintos animales, y permitieron detectar a los pequeños espermatozoides, que tenían una cola y se movían por su cuenta. Aquí nació una incógnita: ¿qué llevarían en su interior?

Con un poco de imaginación y otro poco de investigación, la respuesta no tardó en llegar.

Estos científicos creyeron ver a unos pequeñísimos hombres dentro de los espermatozoides. Los llamaron **homúnculos**. Estos homúnculos, al ingresar al cuerpo de la mujer, se desarrollarían hasta formar un bebé. Esta **teoría espermicista** consideraba a la mujer como un mero recipiente, un nido, apenas una incubadora.

Por el contrario, los **ovistas** postulaban que el pequeño hombrequito estaba en el óvulo, y que el líquido seminal simplemente ayudaba a su desarrollo y crecimiento.

Durante el siglo XIX, los teóricos ovistas y espermicistas llegaron a un punto conciliador.

Al parecer, la mezcla que se producía al unirse el óvulo con el espermatozoide originaba las características de los hijos. Pero seguían sin respuesta dos preguntas: por qué las características saltaban generaciones, y de qué manera se transmitían.

### Desde un lejano monasterio

En el año 1822, en Europa central, donde hoy está ubicada la República Checa, de una familia de campesinos nació un hombre que daría luz a las ideas de la herencia. Su nombre era Gregor Mendel.

En su juventud había realizado estudios de matemática y otras ciencias, pero luego decidió retirarse a un monasterio.

En ese monasterio había un jardín, que le brindó un enorme laboratorio donde realizar sus experimentos, y en él, combinando sus conocimientos de jardinería con los de matemática, Mendel realizó investigaciones a mediados del siglo XIX.

La elección del material de trabajo fue sencilla. Escogió la planta de guisante *Pisum sativum*, que se conseguía fácilmente y crecía sin problemas en ese ambiente. Comúnmente esta planta se autopoliniza, es decir, los granos de polen llegan hasta sus propios óvulos y los fecundan. De esta manera no hay un cruzamiento, porque ambas gametas provienen de un mismo progenitor.

Mendel conocía la técnica para lograr otro tipo de fecundación: simplemente, quitaba las anteras de unas flores y espolvoreaba los granos de polen sobre otras plantas: de esta manera favorecía la fecundación cruzada.

Una de las características que estudió fue el color de las flores; la mayoría era de color púrpura, pero había algunas blancas.

¿Qué pasaría si se fecundaban entre ellas? ¿Cómo sería la descendencia de la cruce? ¿Todas blancas? ¿Todas púrpuras? ¿O blancas con lunares púrpuras? O... ¿a cuadritos?!



#### Antes de seguir...

Te proponemos:

Aventurá una hipótesis acerca de cómo será esta descendencia.

Justificá el porqué.

Imaginá ahora una hipótesis alternativa a la que se te ocurrió en primera instancia.



## Los primeros resultados

Si querés, podés repetir esos experimentos para ver qué sucede. No son tan complicados. Simplemente, tomá las anteras pertenecientes a una planta con flores púrpuras y espolvoreá el polen sobre el gineceo de una flor blanca. A este grupo de flores se lo denomina **generación parental**.

Y ahora debés esperar a que se formen las semillas, luego plantarlas sobre tierra fértil y regarlas diariamente. Luego, continuá esperando.

De repente, verás que surgen, en esas plantitas, las primeras flores. Todas ellas de color púrpura, exactamente el cien por ciento.

La respuesta a la incógnita es que cuando se cruzan dos plantas distintas para una característica, siendo ambas de líneas puras, toda la descendencia (que se denomina **Filial 1**) tendrá solo una de las variantes alternativas de la generación paterna.

### Ahora compará:

¿Es éste el resultado que esperabas? De no ser así, intentá elaborar una hipótesis para explicar esto. Intentá explicar con tus palabras el último párrafo.

### ¿Te animás a seguir con el experimento?

¿Estos resultados te sorprendieron? ¿No te dan ganas de seguir investigando?

¿Que sucedería si tomaras dos de esas plantas con flores púrpuras y las cruzaras entre sí? ¿Cómo pensás que sería la nueva descendencia?

### Animate

El primer paso es tomar el polen de una planta púrpura; el segundo, esparcir ese polen sobre otra planta igual a ella. No te olvides: **es imprescindible que tanto el polen como la planta sobre la que lo vayas a esparcir procedan del experimento anterior**.

### Para los más pacientes...

En realidad, como estas plantas naturalmente se autofecundan, sólo basta con dejarlas un tiempo para que se produzca la cruce, y el resultado será el mismo.

Mendel hizo un experimento similar a este y logró un resultado muy sorprendente.

Aunque la mayor parte de la nueva descendencia (denominada **Filial 2**) estaba formada por plantas con flores púrpuras, también había un 25% de plantas que dio flores blancas.

De alguna manera, la característica de flor blanca presente en la generación parental, ausente en la filial 1, reaparecía en la filial 2. Pero ¿cómo lo hacía?

### Nuevamente:

¿Cómo explicarías este extraño comportamiento? ¿Esto tendrá algo que ver con el parecido entre nietos y abuelos?

## Es tiempo de organizar y analizar los resultados

Mendel denominó **dominante** a la característica que, en forma exclusiva, aparece en la filial 1 (en este caso, la flor de color púrpura). A la variable presente en la generación parental y en la filial 2, pero ausente en la filial 1 (en este caso, la flor blanca) la llamó **recesiva**.

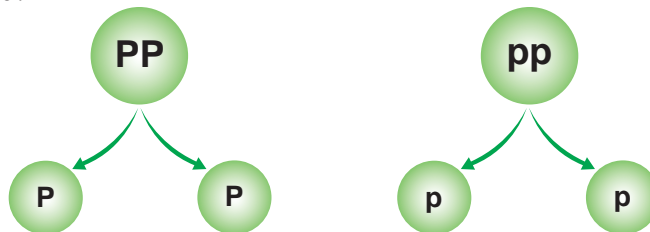
Como ya dijimos, Mendel también había estudiado matemática, y usó sus conocimientos para tratar de develar este misterio de la naturaleza. Tras un complejo análisis de los datos observó que los factores que transmitían el color del pétalo no aparecían en forma única, sino doble, y se separaban únicamente en el momento de la formación de las gametas, para unirse nuevamente.

Así, la explicación puede ser la siguiente: Llamemos (**p**) al factor que genera el color **blanco**, y (**P**) al que genera el color **púrpura**. Estos factores están dispuestos de a pares en cada individuo, y esto se representa de la siguiente manera:

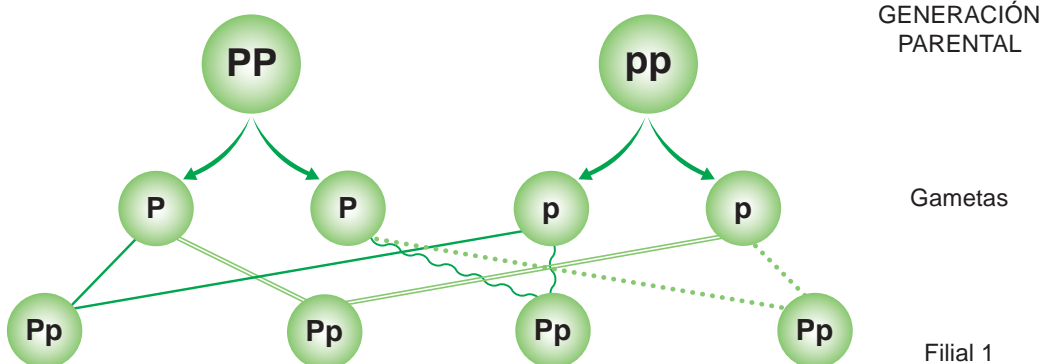
**PP x pp**

Los factores (PP), al estar juntos en una de las plantas, les darían a sus flores el color púrpura, y los factores (pp) les darían el color blanco.

Cuando se forman las gametas, los factores se separan mediante un proceso conocido como **meiosis**, que detallaremos más adelante. Podemos representar esto de la siguiente manera:



La generación parental está representada por (PP) y (pp). Los granos de polen que contienen el factor (P) fecundan a las gametas femeninas (p), lo que da como resultado las siguientes combinaciones:



### Generación parental:

El o los individuos que aportan las gametas para formar la filial 1.

### Característica dominante:

La que se expresa en estado heterocigota.

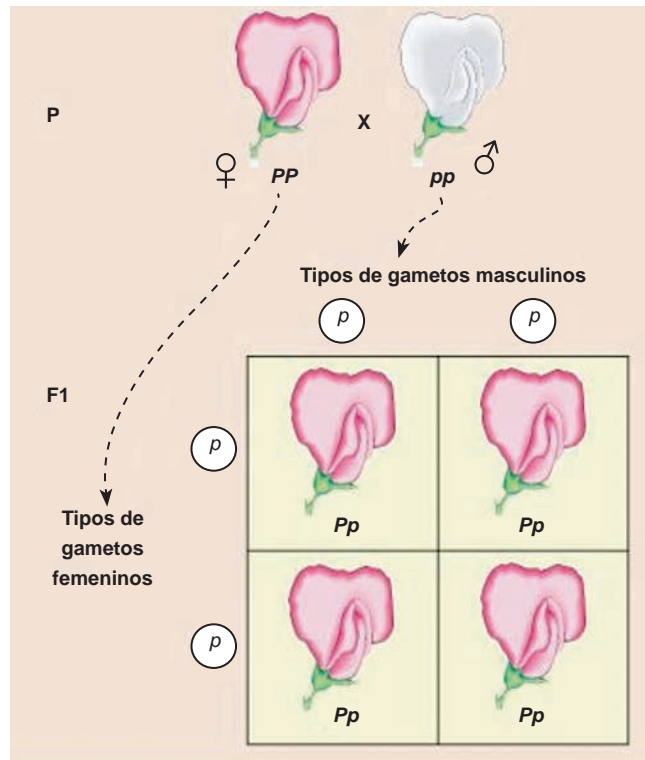
### Característica recesiva:

La que se expresa sólo en el homocigota recesivo.

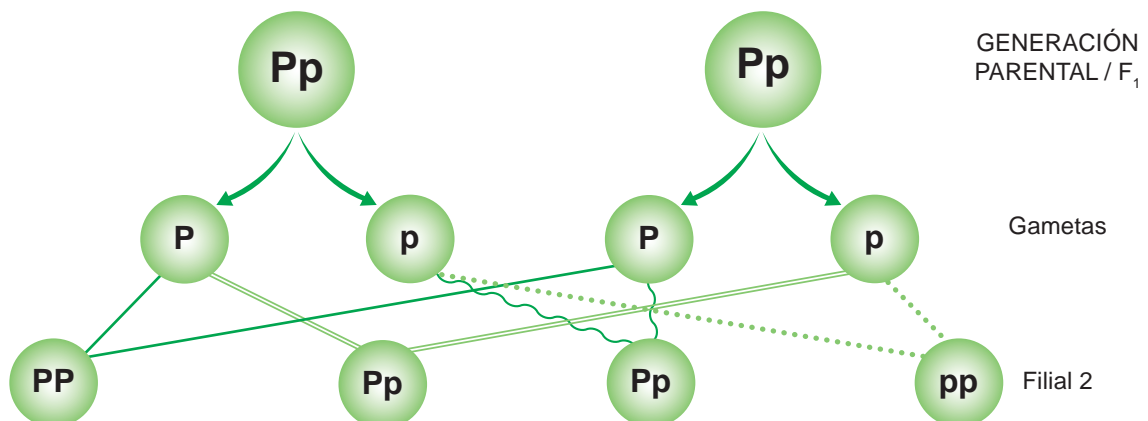
Fijate en este curioso detalle:

No importa de qué manera combinemos a las gametas de los distintos individuos, siempre obtendremos, para la descendencia, la combinación de factores ( $Pp$ ).

En estos organismos que forman la filial 1 están presentes tanto el factor ( $P$ ) como el ( $p$ ). Y vemos que sólo aparece en las plantas uno de los dos colores. En este caso, el púrpura, que es la característica dominante; mientras que la característica recesiva **blanco** no aparece.

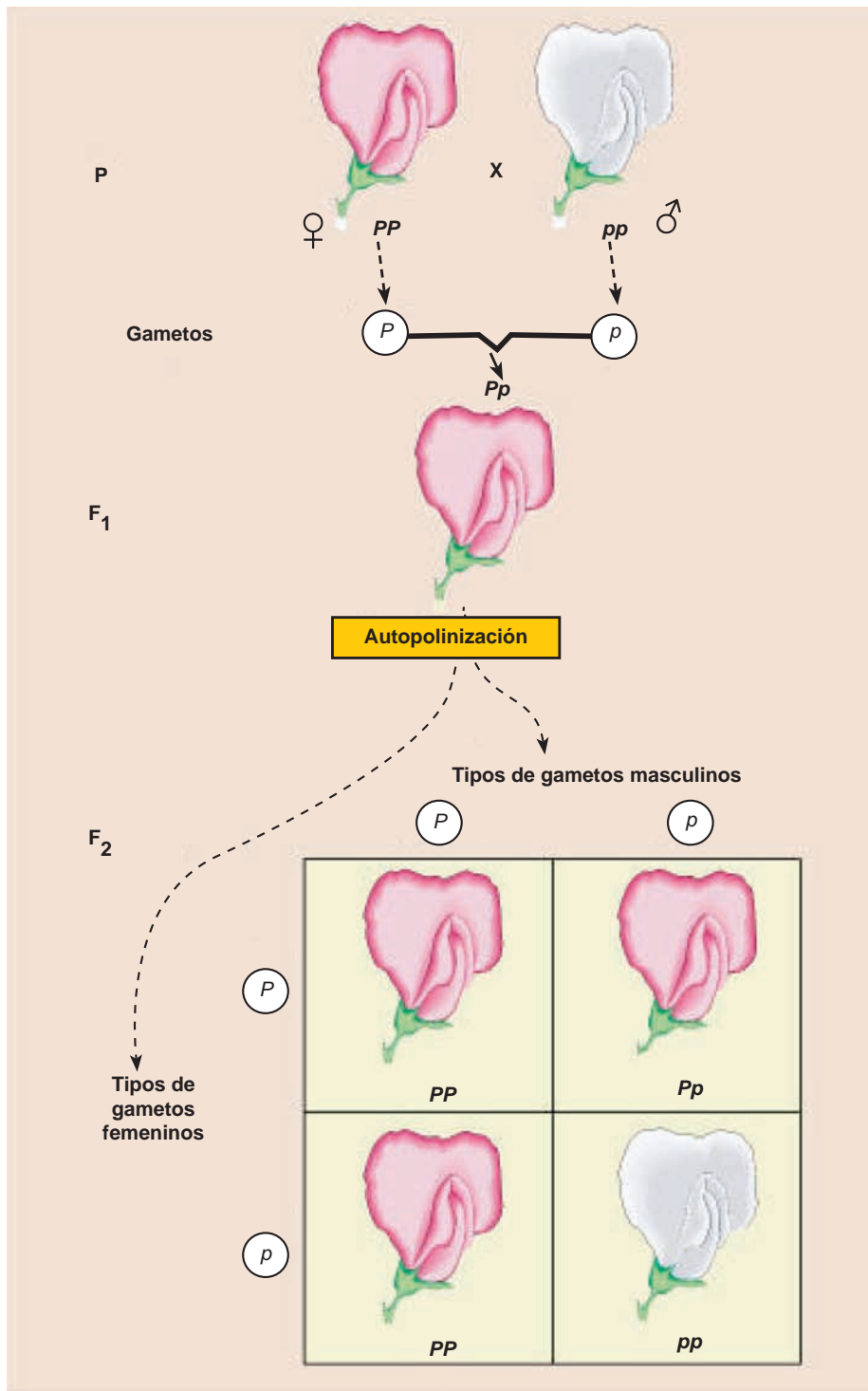


Si continuás realizando representaciones para el segundo experimento verás que algunas de las gametas masculinas tendrán el factor  $P$  y otras el  $p$ , de la misma manera que en las femeninas, y las combinaciones posibles serán...



Así, en el 25% de las plantas aparecerá la combinación (pp), que es la que les confiere a sus flores la coloración blanca.

En cambio, las combinaciones (PP) y (Pp), que representan el 75% del total, pertenecen a las púrpuras.





Después de tantos experimentos, y gracias a estos resultados, Mendel pudo enunciar su primera ley. La llamó Primera ley o Principio de Segregación, y dice así:

**Primera Ley o Principio de Segregación:** cada individuo lleva un par de factores para cada característica. Los miembros de ese par se segregan (se separan) durante la formación de las gametas.

## Un verdadero científico

La manera de trabajar de Mendel se asemeja mucho a la que forma de trabajar de los científicos en la actualidad. Mientras investigaba la herencia del color de las flores, se preocupó por mantener sin cambios otros factores para que, durante la experimentación, éstos no intervinieran en el resultado: así, por ejemplo, no alteró la cantidad de agua de riego ni el tipo de suelo ni la cantidad de sol que recibían las plantas.

## Gen:

Secuencia de ADN que constituye la unidad de herencia

## Alelo:

Dos o más formas alternativas de un gen.

## Homocigota:

Organismo diploide que posee dos copias de alelos idénticas para un rasgo dado.

## Las cosas por su nombre

Ahora sabemos que los factores hereditarios realmente existen, y se llaman **genes**.

Los genes son porciones de material genético presentes en los cromosomas que están dentro del núcleo de la célula eucariota.

En el caso de las flores, hay un gen que determinará su color; y las posibilidades de que sea de un color o del otro son dos: las determinadas por los factores P y p, es decir, la flor púrpura y la blanca, respectivamente.

La forma alternativa que puede adquirir un gen también tiene un nombre específico: se denomina **alelo**.

Como los alelos se disponen de a pares, las posibilidades de combinación son, en el caso de las flores, tres:

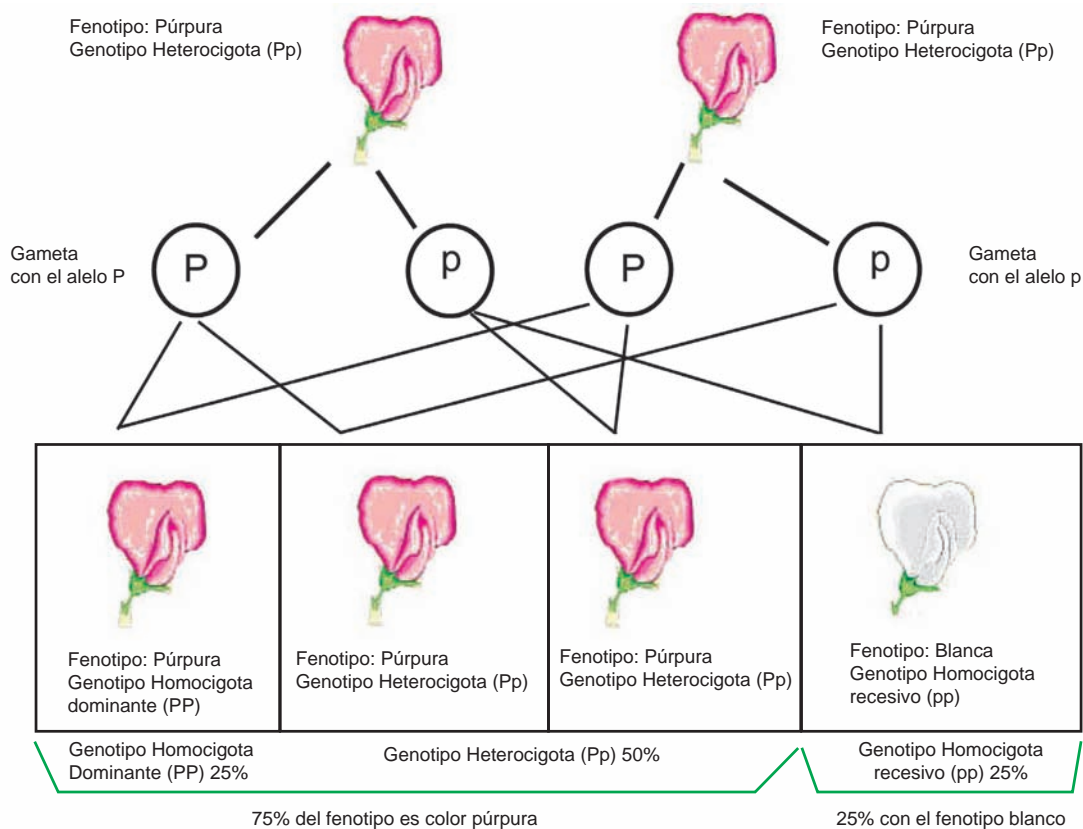
(PP), (Pp) y (pp).

Al organismo cuyos alelos son iguales entre sí lo denominaremos **homocigota**; por ejemplo, (PP) o (pp). Para diferenciarlos, llamaremos **homocigota dominante** al primero, porque posee ambos **alelos dominantes**, y **homocigota recesivo** al segundo, porque posee ambos alelos recesivos.

Cuando los alelos son distintos, es decir, cuando aparece uno dominante y uno recesivo, el individuo es **heterocigota**, en nuestro caso (Pp).

A cada una de estas combinaciones entre los alelos se las denomina **genotipo**. Así, podemos ver que el porcentaje del genotipo de la filial 2 del ejemplo anterior es un 25 % de la descendencia homocigota dominante, un 25 % homocigota recesivo y un 50% heterocigota.

El genotipo es el conjunto de genes heredados que contiene un organismo. En organismos diploides, la mitad de los genes se heredan del padre y la otra mitad, de la madre.



La apariencia externa y las características observables de un organismo forman el fenotipo. En nuestro caso, encontramos que el porcentaje de la filial 2 es de un 75% de plantas del fenotipo con flores púrpuras (tanto las correspondientes al genotipo PP como al Pp) y un 25% del fenotipo con flores blancas.

### Solamente son probabilidades

Cuando se habla de porcentajes, en realidad se habla de probabilidades, no de una exacta realidad. Si arrojamos diez veces una moneda al aire, lo más probable es que caiga cinco veces cara y en cinco oportunidades ceca, lo cual no quiere decir que los valores reales sean los esperados. Existe también la probabilidad de que las diez sean caras o tres caras y siete ceca. En el caso de las probabilidades genéticas sucede exactamente lo mismo. En algunas oportunidades el porcentaje real se acercara al esperado, y otras veces no. El azar juega aquí un rol importante.

Al decir que el porcentaje del fenotipo es de un 25% de flores blancas, en realidad estamos diciendo que existe un 25% de probabilidades de que las flores de la siguiente filial sean blancas. Y la realidad se puede o no ajustar a lo esperado. Se trata, simplemente, de probabilidades.

### Genotipo:

Contenido genético total de un individuo.

### Fenotipo:

Conjunto de rasgos de un organismo. Expresión del genotipo en un determinado ambiente.

## Otras características para estudiar

Además del color de las flores, Mendel estudió otros caracteres, como por ejemplo: la forma de la vaina, si era hinchada o redonda; su color, amarillo o verde; también, las variantes del largo del tallo, el alto y el enano; además del color y la forma del guisante o la posición de la flor en el tallo, etc.

Todas estas características respondían perfectamente al modelo estudiado por Mendel. Pero había otras, como la cantidad de vainas que genera una planta o el tamaño de la flor, que “se le escapaban”; es decir, no podía definir a qué respondían. Esto es así porque esas características responden a otros factores: el medio donde se cultiva la planta, la temperatura de la zona, la cantidad de agua que recibe, entre otros.

Asimismo, Mendel observó que existían caracteres que no se heredaban de la forma esperada. Esto no era porque su teoría estuviera mal formulada, sino que los mecanismos de la herencia suelen ser, a veces, mucho más complejos. De todas formas, fueron estos los descubrimientos que dieron el puntapié inicial para el desarrollo de la genética actual.



### Algunas actividades y problemas

- \* Explicá con tus palabras los conceptos de *genotipo* y *fenotipo*.
- \* Para medir los conocimientos aprendidos en la clase, intentá resolver los siguientes problemas:
  - 1) En la planta de guisante, el color de la vaina está determinado por dos alelos: el alelo verde (V) es dominante con respecto al amarillo (v). ¿Qué color tendrá la descendencia de las siguientes cruzas?  
 Homocigota dominante X - Homocigota recesivo  
 Homocigota dominante X - Heterocigota  
 Homocigota recesivo X - Heterocigota  
 Heterocigota X - Heterocigota  
 ¿Cuál es el porcentaje de individuos homocigota dominante, homocigota recesivo y heterocigota de cada una de las cruzas anteriores?  
 ¿Cómo deberán ser los progenitores para que la totalidad de la filial 1 sea de vaina amarilla?
  - 2) En las plantas de guisante, el tamaño del tallo está determinado por el alelo alto (A), que es dominante con respecto al alelo enano (a), el cual, obviamente, es recesivo. ¿Cuál será el porcentaje del genotipo y del fenotipo de la descendencia de las siguientes cruzas?  
 a) Planta de tallo alto - homocigota X - planta de tallo enano  
 b) Planta de tallo alto - heterocigota X - planta de tallo enano  
 c) Planta de tallo alto - heterocigota X - planta de tallo alto - heterocigota
  - 3) ¿Cómo deberán ser los progenitores para que la mitad de la filial 1 sea de tallo enano?
  - 4) El cuajo en la leche vacuna presenta dos alelos: el alelo que codifica para el buen cuajo es dominante, mientras que el que codifica el mal cuajo es recesivo.  
 ¿Cuál será el porcentaje genotípico y fenotípico de la descendencia de una pareja de vacunos en la cual el toro es homocigota recesivo y la vaca es de buen cuajo y heterocigota para este carácter?

## Un encuentro con Darwin

Uno de los principales problemas de Darwin para justificar la teoría de la evolución consistía en que no podía explicar cómo las características de los organismos se heredaban a su descendencia.

Por otro lado, y casi al mismo tiempo, Mendel descubría cómo las características heredables se transmiten pero, sin embargo, no sabía cuáles eran los motivos por los que algunas variedades eran exitosas y otras no.

¿Se imaginan lo que podría haber sucedido si estos dos científicos hubieran podido encontrarse? Pero esto nunca ocurrió.

Analicen en clase el siguiente párrafo. Para leerlo tengan en cuenta las ideas sobre evolución y sobre genética. Luego, saquen conclusiones.

### Los bichos comepúrpuras

Imaginemos qué sucedería si una especie de insectos comiera sólo las plantas con flores púrpura, pero no las de flores blancas. A estos animalitos imaginarios los llamaremos *bichos comepúrpuras*.

En un huerto de Inglaterra, Mister Silvano cultiva guisantes. Como cabría esperar, hay más guisantes de la variedad púrpura que de la blanca; pero, de repente, cae en el huerto una enorme plaga de los bichos comepúrpuras, que en poco tiempo devoran casi por completo a una de las variedades.

Al año siguiente, en el huerto nace una gran cantidad de plantas con flores blancas pero pocas con flores púrpuras. De todas formas, hay tantas que Mister Silvano está muy contento con la cosecha.

Pasa otro año más, y al huerto –cuyas flores, ahora, son casi todas blancas– regresan los comepúrpuras; y lo mismo al año siguiente. Pero esta vez, no encuentran nada qué comer.

Mister Silvano sigue cultivando guisantes, y ahora llama a su lugar el *huerto blanco*.

En determinado momento, llega una visita inesperada. Desde Europa central llega su hermano, Mister Santiago, que también es agricultor y que hace años que viene teniendo problemas con unos insectos, los *bichos comeblancos*. Los dos hablan durante mucho tiempo, se dan mutuos consejos sobre cómo cultivar, cómo plantar y cómo evitar las plagas. En determinado momento, Silvano le comenta a su hermano que no se preocupe por los malvados bichos, que al cabo de unos años no encontrarán ninguna flor blanca y no volverán más. Pero Santiago replica que esto no sucede de esa manera, que siempre nacen plantas con flores blancas; por más que un año, su huerto, por completo, se vuelva de color púrpura, en la siguiente generación nace alguna que otra flor blanca, y los *bichos comeblanco* vuelven al ataque.

### Preguntas:

¿Qué habría sucedido con el huerto de Mister Silvano si nunca hubieran existido los bichos comepúrpuras?



¿Que habría sucedido con el huerto de Mister Santiago si nunca hubieran existido los bichos comeblancos?

¿Por qué uno de los huertos tiene ahora sólo la variedad blanca y el otro no es totalmente púrpura?

Imaginemos que, al volver Santiago a su tierra, se encuentra con Mendel. ¿Cómo le explicaría él al agricultor el motivo por el cual siempre nace al menos alguna flor blanca en su huerto, por mucho que los comeblancos hayan eliminado todas las plantas blancas de la generación anterior?

Mister Silvano, por su parte, se encuentra con Darwin, y le pide que le explique el por qué su huerto es totalmente blanco. ¿Qué respuesta le daría el científico?

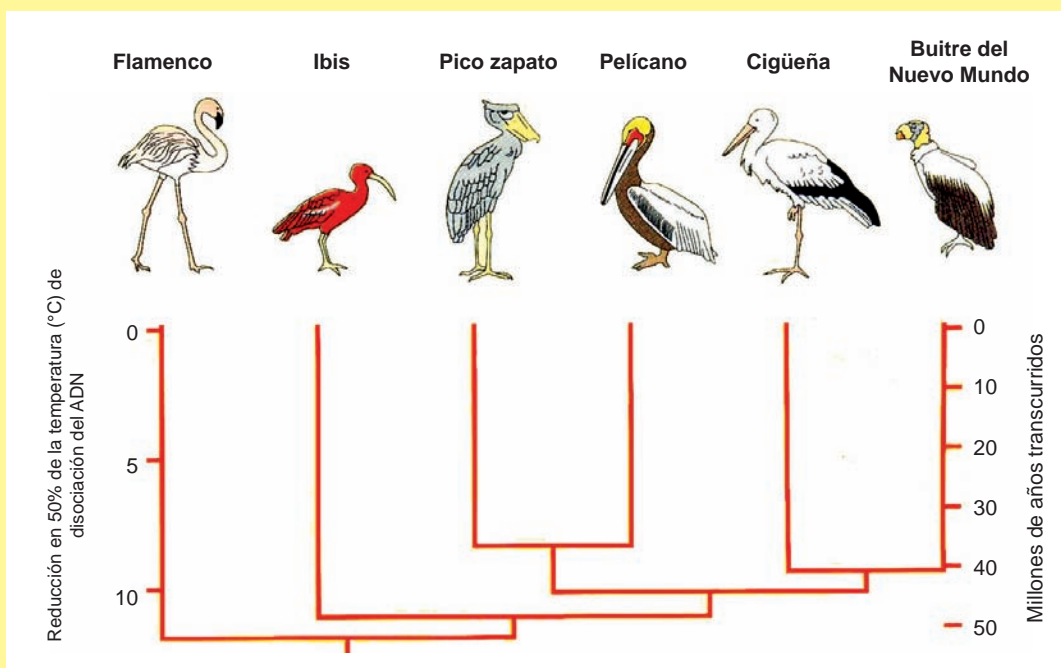
### Otro punto en común entre Mendel y Darwin

Cuando se origina una especie a partir de otra, es lógico pensar que comparten al menos una considerable cantidad de genes.

La genética, en la actualidad, brinda un aporte enorme para la investigación de las relaciones de parentescos entre distintas especies y sus posibles caminos evolutivos.

Una de las técnicas utilizadas se llama **hibridación del ADN**. Comparando la similitud entre los ADN de distintas especies se puede reconstruir su evolución.

En este gráfico vemos las relaciones evolutivas que existen entre el buitre americano, la cigüeña, el pelícano y otras aves.



Así, la genética no sólo no se contradice con la teoría de la evolución sino que la avala y le da un enorme apoyo.

## Las apariencias engañan

En los humanos, el color de los ojos está dado por una compleja combinación de genes, pero podemos simplificar esto diciendo que el alelo (N) se corresponde con el color de ojos oscuros y el alelo (n) con el color de ojos claros.

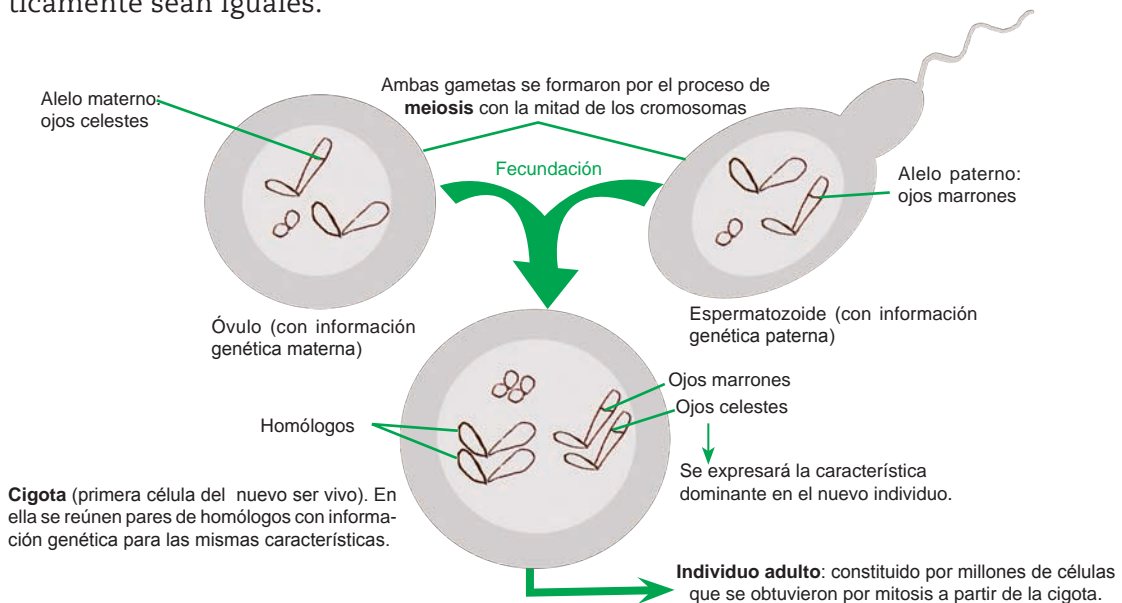
Una persona con el genotipo heterocigota (Nn) tendrá ojos oscuros, pero es portador del alelo (n). Esto significa que, aunque no posea ojos claros, tiene la información genética para tenerlos y puede transmitírsela a sus hijos.

Por eso analizamos al genotipo y al fenotipo por separado, aunque estén relacionados.

En este caso, tanto los genotipos homocigota dominante (NN), como el heterocigota (Nn) se corresponden con el fenotipo color de ojos oscuros. El genotipo homocigota (nn) está relacionado con el color de ojos claros (fenotipo).

Por lo tanto, una cosa es la apariencia, y otra es la información genética que posee un individuo para tener uno u otro aspecto. En general, suele decirse que el fenotipo es la expresión del genotipo, pero esta definición no está del todo correcta. ¿Por qué?

Imaginemos el caso de dos gemelos –que poseen la misma información genética– que son separados al nacer y criados por familias distintas. Uno de ellos es estimulado por sus padres para que realice todo tipo de deportes y lleve una vida sana. El otro crece en un hogar en el que no hay buenos hábitos alimenticios, y además, él está sentado todo el tiempo mirando televisión y jugando con la computadora. No hace falta pensar demasiado para darnos cuenta de que, seguramente, su aspecto al llegar a los veinte años será distinto al de su hermano; es decir, su fenotipo será distinto, aunque genéticamente sean iguales.



Las gametas poseen la mitad de los cromosomas, ya que se forman por el proceso de meiosis. En el momento de la fecundación, al fusionarse la masculina y la femenina, forman una nueva célula, la cigota, que tiene el número completo de cromosomas. Cada cromosoma materno encuentra su par en otro paterno que posee en su ADN información para las mismas características. El nuevo ser vivo se formará por sucesivas mitosis a partir de la cigota.

Como vemos, el fenotipo no depende solamente del genotipo, sino que también depende del ambiente. En ciertas especies de reptiles, por ejemplo, de la temperatura a la que se incuben los huevos depende que nazcan machos o hembras.

El fenotipo es, entonces, la suma de los caracteres observables de un individuo; y es, también, el resultado de la interacción entre el genotipo y el ambiente.

Otros ejemplos comunes son las hortensias: el color de sus flores depende por ejemplo, de las características del suelo donde se las cultiva; o los conejos de la variedad Himalaya: el color de su pelaje depende de la temperatura del ambiente en el que se crían.



### Algunas actividades para medir lo aprendido

- 1) En los humanos, el color de ojos está determinado por el alelo oscuro, que es dominante con respecto al alelo claro (recesivo) ¿Cual será el porcentaje genotípico y fenotípico de la descendencia de las siguientes parejas?:
  - a) Hombre de ojos oscuros homocigota y mujer de ojos claros.
  - b) Mujer de ojos oscuros homocigota y hombre de ojos claros.
  - c) Hombre de ojos oscuros heterocigota y mujer de ojos oscuros heterocigota.
  - d) Ambos de ojos claros.
- 2) Análisis de los resultados:
  - a) ¿El carácter dominante o recesivo del alelo depende del sexo de la persona?
  - b) ¿Pueden padres de ojos celestes tener un hijo con ojos negros? ¿Por qué?
  - c) ¿Pueden padres de ojos negros tener un hijo con ojos celestes? ¿Por qué?
- 3) ¿Cómo influye el ambiente en el fenotipo de los individuos?

### Caracteres heredables y no heredables

Características como el color del pelo, la forma del lóbulo de la oreja, el tamaño de la nariz y otras más en los humanos son heredables. Pasan de padres a hijos y a nietos; pero hay otras características que no se heredan. Por ejemplo, si un hombre de contextura física delgada se ejercita con pesas durante varios años, logrará seguramente un apreciable desarrollo muscular, si él tiene un hijo con una mujer que también levanta pesas hace mucho tiempo pero cuya contextura física original era delgada, el hijo que tengan no será musculoso.

Como señalamos en el capítulo 3, las características que se adquieren no se heredan.

Otras características tienen una predisposición genética pero no están determinadas. Si una persona tiene tendencia a la obesidad pero durante toda su vida mantiene una dieta sana y practica deportes, seguramente nunca desarrollará esta enfermedad.

## Una mirada sobre nosotros mismos

Las características génicas también están relacionadas con distintos desequilibrios. Por ejemplo, la fibrosis quística es una enfermedad que produce la acumulación de una mucosidad espesa y pegajosa en distintos sistemas. Entre ellos, el sistema respiratorio y el digestivo. El responsable de esta enfermedad es un alelo recesivo: así, sólo padecen la enfermedad aquellas personas que poseen el genotipo homocigota recesivo para este gen.

En otros casos, es el alelo dominante el que porta la enfermedad, como sucede en el caso del enanismo acondroplásico. Así, tanto el homocigota dominante como el heterocigota determinan tanto piernas como brazos cortos, aunque el desarrollo del tronco y la cabeza suele ser normal.

Otras enfermedades hereditarias son la fenilcetonuria, el albinismo, la anemia falciforme, la hemofilia, la enfermedad de Tay-Sachs, el daltonismo, la hemofilia, etc.

### Te proponemos:

Investigá sobre algunas de estas enfermedades, sus síntomas y sus tratamientos, si es que existen.

### Antes de seguir...



Armá una lista de características humanas heredables y una de no heredables.

Si la persona del ejemplo anterior tiene hijos, ¿podría heredarle la tendencia a la obesidad aunque él sea delgado?

La presión ambiental que determina la evolución, ¿actúa sobre el genotipo o sobre el fenotipo?

### Algunos problemas...



- 1) ¿Existe la posibilidad de que algunas de las siguientes parejas tengan un hijo con fibrosis quística? Utilizá la letra (F) para el alelo sano y (f) para el alelo de la enfermedad
  - a) Hombre sano homocigota y mujer sana heterocigota
  - b) Mujer sana heterocigota y hombre sano heterocigota
- 2) El enanismo está determinado por el alelo dominante (E), su recesivo (e) es el responsable de la altura normal.
 

¿Puede nacer un hijo de estatura normal si ambos progenitores son enanos?

¿Puede nacer un hijo enano si ambos progenitores son de estatura normal?

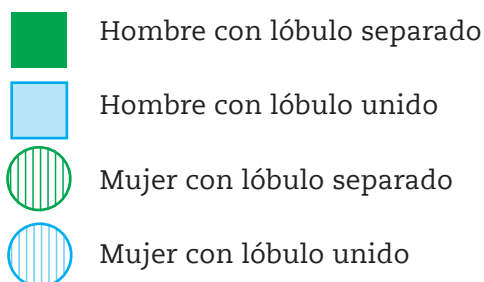
En caso afirmativo, indicá qué porcentaje de probabilidades hay.



El lóbulo de la oreja separado (L) de los humanos es una característica dominante. El alelo recesivo (l) da el lóbulo unido.

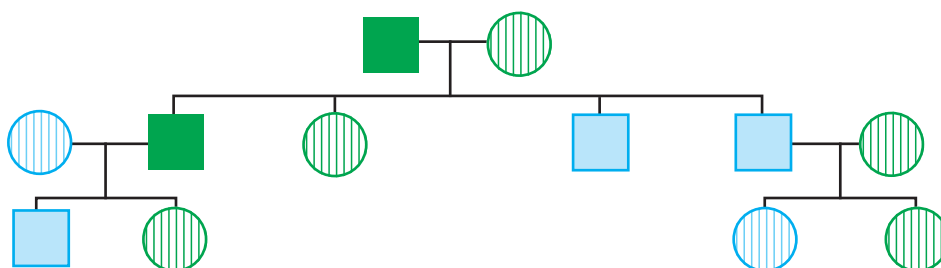
En el siguiente esquema se simboliza con verde al individuo con lóbulo separado y con celeste al de lóbulo unido.

Los masculinos se simbolizan con un cuadrado y los círculos corresponden a las mujeres.

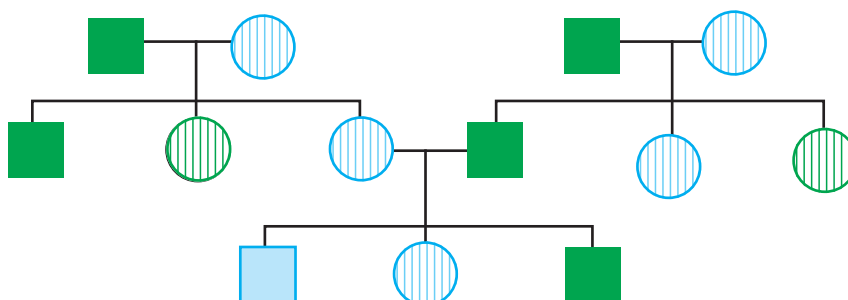


La siguiente familia está constituida por una pareja que tiene tres hijos varones y una mujer. Ambos integrantes de la pareja tienen el lóbulo de la oreja separado. Dos de los hijos varones están en pareja y tienen, a su vez, dos hijos cada uno.

¿Podrías deducir el genotipo de todos los integrantes de la familia?



En esta familia se estudia también el lóbulo de la oreja. ¿Cuál es el genotipo de todos los integrantes de ella?



Investigá la forma de las orejas de tus abuelos, tíos, primos, etc y armá un esquema como los anteriores. Luego, si podés, calculá los genotipos.

## Mendel II. El regreso del monje

Como ya hemos señalado, Mendel realizó experimentos con varias características, y estos le permitieron formular su primera ley.

Pero ¿qué sucede si se estudian dos características al mismo tiempo?

El monje se preguntó lo mismo y, como era de esperar, lo experimentó:

Las características elegidas fueron el color de la semilla, con las variables amarilla y verde y su textura, lisa (también llamada redonda) y rugosa.

Las combinaciones posibles son las siguientes:



Con respecto a la textura, la variedad lisa estaba determinada por el alelo dominante (L) mientras que su recesivo (l) daba las semillas rugosas o también llamadas arrugadas.

Sucedía algo muy similar con el color del alelo. El amarillo era el dominante (A) mientras que su recesivo era el verde (a).

Siguiendo la lógica de su forma de experimentar, Mendel tomó anteras de una planta homocigota dominante tanto para el color (AA) como para la textura (LL), y roció los granos de polen sobre una homocigota recesiva para ambos caracteres (aa) y (ll).

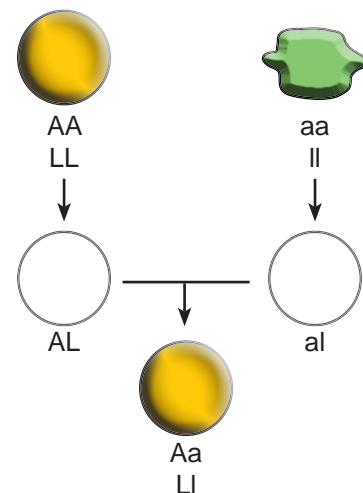
El resultado fue que el 100% de las plantas de la filial 1 daban semillas amarillas lisas.

Esto no contradecía en nada lo esperado; pero la sorpresa apareció cuando se realizó la autopolinización de la filial 1.

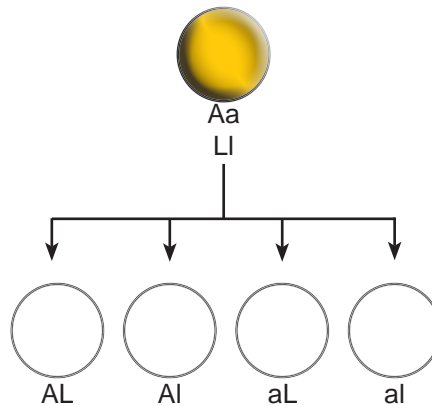
En esta segunda etapa, la filial 2 dio un resultado no esperado. Sobre un total de dieciséis plantas, nueve de ellas tenían semillas amarillas lisas; las de otras tres eran amarillas rugosas; las de otras tres, verdes lisas; y la de una sola, verde rugosa. ¿Cómo podría explicarse esto?

Para buscar la respuesta es necesario tener en cuenta que las características de textura y color se separan independientemente una de la otra.

Así, una de las plantas de la generación parental (AALL), daba gametas con sólo un alelo por característica (AL) y la otra (aall) producía gametas (al). De esta forma, toda la filial 1 tendría el genotipo heterocigota para ambas características.



Al formarse las gametas se generan las siguientes combinaciones de alelos:



Ahora podemos ver que cada uno de los sexos puede formar cuatro gametas distintas, que se combinan de la siguiente manera para formar la filial 2:

Tipos de gametos masculinos

	$LA$	$La$	$IA$	$la$
$LA$	$LLAA$	$LLAa$	$LIAA$	$LIaA$
$La$	$LLAa$	$LLaa$	$LIAa$	$Llaa$
$IA$	$LIAA$	$LIaA$	$IIAA$	$IIaA$
$la$	$LIaA$	$Llaa$	$IIAa$	$Ilaa$

Tipos de gametos femeninos

La observación de la Filial 2 nos permite dar cuenta de los siguientes resultados: de 16 plantas, nueve tienen semillas amarillas lisas; tres, amarillas rugosas; tres, verdes lisas; y una, verde rugosa.

De esto podemos deducir que los alelos pertenecientes a las distintas características se separan en forma independiente unos de otros.

Así, Mendel pudo formular su segunda ley, a la que denominó Principio de distribución independiente.

**Segunda ley o Principio de distribución independiente:**

Cuando se forman las gametas, los alelos del gen para una característica dada se segregan independientemente de los alelos del gen para otra característica.

En este caso, los alelos correspondientes a la textura se separan de los alelos del color de la semilla en forma totalmente independiente unos de otros.

**Más y más problemas**

Un estudiante quiere repetir los experimentos aprendidos en clase. Busca por los viveros de su barrio y compra dos plantas de guisantes; una con tallo alto y flores púrpuras y la otra con tallo enano y flores blancas. Las cruza de acuerdo con las instrucciones que hemos dado anteriormente y obtiene el 100% de la filial 1 igual a la primera de las progenitoras.

¿Qué genotipo tienen las plantas que compró?

¿Cuántas plantas con flores blancas puede esperar ver en la filial 2, en el caso de que una de las de la filial 1 se autofecunde? ¿Cuántas de ellas serían de tallo enano?

¿Es posible que aparezca una planta con tallo enano y flor blanca en la filial 2?

**Un poco de historia**

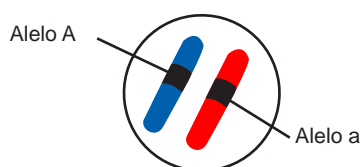
En los inicios del siglo xx, dos científicos, Sutton y Boveri, observaron una relación entre los cromosomas y la herencia. Ellos propusieron que las partículas hereditarias se hallan en los **cromosomas**. Este simple planteo que apoyaba los estudios de Mendel, les daba una localización a los alelos. Más tarde, otro científico de apellido Morgan descubrió que el material hereditario de los seres vivos está formado exclusivamente por **ADN**, y ésta es la molécula que forma mayoritariamente a los cromosomas. Desde entonces se denomina **gen** a una porción más o menos larga de ADN que contiene la información para formar una proteína responsable de un carácter. Por ejemplo, la proteína que les da a las flores el color púrpura.

Hasta ese entonces, para los genetistas, un gen era algo abstracto; mientras que para los biólogos celulares, un cromosoma era un cuerpo ubicado dentro del núcleo de la célula eucariota, aunque ni unos ni otros llegaban a conocer de manera exacta cuáles eran las funciones que cumplían. Al unir ambos conceptos, hoy sabemos que los genes se localizan en los cromosomas (los humanos tenemos 46 de ellos).

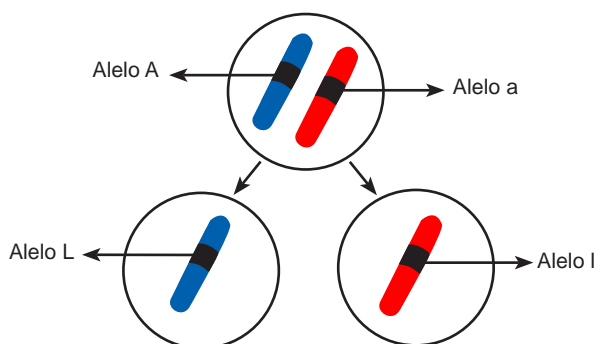
Estos cromosomas se disponen de a pares (23 pares en nosotros, los seres humanos). Los que forman el mismo par se denominan cromosomas homólogos.

En el caso de las semillas del guisante, mientras en uno de los cromosomas está presente el alelo (A) para el color amarillo, en su homólogo se puede encontrar el alelo (a), que da origen así al organismo heterocigota.

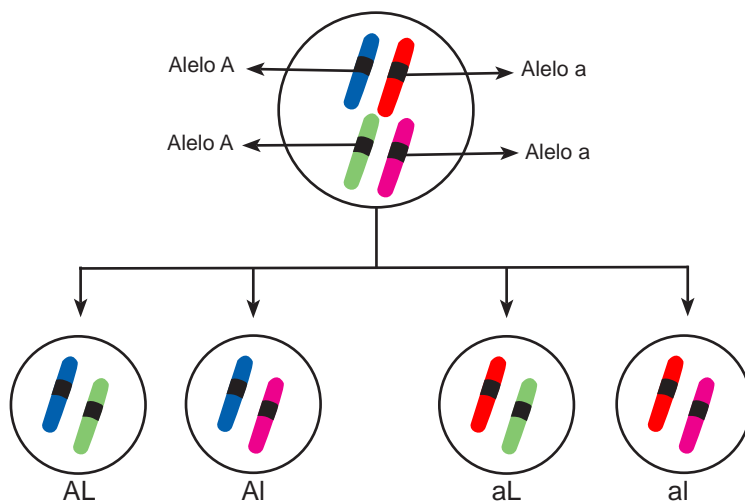




En la figura podemos ver que en el cromosoma marcado con el color azul se encuentra el alelo (A) y en su homólogo rojo el alelo (a). Podemos pensar a los cromosomas como los vehículos que “llevan” a los alelos. Así, al formarse las gametas, los homólogos se separan, y se segregan también los alelos.



Si se estudia más de una característica, y de acuerdo con la segunda ley, evidentemente, los alelos se encuentran en distinto par de cromosomas; por lo tanto se separan independientemente. Se forman así las cuatro combinaciones posibles vistas anteriormente:



Podemos decir que la genética actual comenzó con los estudios de Mendel. Posteriormente se fueron sumando los aportes de más científicos, que agregaron nuevos conocimientos o aportaron evidencias para otros. En este momento, las investigaciones intentan seguir avanzando en función del desarrollo de esta ciencia. Las aplicaciones de la genética son innumerables: en medicina, para el tratamiento de enfermedades hereditarias; en agronomía, cuando se modifican los cultivos para que puedan crecer en distintos climas; en farmacología, cuando se crean bacterias que tienen la capacidad de producir distintos componentes, etc.

La ciencia no puede avanzar si no es en forma colectiva. Su construcción depende, tal como lo señalamos en el primer capítulo, del aporte de los investigadores de cada una de sus ramas.

### ¿Cómo se forman las gametas?

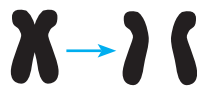
La meiosis es un tipo especial de división celular en la cual una célula diploide origina cuatro células hijas haploides distintas entre sí, y distintas también de la célula madre.

Durante el periodo anterior a la mitosis, las células duplican su ADN. Los cromosomas, en este momento adoptan una forma similar a la de una X:



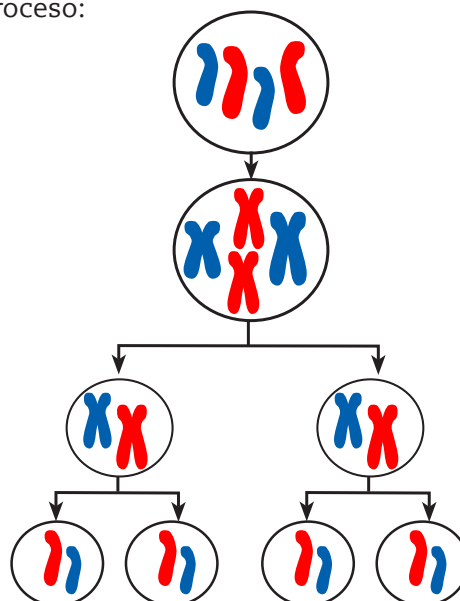
luego de esto, la célula madre se separa en dos, y quedan entonces los cromosomas homólogos separados en células hijas distintas.

Cada uno de los cromosomas se separa en sus dos mitades, para que se produzca una nueva división de cada una de las células.



En los humanos, como ya vimos, la cantidad de cromosomas por célula es de 46 (diploide). Al finalizar la meiosis, cada una de las cuatro células que se formen, tendrá 23 cromosomas (haploide). Estas son las gametas. El óvulo y el espermatozoide se forman de esta manera.

El siguiente gráfico ilustra el proceso:



Como vimos en el capítulo anterior, la reproducción sexual en los humanos requiere de dos progenitores. Uno aportará los espermatozoides con sus 23 cromosomas (cada uno de ellos sin su homólogo, y llevando los genes correspondientes). El otro, al óvulo, también con 23.

Al producirse la fecundación, las dotaciones cromosómicas de ambos progenitores se reúnen y forman una nueva identidad genética; cada cromosoma tendrá ahora su homólogo, procedente de un progenitor distinto.

Así, cada una de nuestras células tiene 23 cromosomas heredados de la madre y 23 del padre.

Si al estudiar la segunda ley de Mendel descubrimos que sólo para dos características encontrábamos 16 combinaciones posibles, ¿cuántas posibles variedades encontraríamos para los miles de características que tenemos? La respuesta estaría cerca del infinito. Por esto es que la meiosis y la fecundación generan una infinidad de organismos, todos distintos. Esta es una de las causas de la variabilidad de la que hablaba Darwin. Este es el motivo por el cual las especies de reproducción sexual son tan exitosas en la naturaleza.

## Los genes van a terapia

La medicina ha proporcionado enormes adelantos en la cura de las distintas enfermedades en los últimos años pero ¿cómo curar una enfermedad genética?

Cuando un gen funciona “correctamente” elabora una proteína que termina por generar alguna característica, como por ejemplo el color de ojos, o el correcto funcionamiento de un órgano. Pero en el caso de que este gen cambie y la proteína que se elabore no sea la correcta o directamente no exista, se pueden provocar ciertas enfermedades de origen genético, o hereditarias, como el enanismo o la fibrosis quística que ya mencionamos.

Cuando un gen “defectuoso” es el responsable de la enfermedad, bastaría cambiarlo por un gen que funcione correctamente para que la enfermedad desaparezca, pero recordemos que los genes están ubicados dentro del núcleo de nuestras células. ¿Cómo hacer para reemplazarlo?

Para insertar un gen “normal” se utiliza un portador conocido como **vector**, que generalmente es un virus alterado genéticamente. Así, el virus incorpora un nuevo gen a las células. A este mecanismo se lo denomina **terapia génica**.

Actualmente hay dos formas de aplicar esta terapia génica a veces las células se modifican fuera del cuerpo y después se trasplantan otra vez (*ex vivo*). En otros casos, los genes se modifican directamente en las células del cuerpo (*in vivo*).

## Un mapa de nosotros mismos

Si quisiéramos buscar un tesoro en una isla, donde existen miles de lugares posibles para esconderlo, nos sería de mucha utilidad un mapa que nos guiara hasta él.

De igual forma, si quisiéramos encontrar un gen específico entre los varios miles de genes que poseemos, necesitaríamos un mapa.

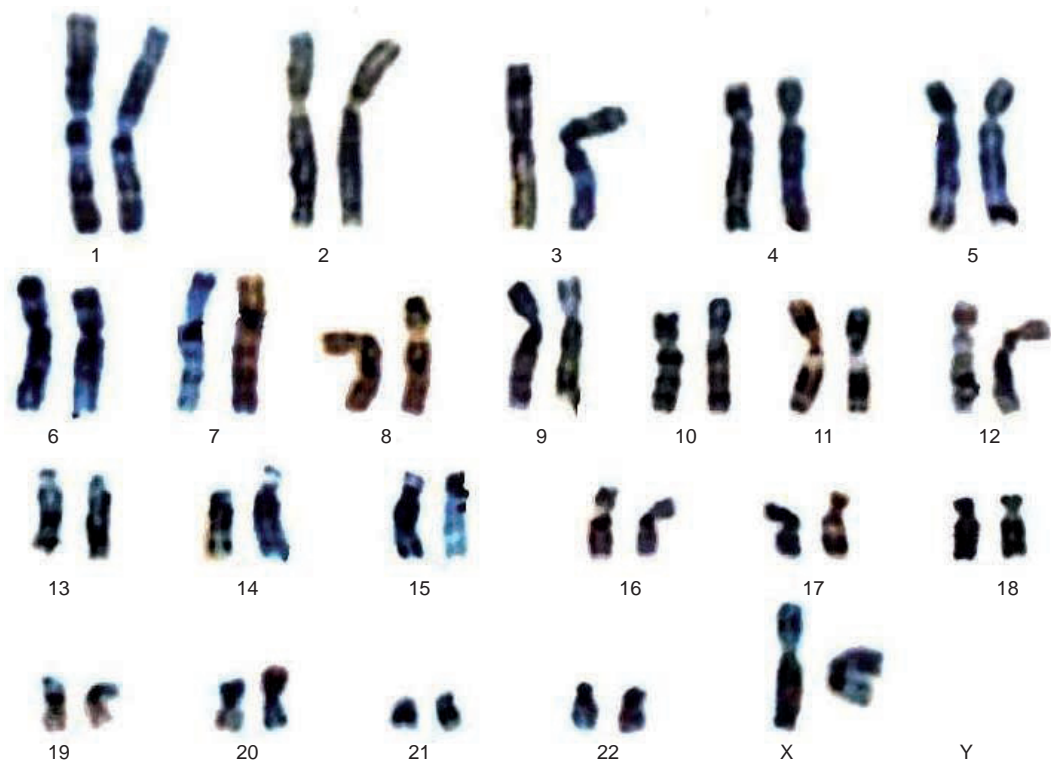
De la necesidad de conocer los distintos genes y sus posiciones específicas nace el proyecto **genoma humano**.

De esta manera, tenemos las instrucciones, una especie de manual de nosotros mismos; y podemos prever algunas enfermedades hereditarias, conocer las probabilidades genéticas de nuestros futuros hijos y, en el supuesto caso de saber a qué edad podrá despertar en nosotros una enfermedad determinada, realizar acciones preventivas con mucha anterioridad para evitarla.

Por otra parte, este proyecto nos presenta ciertos dilemas morales complejos, como por ejemplo:

- Una mujer embarazada sabe que el hijo que está por nacer sólo vivirá unos pocos meses.
- Un hombre de treinta años descubre que se le despertará una enfermedad genética mortal e incurable a los cuarenta años.
- El dueño de una fábrica decide darle trabajo sólo a personas que no porten ningún gen para enfermedades hereditarias.

¿Que opinión te merece cada uno de estos casos? ¿Qué decisiones tomarías vos?



Mapa genético o cariograma



### Desde Mendel hasta Watson y Crick

Desde los descubrimientos de Mendel ya se conocía que existía la información genética, y luego se supo que ésta se encontraba en los cromosomas. Pero parecía poco probable que en esos cuerpos tan pequeños pudiera existir tanta información.

Distintos científicos, desde las primeras décadas del siglo XX, analizan la composición química de los cromosomas y descubren que mayoritariamente estaba constituido por una molécula, a la que llamaron ácido desoxirribonucleico, más conocida por sus siglas, ADN.

Estudios posteriores encontraron que este ADN era extremadamente largo y que, a su vez, estaba formado por moléculas como el fosfato, azúcares y bases nitrogenadas.

Lo único que quedaba por descubrir era su forma.

Muchos científicos trabajaron para descubrir su estructura y aportaron distintos datos: entre ellos, Pauling, Wilkins, Franklin y Chargaff.

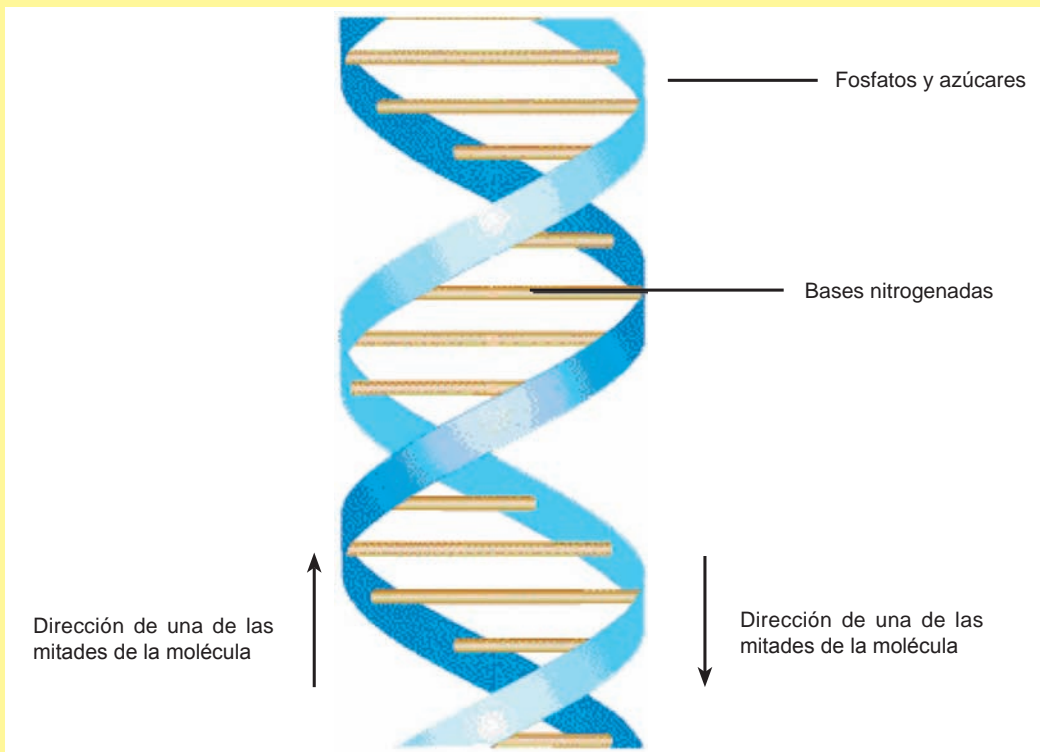
En los inicios de la década de 1950, en Inglaterra, se reunieron dos científicos, James Watson y Francis Crick. Ambos estaban interesados también por el ADN.

Ellos analizaron todos los datos obtenidos hasta ese momento por todos los investigadores y propusieron una curiosa estructura.

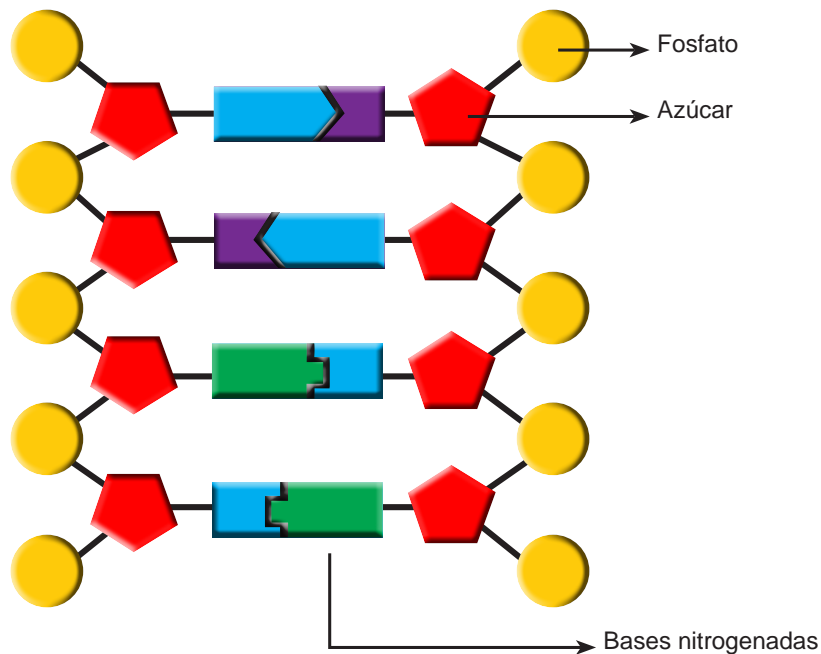
La cadena de ADN, según ellos, era de forma helicoidal, algo así como un tirabuzón, y era doble, lo cual la asemeja a una escalera caracol: las bases nitrogenadas son similares a los peldaños, y los fosfatos y los azúcares, a la baranda.

También postularon que las dos partes que la constituían eran complementarias, se acoplaban una con otra como si fueran piezas de un rompecabezas; y, mientras una de las mitades se disponía en una dirección, la otra se disponía en la dirección contraria, antiparalelas.

La estructura de la molécula sería así...



Si analizamos el modelo con más detalle...



### Problemas

- 1) Aristóbulo y Teresa, ambos de ojos oscuros, tienen una nena de ojos claros. Calculá todos los genotipos posibles de la familia.
- 2) El lóbulo de la oreja separado (en los humanos) está determinado por el alelo dominante (S) y el lóbulo unido por su recesivo (s). ¿Cómo serán el papá y la mamá de una familia en la cual tres hermanos tienen el lóbulo unido y tres lo tienen separado?
- 3) La fibrosis quística trae aparejada, muchas veces, como consecuencia, la esterilidad. ¿Cómo explicarías por qué este alelo es tan poco común en la población? ¿Cómo lo relacionarías con las ideas de Darwin?

Analicen las afirmaciones y determinen si son verdaderas o falsas. Fundamenten en todos los casos:

- a) Dos genotipos diferentes pueden determinar un mismo fenotipo.
- b) La característica recesiva se puede manifestar en los genotipos heterocigota y homocigota recesivo ya que en ambos está presente al menos un alelo recesivo.
- c) El fenotipo es, exclusivamente, resultado del genotipo, ya que el ambiente nunca condiciona la manifestación de los genes.



### Actividades integradoras

- 1) Lean la siguiente frase y repasen el capítulo sobre evolución. Fundamenten lo que expresa a partir de lo que acaban de aprender sobre genética.

“El descubrimiento de los principios de la selección natural hizo comprensible la evolución; junto con los hallazgos de la genética moderna, ha vuelto insostenible cualquier otro modelo de evolución”. Huxley, 1953.

- 2) Si Darwin y Mendel se hubiesen conocido...  
... habrían descubierto que sus ideas eran absolutamente complementarias.

“... Tras cuarenta años de olvido (aunque corren inquietantes rumores de que un ejemplar del artículo original de Mendel durmió en el estudio de Darwin durante veinte años), el trabajo de Mendel fue redescubierto en 1900 y su importancia se hizo evidente (...) en el debate en torno al origen de las especies”.

Brian Leith; *El legado de Darwin*, Biblioteca Científica Salvat, Barcelona, 1986.

Simulen un encuentro entre ambos personajes, en el cual dialoguen e intercambien comentarios sobre sus hipótesis y metodologías de trabajo. No olviden incluir los pormenores sobre la repercusión social, en especial de las ideas darwinianas.

Si se animan, pueden dramatizar ese encuentro caracterizando a ambos científicos con vestimentas de época y representarlo en el aula.

- 3) Lean los siguientes artículos periodísticos

Diario *Clarín* [Sociedad], martes 6 de abril de 2004.

#### BUSCAN UN TRATAMIENTO CONTRA LA OBESIDAD

##### **Descubren cómo una hormona regula las ganas de comer**

Se llama leptina y puede modificar áreas del cerebro que controlan el apetito. Actúa en un período temprano de la vida e influye en cuánto se comerá de adulto. En EE.UU. ya hicieron pruebas en ratones.

Hace 10 años, Jeffrey Friedman y otros científicos de los Estados Unidos descubrieron a la hormona leptina, involucrada en el control del apetito, y generaron una gran esperanza para frenar la epidemia mundial de la obesidad. Hasta ahora, los investigadores no han dado con un tratamiento específico para usar esa hormona, pero sí están descubriendo qué hace.

El grupo de Friedman, que es investigador del Instituto Médico Howard Hughes, y, por separado, el de Richard Simerly y Sebastian Bouret, del Centro de Investigación de Primates de Oregón, hallaron ahora que la hormona puede modificar los circuitos del área del cerebro que controla las ganas de comer: “trabaja” durante los primeros años de vida e influye en cuánto se come en la vida adulta.

La leptina es la hormona que le “dice” al cerebro cuándo el cuerpo ya ingirió comida suficiente. Aunque los científicos saben que no es el único componente involucrado en la disputa entre el apetito y la saciedad.

La hormona estudiada es producida por el tejido adiposo y secretada a la circulación sanguínea, donde viaja al cerebro y a otros tejidos. Causa la pérdida de grasa y reduce el apetito...

... La idea es llegar a desarrollar algún tratamiento con leptina para combatir la obesidad. Aunque los científicos reconocen que las cosas no son tan simples. Si bien el 30 por ciento de los casos de obesidad dependen de cierta predisposición genética, la epidemia se explica —entre otros motivos— por el crecimiento del consumo en exceso de grasas y azúcar y la falta de actividad física.

## Actividades integradoras



Diario *Clarín* [Suplemento Zona], domingo 21 de septiembre de 2003.

MARCELO RUBINSTEIN: EXPERTO EN GENÉTICA MOLECULAR

**“La causa de la obesidad no es genética sino ambiental”**

Todas las especies mantienen desde su origen los mismos mecanismos que regulan el hambre y la saciedad. Pero son los cambios culturales y de contexto los que están disparando esta epidemia mundial de obesidad.

... Respecto de la obesidad, somos testigos de una epidemia tremenda. Y no existen las epidemias genéticas. O sea, no es que de pronto nos invadieron con mutágenos, tenemos todos nuestros genes mutados y estamos reflejando que no podemos combatir excesos de calorías. Muy por el contrario, la estabilidad genética es enorme y está mantenida por millones de años de evolución en vertebrados. Desde los peces hasta nosotros, tenemos más o menos los mismos mecanismos de control del hambre y de la saciedad. La genética cumplió un papel fundamental para entender cómo funciona este mecanismo. Pero la causa de la obesidad no es genética sino totalmente ambiental. De hecho, son muy pocos los individuos que portan mutaciones por las cuales tienen desregulado su apetito y son obesos. En general, son factores multigénicos, que pueden llegar a producir una predisposición a tener mayor o menor toma de alimentos. La genética sí está vinculada a esto, y hay que verlo desde una perspectiva evolutiva también.

**¿En qué sentido?**

Los vertebrados, y en particular los mamíferos, evolucionaron perfeccionando un sistema capaz de retener energía en forma de lípidos (grasa). Esto fue muy importante porque, en períodos de grandes hambrunas o travesías por sequías —cuando había que gastar mucha energía interna para trasladarse miles de kilómetros de distancia en busca de regiones que ofrecieran mayor alimento o menores peligros— sobrevivían aquellos que tenían mejores condiciones físicas y más probabilidades de acumular la energía que había sido ingerida tiempo atrás. Imaginémonos la travesía de una tribu que tenía que migrar de una zona en donde no había agua. Pensemos que hay cierta variedad genética en esa población y que hay mujeres que están llevando crías que están amamantando. ¿Cómo produce la leche la madre en ausencia de alimentos? Consumiendo sus propios depósitos grasos. Aquella madre que tenía una genética más apta para retener esos depósitos —la energía comida anteriormente y que podía ser utilizada a posteriori— pudo mantener a su cría viva, y por supuesto, sus genes se mantienen a partir de su descendencia...

- 1) Discutí con tus compañeros sobre el siguiente interrogante:  
¿La obesidad es una enfermedad genética o adquirida?
- 2) Nombrá al menos dos razones que fundamenten tu respuesta.
- 3) Si es genética, ¿tiene cura? ¿Cuál?
- 4) Si es una enfermedad ambiental, producto de la sociedad donde vivimos, ¿tiene cura? ¿Cuál?
- 5) Buscá en ambos artículos ideas en común.

**Investigación**

¿Qué características genéticas se heredan en tu familia?

Arma un árbol genealógico e indicá en él quién tiene y quién no tiene estas características.

¿Cómo podrías hacer para saber si dichas características son dominantes o recesivas?



**PARA SEGUIR LEYENDO... Divulgación científica**

Alzogaray, R.; *Una tumba para los Romanov... y otras historias con ADN*, Buenos Aires, Siglo XXI/Universidad de Quilmes, [Ciencia que ladra].

Estas historias se relacionan con las aplicaciones concretas del conocimiento que hoy se tiene del ADN en cuestiones como criminalística, antropología etc...

Watson, J.; *La doble hélice*, Barcelona, Biblioteca científica Salvat, 1987. Este libro narra los pormenores del descubrimiento del ADN relatados por uno de los científicos que participaron en este hallazgo. Muestra la cotidianeidad, los tropiezos y las metodologías utilizadas y la contribución de otros científicos a las investigaciones.

## BIBLIOGRAFÍA

- Aljanati, D y otros; *Los caminos de la evolución*, Buenos Aires, Colihue, 1996.
- Asimov, I.; *Cronología de los descubrimientos*, Colombia, Ariel [Ciencia], 1992.
- Barnes, Robert D.; *Zoología de los invertebrados*, México, Interamericana, 1977.
- Campbell, B., *Ecología humana*, Biblioteca Científica Salvat, Barcelona, 1985.
- Campbell, Neil; Reece, Jane; *Biología*, Buenos Aires, Panamericana, 2007.
- Cervino, C.; *La vida: origen y diversidad. La evolución de los seres vivos*, Buenos Aires, UBA, Oficina de publicaciones del CBC, 1995.
- Clarín, 27 de marzo, 2005. "Frenar la ciencia es imposible, pero hay que dotarla de ética".
- Cousteau, Jacques; *Mundo submarino* [Varios tomos], Madrid, Urbión, 1979.
- Curtis, Helena; Barnes, N. Sue; *Biología*, Buenos Aires, Panamericana, 1993.
- D'Aquino, M.; Barrón, V.; *Proyectos y metodologías de la investigación*, Buenos Aires, Maipue, 2007.
- Daleffe, L. y otros; *Biología e introducción a la Biología Celular*, Cuadernillo 1. "Visión general de los fenómenos biológicos". CCC [Educando], Buenos Aires [s/f].
- Darwin, Charles; *El origen de las especies*, Buenos Aires, Albatros, 1997.
- Darwin, Charles; *Un naturalista en el Plata, extracto de la edición original de Viaje de un naturalista alrededor del mundo*, Buenos Aires, CEAL, 1978.
- De Robertis, Eduardo (h.); Hib, José; Ponzio, Roberto; *Biología celular y molecular*, Buenos Aires, El Ateneo, 2007.
- Educyt, boletín electrónico de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la UBA, n° 176, 3/12/2001.
- Gianello, A.; *La ciencia. El estudio de la ciencia. Ficha didáctica de Introducción al pensamiento científico*, Buenos Aires, 2006.
- Grassé, Pierre; *Zoología*, Barcelona, Toray-Masson, 1980.
- Hoagland, M.; *Las raíces de la vida*, Barcelona, Salvat [Biblioteca científica Salvat], 1985.
- Leakey, R.; *El origen de las especies*, Barcelona, del Serbal, 1983.
- Leith, B.; *El legado de Darwin*, Barcelona, Salvat [Biblioteca Científica Salvat], 1986.
- Lodieu, M. T.; *Objeto y método*, Buenos Aires, Eudeba, Universidad de Buenos Aires, 2000.
- Oparin; Alexander; *El origen de la vida* [s/d], 1924.
- Pelt, J. M.; *Las plantas*, Barcelona, Biblioteca científica Salvat, 1985.
- Pianka, E.; *Ecología evolutiva*, Barcelona, Omega, 1982.
- Purves, W. y otros; *Vida: la ciencia de la biología*, Madrid, Panamericana, 2005.
- Red Federal de Formación Docente Continua Ministerio de Cultura y Educación de la Nación, Cuaderno de biología 3. Membrana celular y transporte, Buenos Aires, Eudeba, 1998.

- Rodríguez de la Fuente, F.; *Enciclopedia Salvat de la fauna* [Varios tomos], Barcelona, Salvat, 1986.
- Rodríguez, M. C. y otros; *Contaminación y ambiente. De eso no se habla...* Aula Taller, Buenos Aires, 2005.
- Rosenberg, D. y otros; *Biología: el origen de la vida*. Prociencia Conicet. Ministerio de Cultura y Educación de la Nación. 1997. Buenos Aires.
- Rossi, M. S.; Levin, L.; *Qué es y qué no es la evolución*. El círculo de Darwin, Universidad de Quilmes, Siglo XXI [Ciencia que ladra], 2006.
- Sagan, Carl; *Cosmos*, México, Planeta, 1982.
- Schwerbwel, W.; *Evolución*, Barcelona, Salvat [Biblioteca científica Salvat], 1986.
- Vilá, Bibiana; *Camellos sin joroba*, Buenos Aires, Colihue, 2001.
- Villee, C.; *Biología*, México, Mc Graw Hill, 1996.
- Watson, James; *La doble hélice*, Barcelona, Biblioteca Científica Salvat, 1993
- Weismann, E.; *Los rituales amorosos*, Barcelona, Biblioteca científica Salvat, 1986.
- Weisz, P.; *La ciencia de la zoología*, Barcelona, Omega, 1978.
- Young, John Zachary; *La vida de los vertebrados*, Barcelona, Omega, 1985.

### **Páginas web**

Ecolink.com.ar.

<http://www.scire.wordpress.com>