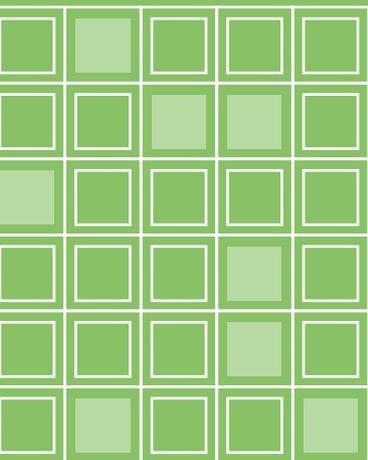
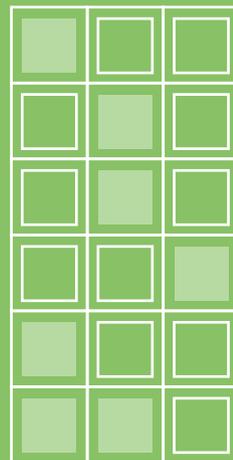


Bachillerato General Unificado



# BIOLOGÍA



**2.º Curso**  
TEXTO DEL ESTUDIANTE

DISTRIBUCIÓN GRATUITA  
PROHIBIDA SU VENTA

MINISTERIO  
DE EDUCACIÓN



EL  
GOBIERNO  
DE TODOS

# Biología

2 BGU

LNS



serie

Ingenios



edebé

**PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA**  
Lenín Moreno Garcés

**MINISTRO DE EDUCACIÓN**  
Fander Falconí Benítez

**Viceministro de Educación**  
Álvaro Sáenz Andrade

**Viceministra de Gestión Educativa**  
Mónica Reinoso Paredes

**Subsecretaria de Fundamentos Educativos**  
Ruthy Intriago Armijos

**Subsecretaria de Administración Escolar**  
Mónica García Echeverría

**Directora Nacional de Currículo**  
María Cristina Espinosa Salas

**Director Nacional de Operaciones y Logística**  
Germán Lynch Álvarez

ISBN: 978-9942-23-016-4  
Primera impresión: agosto 2016  
Quinta impresión: junio 2018  
Impreso por: Medios Públicos EP

© Ministerio de Educación del Ecuador, 2018  
Av. Amazonas N34-451 y Atahualpa  
Quito, Ecuador  
www.educacion.gob.ec

La reproducción parcial o total de esta publicación, en cualquier forma y por cualquier medio mecánico o electrónico, está permitida siempre y cuando sea autorizada por los editores y se cite correctamente la fuente.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA - PROHIBIDA SU VENTA



**Editorial Don Bosco**  
**OBRAS SALESIANAS DE COMUNICACIÓN**

Marcelo Mejía Morales  
**Gerente general**

Eder Acuña Reyes  
**Dirección editorial**

Paulina Hidalgo Miño  
**Adaptación y edición de contenidos**

Ruben Abad Godoy  
Eder Acuña Reyes  
**Creación de contenidos nuevos**

Luis Felipe Sánchez  
**Coordinación de estilo**

Luis Felipe Sánchez  
**Revisión de estilo**

Pamela Cueva Villavicencio  
**Coordinación gráfica**

Pamela Cueva Villavicencio  
**Diagramación**

Darwin Parra  
**Ilustración**

Darwin Parra  
**Diseño de portada e ilustración**

**En alianza con**

**Grupo edebé**  
Proyecto: Biología y Geología 4  
Modalidad de Ciencias y Tecnología

Antonio Garrido González  
**Dirección general**

María Banal Martínez  
**Dirección editorial**

Jose Francisco Vilchez Román  
**Dirección de edición de Educación Secundaria**

Santiago Centelles Cervera  
**Dirección pedagógica**

Juan López Navarro  
**Dirección de producción**

Equipo de edición Grupo edebé  
© grupo edebé, 2012  
Paseo San Juan Bosco, 62  
08017 Barcelona  
www.edebe.com

Este libro fue evaluado por la Universidad Internacional SEK, y obtuvo la certificación curricular del Ministerio de Educación el 30 de mayo de 2016.

MINISTERIO  
DE EDUCACIÓN



EL GOBIERNO  
DE TODOS



**Promovemos la conciencia ambiental en la comunidad educativa.**

Hemos impreso el 8% de ejemplares con certificado de responsabilidad ambiental.

#### ADVERTENCIA

Un objetivo manifiesto del Ministerio de Educación es combatir el sexismo y la discriminación de género en la sociedad ecuatoriana y promover, a través del sistema educativo, la equidad entre mujeres y hombres. Para alcanzar este objetivo, promovemos el uso de un lenguaje que no reproduzca esquemas sexistas, y de conformidad con esta práctica preferimos emplear en nuestros documentos oficiales palabras neutras, tales como las personas (en lugar de los hombres) o el profesorado (en lugar de los profesores), etc. Sólo en los casos en que tales expresiones no existan, se usará la forma masculina como genérica para hacer referencia tanto a las personas del sexo femenino como masculino. Esta práctica comunicativa, que es recomendada por la Real Academia Española en su Diccionario Panhispánico de Dudas, obedece a dos razones: (a) en español es posible <referirse a colectivos mixtos a través del género gramatical masculino>, y (b) es preferible aplicar <la ley lingüística de la economía expresiva> para así evitar el abultamiento gráfico y la consiguiente ilegibilidad que ocurriría en el caso de utilizar expresiones como las y los, os/as y otras fórmulas que buscan visibilizar la presencia de ambos sexos.



## 2018: El valor del respeto

---

El inicio de un nuevo año escolar siempre nos produce ilusión. Todos los niños, niñas y adolescentes se preparan, no solo para estudiar y aprender, sino también para encontrarse con sus compañeros de aula. A veces nos topamos con caras nuevas en la clase, y eso es una buena señal, porque vemos que otros estudiantes se están integrando a nuestra institución educativa. Eso significa también que es una buena oportunidad para relacionarnos con personas distintas de las que ya conocíamos y así lograr nuevas amistades.

Sabemos que la escuela es un buen lugar para crecer y compartir muchas cosas positivas, y de vez en cuando también para enfrentar problemas. Ser solidarios y apoyar a quienes necesitan ayuda es un consejo que deberíamos seguir en la casa, la escuela y la comunidad.

El nuevo año escolar se abre como una experiencia que nos desafía y al mismo tiempo nos gratifica. Somos parte de la comunidad educativa, maestros, maestras, padres y madres de familia, representantes legales y parientes. Todos somos responsables de acompañarlos en el mejoramiento de su educación, en mejorar la calidad de sus conocimientos y en la experiencia de estudiar y aprender para crecer como mejores seres humanos y ciudadanos.

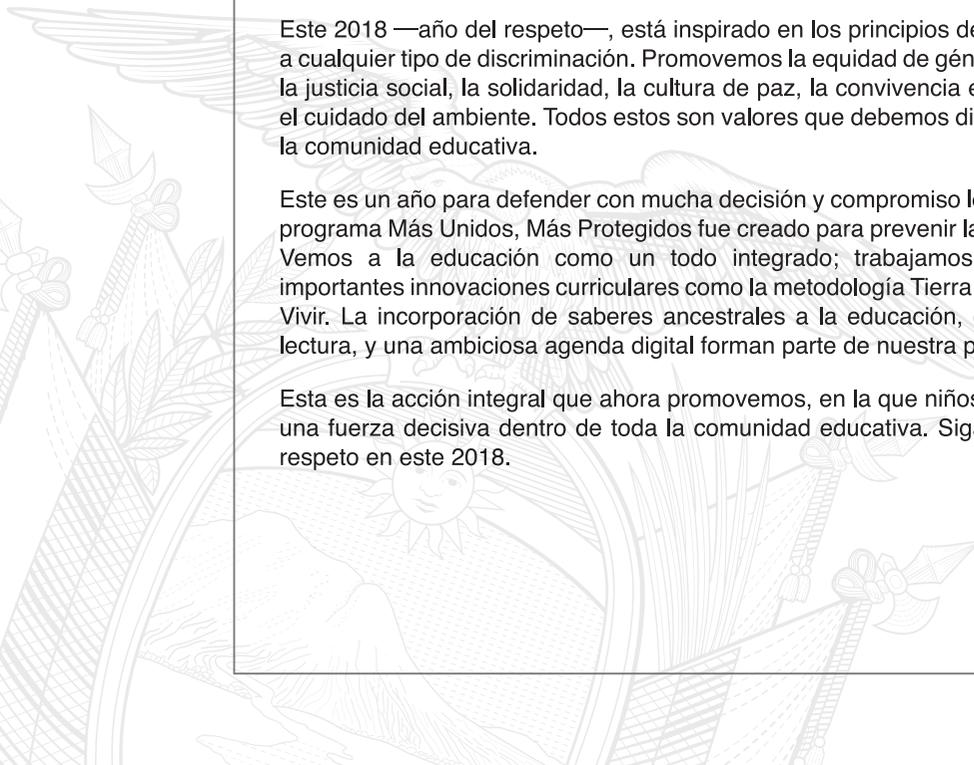
Un nuevo año escolar significa un trabajo dedicado a ampliar las relaciones positivas, a las que llamamos respeto. Nadie puede quedar fuera de esta práctica de todos los días en la escuela y la comunidad. Este valor de vida se opone radicalmente al desprecio y a la exclusión. Si queremos una educación justa, en la que todos podamos participar, el respeto hacia los otros significa aceptar sus propias formas de ser, sus características individuales, sociales, físicas y culturales; su manera de pensar y apreciar el mundo; sus costumbres y tradiciones; sus aptitudes y habilidades. Esta es la mejor propuesta que puede hacer el Ministerio de Educación al iniciar el nuevo año escolar.

El respeto hacia los demás significa el respeto a cada uno y cada una, a nosotros mismos. El respeto no acepta agresión alguna, ya sea física, psicológica o sexual. Implica reconocernos a nosotros mismos en las personas que nos rodean. Maestros y maestras, estudiantes y compañeras, somos todos seres humanos que tenemos los mismos derechos. Eso significa el derecho a tener nuestro propio punto de vista, el derecho a cambiar de opinión, a equivocarse, el derecho a crear un mundo propio en el cual vivir.

Este 2018 —año del respeto—, está inspirado en los principios de cero tolerancia al abuso y la violencia, a cualquier tipo de discriminación. Promovemos la equidad de género (igualdad entre hombres y mujeres), la justicia social, la solidaridad, la cultura de paz, la convivencia entre culturas y tradiciones diferentes, y el cuidado del ambiente. Todos estos son valores que debemos difundir y vivir a plenitud todos los días en la comunidad educativa.

Este es un año para defender con mucha decisión y compromiso los derechos de los estudiantes. Nuestro programa Más Unidos, Más Protegidos fue creado para prevenir la violencia dentro del sistema educativo. Vemos a la educación como un todo integrado; trabajamos para mejorar nuestro ambiente con importantes innovaciones curriculares como la metodología Tierra de Niñas, Niños y Jóvenes para el Buen Vivir. La incorporación de saberes ancestrales a la educación, el desarrollo de las artes, de la buena lectura, y una ambiciosa agenda digital forman parte de nuestra propuesta al iniciar el nuevo año escolar.

Esta es la acción integral que ahora promovemos, en la que niños, niñas y adolescentes participan como una fuerza decisiva dentro de toda la comunidad educativa. Sigamos caminando con buen paso y con respeto en este 2018.



**Fander Falconí**  
**Ministro de Educación**

## Presentación

Biología 2 BGU ahora mismo es una página en blanco que, como tú, posee un infinito potencial.

Te presentamos **Ingenios**, el nuevo proyecto de Editorial Don Bosco que hemos diseñado para impulsar lo mejor de ti y que te acompañará en tu recorrido por el conocimiento.

### **Ingenios.**

- Fomenta un aprendizaje práctico y funcional que te ayudará a desarrollar destrezas con criterios de desempeño.
- Propone una educación abierta al mundo, que se integra en un entorno innovador y tecnológico.
- Apuesta por una educación que atiende a la diversidad.
- Refuerza la inteligencia emocional.
- Refleja los propósitos del Ministerio de Educación que están plasmados en el currículo nacional vigente.
- Deja aflorar la expresividad de tus retos.
- Incorpora Edibosco Interactiva, la llave de acceso a un mundo de recursos digitales, flexibles e integrados para que des forma a la educación del futuro.
- Es sensible a la justicia social para lograr un mundo mejor.

Biología 2 BGU te presenta los contenidos de forma clara e interesante. Sus secciones te involucrarán en proyectos, reflexiones y actividades que te incentivarán a construir y fortalecer tu propio aprendizaje. Las ilustraciones, fotografías, enlaces a páginas web y demás propuestas pedagógicas facilitarán y clarificarán la adquisición de nuevos conocimientos.

Construye con **Ingenios** tus sueños.

0

unidad  
temática

## Origen de la vida. Biomoléculas orgánicas (10 - 17)

### Contenidos:



#### Origen de la vida (página 11)

- Actividades

#### Principales biomoléculas orgánicas (página 12)

- Actividades

#### Evolución de los seres vivos (página 13)

- Actividades

#### Diversidad de los seres vivos (página 14)

- Actividades

#### La célula (página 15)

- Actividades

#### Nutrición, relación y reproducción (página 16)

- Actividades

## 1 unidad temática

### La base de la vida (18 - 47)

#### Contenidos:



- El ADN como base de la vida (20)
- Introducción a la genética molecular (21)
- Control de la expresión génica (36 - 42)

## 2 unidad temática

### El ciclo celular (48 - 75)

#### Contenidos:



- Fases del ciclo celular (50)
- La meiosis (56)
- El control del ciclo celular (59)
- Función de reproducción (64 - 70)

## 3 unidad temática

### Genética (76 - 111)

#### Contenidos:



- Los genes (78)
- La transmisión de los caracteres (80)
- La expresión de los genes: la herencia (81)
- Genética mendeliana (89)
- Enfermedades hereditarias (94)
- Ingeniería genética (95)

## 4 unidad temática

### Histología y fisiología vegetal (112 - 139)

#### Contenidos:

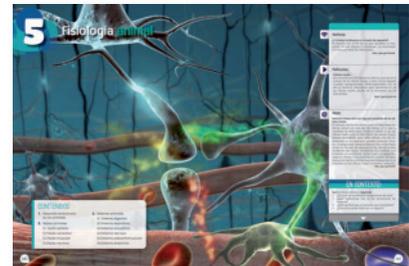


- La organización pluricelular (114)
- El medio interno (115)
- El desarrollo embrionario y la diferenciación celular (117)
- Tejidos vegetales (118)
- Captación y transformación de los nutrientes en vegetales (122)
- Excreción en los vegetales (124)
- La respiración en los vegetales (125)
- El transporte de sustancias en los vegetales (127)
- Hormonas vegetales (130)
- Movimientos de las plantas (132)

## 5 unidad temática

### Fisiología animal (140 - 175)

#### Contenidos:



- Desarrollo embrionario en los animales (142)
- Tejidos animales (144)
- Sistemas animales (149)

## 6 unidad temática

### Anatomía y fisiología humana (176 - 207)

#### Contenidos:



- El sistema respiratorio (178)
- El sistema circulatorio (181)
- El cerebro humano (186)
- El aparato locomotor (190)
- El sistema endocrino humano (195)
- El crecimiento en el ser humano (199)

# Objetivos:

- Desarrollar habilidades de pensamiento científico a fin de lograr flexibilidad intelectual, espíritu indagador y pensamiento crítico, demostrar curiosidad por explorar el medio que les rodea y valorar la naturaleza como resultado de la comprensión de las interacciones entre los seres vivos y el ambiente físico. (U1, U2)
- Comunicar información científica, resultados y conclusiones de sus indagaciones a diferentes interlocutores, valiéndose de diversas técnicas y recursos, con aplicación de la argumentación crítica y reflexiva y la justificación con pruebas y evidencias. (U1, U2)
- Planificar y llevar a cabo investigaciones de campo, de laboratorio, de gestión o de otros tipos, que incluyan la exigencia de un trabajo en equipo, la recolección y análisis de datos cuantitativos y cualitativos; la interpretación de evidencias; la evaluación de los resultados de manera crítica, creativa y reflexiva, para la comunicación de los hallazgos, resultados, argumentos y conclusiones con honestidad. (U2, U3)
- Comprender el punto de vista de la ciencia sobre la naturaleza de los seres vivos, su diversidad, interrelaciones y evolución; sobre la Tierra, sus cambios y su lugar en el universo, y sobre los procesos tanto físicos como químicos que se producen en los seres vivos y en la materia. (U1, U2, U3, U4, U5, U6)
- Resolver problemas de la ciencia mediante el método científico, con la identificación de problemas, la búsqueda crítica de información, la elaboración de conjeturas, el diseño de actividades experimentales, el análisis y la comunicación de resultados confiables y éticos. (U3, U5, U6)
- Utilizar el lenguaje oral y el escrito con propiedad, así como otros sistemas de notación y representación, cuando se requiera. (U1, U2, U3, U5, U6)
- Usar las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) como herramientas para la búsqueda crítica de información, el análisis y la comunicación de sus experiencias y conclusiones sobre los fenómenos y hechos naturales y sociales. (U3)
- Integrar los conceptos de las ciencias biológicas, químicas, físicas, geológicas y astronómicas, para comprender la ciencia, la tecnología y la sociedad, ligadas con la capacidad de inventar, innovar y dar soluciones a la crisis socioambiental. (U3)
- Apreiciar la importancia de la formación científica, los valores y actitudes propios del pensamiento científico, y adoptar una actitud crítica y fundamentada ante los grandes problemas que hoy plantean las relaciones entre *ciencia* y *sociedad*. (U3)
- Reconocer y valorar los aportes de la ciencia para comprender los aspectos básicos de la estructura y el funcionamiento de su propio cuerpo, con el fin de aplicar medidas de promoción, protección y prevención de la salud integral. (U5, U6)
- Valorar los aportes de la ciencia para comprender de manera integral la estructura y funcionamiento de su propio cuerpo, con el fin de aplicar medidas de promoción, protección y prevención que lleven al desarrollo de una salud integral, buscando el equilibrio físico, mental y emocional. (U5, U6)

# Destrezas con criterios de desempeño:

- Usar modelos y describir la función del ADN como portador de la información genética que controla las características de los organismos y la transmisión de la herencia, y relacionar el ADN con los cromosomas y los genes.
- Analizar la transcripción y traducción del ARN, e interpretar estos procesos como un flujo de información hereditaria desde el ADN.
- Investigar las causas de los cambios del ADN que producen alteraciones génicas, cromosómicas y genómicas, e identificar semejanzas y diferencias entre estas.
- Experimentar con los procesos de mitosis, meiosis y demostrar la trasmisión de la información genética a la descendencia por medio de la fertilización.

## Unidades

1	2	3	4	5	6
✓					
✓					
✓					
	✓				

## Unidades

- Describir las leyes de Mendel, diseñar patrones de cruzamiento y deducir porcentajes genotípicos y fenotípicos en diferentes generaciones.
- Experimentar e interpretar las leyes y principios no mendelianos en cruzamientos en insectos y vegetales.
- Indagar la teoría cromosómica de la herencia, y relacionarla con las leyes de Mendel.
- Buscar, registrar y sistematizar información de diversas fuentes sobre el cáncer y relacionarlo con el proceso de proliferación celular alterada.
- Indagar las aplicaciones de la ingeniería genética en la producción de alimentos y fármacos, y sus implicaciones en la vida actual y explicar el efecto de la terapia génica en el tratamiento de enfermedades humanas considerando los cuestionamientos éticos y sociales.
- Indagar y elaborar una línea de tiempo del desarrollo histórico de la genética, desde las leyes de Mendel hasta el Proyecto Genoma Humano, y explicar su aporte para la salud humana.
- Indagar sobre el desarrollo de la biotecnología en el campo de la medicina y la agricultura e interpretar su aplicación en el mejoramiento de la alimentación y la nutrición de las personas.
- Examinar la estructura y función de los sistemas de transporte en las plantas y describir la provisión de nutrientes y la excreción de desechos.
- Describir los mecanismos de regulación del crecimiento y desarrollo vegetal, experimentar e interpretar las variaciones del crecimiento y del desarrollo por la acción de las hormonas vegetales y la influencia de factores externos.
- Observar y analizar los procesos de reproducción de las plantas, elaborar modelos del desarrollo embrionario, e identificar el origen de las células y la diferenciación de las estructuras.
- Observar la forma y función de células y tejidos en organismos multicelulares animales y vegetales, e identificar su organización en órganos, aparatos y sistemas.
- Observar y analizar los procesos de reproducción de animales, elaborar modelos del desarrollo embrionario, e identificar el origen de las células y la diferenciación de las estructuras.
- Usar modelos y explicar la evolución del sistema inmunológico en los animales invertebrados y vertebrados, y comparar los componentes y distintas respuestas inmunológicas.
- Analizar el funcionamiento de los sistemas digestivo y excretor en el ser humano y explicar la relación funcional entre estos sistemas con flujogramas.
- Usar modelos y describir los sistemas circulatorio y respiratorio en el ser humano y establecer la relación funcional entre ellos que mantiene el equilibrio homeostático.
- Usar modelos y describir el sistema osteoartromuscular del ser humano, en cuanto a su estructura y función, y proponer medidas para su cuidado.
- Establecer la relación entre la estructura y función del sistema nervioso y del sistema endocrino, en cuanto a su fisiología y la respuesta a la acción hormonal.
- Interpretar la respuesta del cuerpo humano frente a microorganismos patógenos, describir el proceso de respuesta inmunitaria e identificar las anomalías de este sistema.

	1	2	3	4	5	6
			✓			
			✓			
			✓			
			✓			
			✓			
			✓			
				✓		
				✓		
				✓		
					✓	
					✓	
						✓
						✓
						✓
						✓
						✓
						✓
						✓

# El proyecto de **Biología 2**

## Unidad 0



- Una unidad inicial para facilitar los nuevos aprendizajes.

## Para empezar



Activa tu conocimiento con el gráfico

- Tu unidad arranca con noticias y temas que te involucran en los contenidos.

## Contenidos



- Aprendemos biología a través de actividades.

## Proyecto



- Propuesta de actividades interdisciplinarias, que promueven el diálogo y el deseo de nuevos conocimientos.

- Propuesta al final de cada quimestre

## Un alto en el camino



- Y, además, se incluye una evaluación quimestral con preguntas de desarrollo y de base estructurada.

## Experimento



- Te convertirás en un joven biólogo.

## Zona Wifi



- Aprenderás la biología en relación con la sociedad.



Evaluando tus destrezas

## Para finalizar



Autoevaluación

## Resumen



- Síntesis de lo aprendido

¿Qué significan estos íconos?

Y TAMBIÉN:



TIC



Actividades:



Interdisciplinarias



Actividades Interactivas



Enlaces web



Videos



Perfiles Interactivos



Documentos



Presentaciones multimedia



Colaboratorios

Conéctate con: **Edibosco**  
Interactiva

# O

## Origen de la vida Biomoléculas orgánicas

### PARA EMPEZAR:

- Sabías que pasaron muchos años para que las condiciones sean óptimas, y así surja la vida en nuestro planeta. ¿Conoces cuáles fueron los principales elementos para que la vida aparezca en la Tierra?

## ORIGEN DE LA VIDA

La **biología** es la ciencia que estudia la vida y se basa en la aplicación del método científico. Históricamente, existen muchas teorías sobre el origen de la vida. La primera teoría propuesta fue la de la generación espontánea. Sin embargo, Francesco Redi refutó parcialmente esta teoría en el siglo XVII. La generación espontánea se vio totalmente negada ya en el siglo XIX gracias a los experimentos con los matracos de cuello de cisne de Louis Pasteur.

Después de los experimentos de Pasteur, quedó claro que la vida no aparece de forma espontánea, pero seguía sin existir una teoría clara que explicase el posible origen de la vida. Esto fue así hasta 1924, cuando Aleksander Oparin (Oparin, A.I. 1924. *El origen de la vida*. Editorial AKAL) y John Haldane, de forma independiente, propusieron un marco teórico en el que la vida tuvo que desarrollarse en la Tierra, gracias al cual ya podrían realizarse experimentos que aceptaran o refutaran esta teoría. Ellos proponían que existía una evolución química que tuvo lugar en un **caldo primitivo** con las condiciones existentes en la Tierra hace aproximadamente 3 500 millones de años.

El científico Stanley Miller (Miller, S. 1953. A Production of Amino Acids Under Possible Primitive Earth Conditions. *Science* 117: 528-529) pudo comprobar experimentalmente la formación de moléculas orgánicas a partir de moléculas inorgánicas en agua, si se aplicaba calor y energía eléctrica como sustituto de las tormentas eléctricas que, suponemos,

existían en la Tierra en el momento en que apareció la vida.

El **agua** es la molécula más importante para que exista la vida. La composición media de los seres vivos es de un 70% de agua, y sus propiedades físicoquímicas la hacen indispensable para la vida.

Estas propiedades son: una elevada tensión superficial, capilaridad, alto calor específico, gran capacidad disolvente, tendencia a ionizarse y una densidad mayor del agua en estado líquido que en estado sólido. Gracias a esto, el agua desempeña funciones biológicas decisivas en los procesos vitales.

Estas teorías son las más aceptadas en cuanto al origen de la vida en la Tierra. Por su parte, la teoría más aceptada sobre el origen de la Tierra y de todo el universo es la del *Big Bang* la cuál propone que todo el universo se encontraba concentrado en un estado de alta densidad y de ahí se expandió en una gran explosión (*Big Bang*). Esta expansión seguiría ocurriendo en la actualidad.



<http://goo.gl/m1Veat>

1. ¿Por qué el agua forma enlaces de hidrógeno? **Dibuja** la estructura del agua en los tres estados de la materia.
2. Si el hielo tuviese una densidad más grande que el agua, ¿qué sucedería en los lagos que se hielan?
3. **Busca** información y **explica** cómo los óxidos de nitrógeno que provienen de los tubos de escape de los vehículos pueden alterar el pH del agua de lluvia, y qué efectos pueden producir en los vegetales.
4. Las esporas y las semillas tienen un 10% de agua mientras que en el cerebro humano representa un 86%. Razona a qué crees que se debe esta diferencia. **Menciona** algún órgano que tenga un bajo contenido de agua.
5. Una de las propiedades físicoquímicas del agua permite que se mantengan la forma y el volumen de las células. **Comenta** de qué propiedad se trata.

Actividades

Prohibida su reproducción

# PRINCIPALES BIOMOLÉCULAS ORGÁNICAS

Biomoléculas orgánicas	Características
<b>Glúcidos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Están compuestos por carbono, hidrógeno y oxígeno.</li> <li>Su función principal es energética y estructural.</li> <li>Los glúcidos más sencillos son los monosacáridos (función energética), oligosacáridos (función energética), polisacáridos (actúan como elementos estructurales o de reserva de energía).</li> </ul>
<b>Lípidos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Los ácidos grasos pueden ser saturados o insaturados.</li> <li>Fosfolípidos son lípidos importantes y conforman la membrana plasmática de la célula.</li> </ul>
<b>Proteínas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Están formados por aminoácidos.</li> <li>Su función va desde estructural (colágeno), transportadora (hemoglobina), inmunológica (inmunoglobulina).</li> <li>Un tipo más específico de proteínas son las <b>enzimas</b> que ayudan a catalizar las reacciones metabólicas que ocurren en la célula.</li> </ul>
<b>Ácidos nucleicos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Contienen información genética y permiten que se sinteticen las proteínas.</li> <li>Están formados por nucleótidos de ribosa (ARN) o desoxirribosa (ADN) unidas a bases nitrogenadas que son la adenina, guanina, citosina, timina y uracilo.</li> <li>El ADN forma una doble hélice complementaria y antiparalela que contiene en su secuencia de nucleótidos la información para la síntesis de proteínas.</li> </ul>

- Compara** las estructuras y las funciones del almidón, el glucógeno, la celulosa y la quitina.
- Explica** cuál es la estructura de un polisacárido. **Realiza** un esquema para explicar el enlace O- glicosídico entre dos monosacáridos.
- La fórmula general de los monosacáridos es  $(CH_2O)_n$ , donde n es el número de átomos de carbono. **Escribe** la fórmula molecular de una triosa, una tetrosa, una pentosa y una hexosa.
- Confecciona** un esquema para clasificar a los glúcidos en el que se refleje su composición, características, función y ejemplos de cada grupo.

- ¿De qué depende la función de una proteína? **Describe** brevemente las funciones que se les atribuyen.
- Responde** las preguntas siguientes sobre esta cadena de ácido nucleico:  
 \_\_\_\_\_AAGGCCTTAGACG\_\_\_\_\_
 

—¿Es un fragmento de ADN o de ARN? **Justifica** la respuesta.
- Responde** las siguientes preguntas:
  - ¿Cuáles son las funciones de los glúcidos, carbohidratos y lípidos en los seres vivos?
  - ¿Cuál es la diferencia entre el *ARN* y *ADN*?
  - ¿Qué biomoléculas actúa como elementos de reserva de energía en los seres vivos?

Actividades

# EVOLUCIÓN DE LOS SERES VIVOS

A lo largo de la historia, siempre se ha intentado dar respuesta a la existencia de la gran diversidad de organismos que conocemos, y al origen de los mismos. La primera teoría evolucionista fue propuesta por Lamarck, quien propone la idea de la «herencia de caracteres adquiridos». Tras las ideas evolucionistas de Lamarck, Charles Darwin propuso una nueva teoría, la evolución. Tras su viaje en el Beagle, Darwin propuso una hipótesis basada en la variabilidad, **la adaptación de las especies y la selección natural**. Las ideas de Darwin fueron actualizadas tras el aumento de los conocimientos en biología molecular y genética, y crearon el movimiento conocido como *neodarwinismo*.

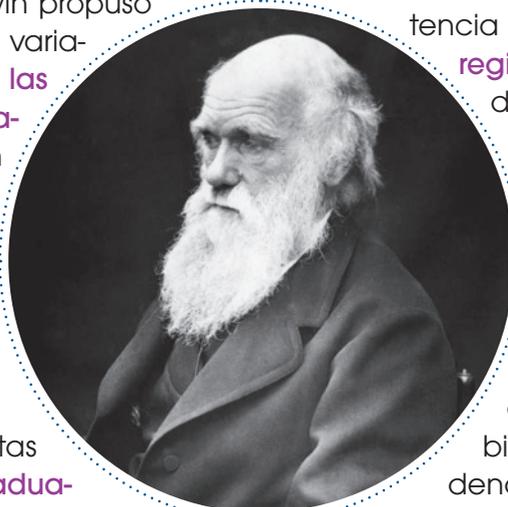
Las teorías neodarwinistas más valoradas son el **gradualismo** y el **puntualismo**. El gradualismo propone una especiación lenta por acumulación de cambios, mientras que el puntualismo propone que los cambios son bruscos.

La aparición de nuevas especies se conoce como *especiación* y tiene lugar cuando ocurre un aislamiento reproductivo entre grupos de individuos de una misma población. Esto puede llevar a una **especiación alopátrica**, en la que interviene una barrera geográfica, o especiaciones como la **simpátrica** o **parapátrica**, en la que las barreras son **ecológicas** o **etológicas**. Todos es-

tos procesos son graduales y requieren del paso de miles de generaciones para que distingamos especies diferentes. Sin embargo, también puede ocurrir especiación de forma instantánea, en pocas decenas de generaciones por efectos que provocan la deriva génica, como el **efecto fundador** o el **cuello de botella**.

Existen evidencias que prueban la existencia de la **evolución**, como el **registro fósil**, que permite entender los cambios evolutivos en las especies; las evidencias que se obtienen mediante la anatomía comparada, gracias a la cual conocemos la existencia de **órganos homólogos** y **órganos análogos**, así como de **órganos vestigiales**. También son importantes las evidencias que se pueden obtener mediante embriología comparada, en la que vemos que los primeros estadios de los embriones de animales son muy similares. También encontramos pruebas a favor de la evolución en la comparación del ADN y los estudios de biogeografía.

Dentro de todo el proceso evolutivo, cabe destacar la evolución humana. Los seres humanos hemos sido capaces de sobrevivir, adaptándonos al medio por la adquisición de ciertas características, entre las que destacan el bipedismo, el aumento de la capacidad craneal y el desarrollo de la cultura.



<https://goo.gl/OZzXSu>

13. ¿Por qué la teoría de Lamarck es evolucionista?
14. ¿Por qué el alargamiento del cuello de las jirafas por el esfuerzo continuado no pasará a sus descendientes? ¿Qué tipos de cambios pueden pasar a los descendientes?
15. ¿Por qué crees que Darwin tardó tanto en publicar su teoría sobre el origen de las especies?
16. **Enumera** al menos seis características que demuestren la variabilidad presente en la especie humana. Procura que alguna de ellas no sea una característica observable a simple vista.

Actividades

Prohibida su reproducción

# DIVERSIDAD DE LOS SERES VIVOS

Reino	Características	Ejemplos
<b>Monera</b>	Son organismos unicelulares procariotas. Son importantes para los seres humanos porque muchos son patógenos.	bacterias
<b>Protoctista</b>	Son organismos eucariotas y generalmente unicelulares.	algas, protozoos y mohos mucilaginosos
<b>Fungi</b>	Son organismos eucariotas, heterótrofos. Obtienen su alimento por absorción. No realizan fotosíntesis. Su pared celular está constituida por quitina.	levaduras y setas
<b>Plantae</b>	Son organismos eucariotas fotoautótrofos. Poseen clorofila y paredes vegetales de celulosa. Se distinguen tres grandes grupos: talofitas (algas), criptógamas (briofitas, pteridofitas) y fanerógamas (gimnospermas y angiospermas).	algas verdes algas pardas musgos
<b>Animalie</b>	Está formado por organismos eucariotas heterótrofos. Existe una gran diversidad de animales. Invertebrados (artrópodos y moluscos). Vertebrados poseen un esqueleto interno (peces anfibios, reptiles, aves u mamíferos).	calamar mosca león



17. ¿Cuál es la diferencia entre las plantas angiospermas y gimnospermas?
18. **Escribe** las características de las briofitas.
19. **Escribe** las características de las pteridofitas.
20. ¿Qué son células eucariotas y procariotas?
21. ¿Qué son enfermedades patógenas?

Actividades

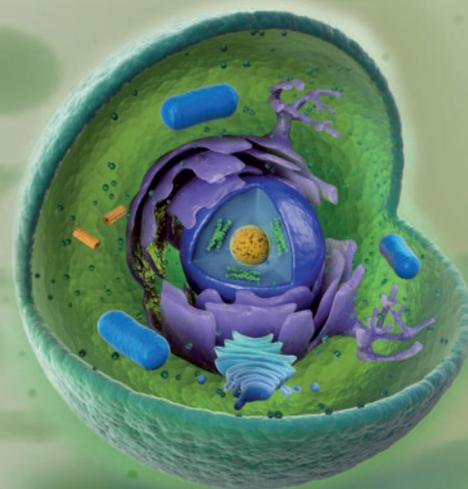
<http://goo.gl/eu8GeP>

<http://goo.gl/jokKcC>

# LA CÉLULA

La **célula** es la unidad básica de vida, ya que todos los seres vivos están formados por células. Esas ideas se alcanzaron gracias a Schwann, Schleiden y Virchow que propusieron la teoría celular.

Las estructuras importantes en las células son:



<https://goo.gl/S4M1bEY>

<b>Complejo de Golgi</b>	Conjunto de sáculos y vesículas en los que se transforman, empaquetan y seleccionan las sustancias para su transporte por el interior de la célula o hacia el exterior.
<b>Retículo endoplasmático</b>	Conjunto de sáculos aplanados y conectados con la envoltura nuclear que se encarga de la síntesis y el transporte de lípidos y proteínas.
<b>Ribosomas</b>	Estructuras formadas por ARN y proteínas. Están dispersos por el citoplasma o asociados a las membranas del retículo endoplasmático. Se encargan de la síntesis de proteínas.  Estas se secretan al exterior o son utilizadas por la misma célula para crecer o renovar sus componentes.
<b>Vacuolas</b>	Vesículas que tienen como función almacenar sustancias diversas, como proteínas, glúcidos, etc.
<b>Lisosomas</b>	Vesículas que contienen las sustancias que la célula necesita para digerir la materia que recibe del exterior e incluso las partes de la propia célula que envejecen o dejan de ser útiles.
<b>Citoesqueleto</b>	Conjunto de filamentos proteicos que dan forma a la célula y son los responsables del movimiento celular.
<b>Centríolos</b>	Estructuras cilíndricas, generalmente dos, situadas próximas al núcleo. Colaboran en el reparto de los cromosomas entre las células hijas cuando las células se dividen.
<b>Mitocondrias</b>	Orgánulos con doble capa de membrana. A diferencia de la membrana externa, la membrana interna presenta repliegues y en el líquido interior de la mitocondria hay ribosomas y ADN. En las mitocondrias se produce la respiración celular.

**Contesta** correctamente las siguientes preguntas.

22. ¿Cuáles son las características de las células eucariotas?
23. ¿Cuál es la diferencia entre células procariotas y eucariotas?
24. ¿De qué tipos de células pueden estar constituidos los seres vivos? **Explica** las características de la célula eucariota.
25. ¿Qué elementos se distinguen en el núcleo? ¿Qué relación existe entre el ADN y los cromosomas?

Actividades

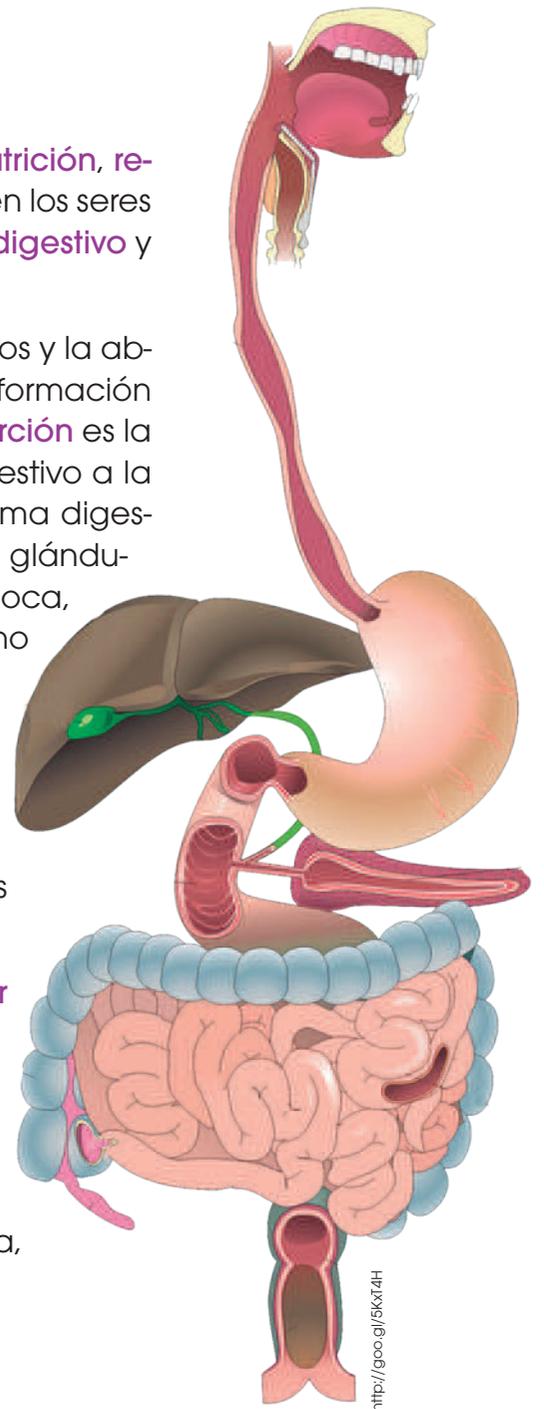
Prohibida su reproducción

# NUTRICIÓN

Todos los seres vivos cumplen tres funciones vitales: **nutrición**, **relación** y **reproducción**. La nutrición es llevada a cabo en los seres humanos principalmente por dos sistemas: el **sistema digestivo** y el **sistema excretor**.

El **sistema digestivo** permite la **digestión** de los alimentos y la absorción de nutrientes. La **digestión** consiste en la transformación de alimentos hasta convertirlos en nutrientes, y la **absorción** es la incorporación de esos nutrientes desde el sistema digestivo a la sangre para su reparto por todo el organismo. El sistema digestivo está formado por el tubo digestivo y una serie de glándulas accesorias. En el tubo digestivo distinguimos la boca, faringe, esófago, estómago, intestino delgado, intestino grueso y recto. Por su parte, las glándulas están conectadas con el tubo digestivo y son las glándulas salivares, el páncreas y el hígado. Es importante mantener el sistema digestivo lo más saludable posible ya que, si no, podemos contraer ciertas enfermedades o trastornos digestivos como gastritis, hepatitis o úlceras pépticas.

El **sistema excretor** cumple con la función de **eliminar los desechos procedentes del metabolismo celular**. Este sistema está conformado por los riñones, las vías urinarias, los uréteres, la vejiga y la uretra. Igualmente, es importante mantener el sistema excretor en buen estado de salud para evitar vernos afectados por trastornos o enfermedades relacionadas con este sistema, como la insuficiencia renal, la cistitis o la nefritis.



<http://goo.gl/5kx14H>

26. **Explica** en qué consisten los siguientes procesos e **Indica** en qué parte y órgano del sistema digestivo tienen lugar.

absorción de nutrientes - deglución - insalivación - digestión estomacal - masticación - digestión intestinal - defecación

27. Explica las diferencias entre el bolo alimenticio, el quimo y el quilo.  
28. ¿Por qué crees que es un hábito saludable masticar bien los alimentos? **Justifica** tu respuesta.  
29. **Describe** la función de los nutrientes y **pon** un ejemplo.

Actividades

El concepto de **biotecnología** se refiere al uso de seres vivos o sus componentes para la **elaboración de productos** o **realización de tareas** en beneficio del ser humano. Muchas de las aplicaciones de la biotecnología tienen una relación directa con la alimentación, como la elaboración de pan o productos lácteos; pero también pueden influir en otros campos, como la sanidad, al elaborarse antibióticos y vacunas; o en agricultura, con la creación de pesticidas o la capacidad de controlar plagas.

30. **Identifica** en la siguiente pirámide alimenticia qué alimentos no están bien ubicados. **Indica** cuál sería su ubicación correcta.
31. **Confecciona** un esquema con los principales usos de los microorganismos en biotecnología.
32. **Explica** cuáles son los microorganismos más utilizados en el sector alimentario.  
—¿Cuáles son los principales procesos metabólicos asociados?



# 1

## La base de la vida

### CONTENIDOS:

1. El ADN como base de la vida
2. Introducción a la genética molecular
  - 2.1. La replicación del ADN
  - 2.2. La transcripción
  - 2.3. La traducción
3. El control de la expresión génica
  - 3.1. Las mutaciones
  - 3.2. Los cromosomas



### Noticia:

#### En nuestro cuerpo podría haber ADN «atrapado» de otros seres humanos

Peter Kramer, de la Universidad de Padua, Italia, y su colega Paola Bressan acaban de publicar un artículo sobre el extraño fenómeno llamado *microquimerismo*, que es la presencia en el organismo de un reducido número de células originarias de otro individuo y que, por lo tanto, son diferentes genéticamente a las células del individuo huésped. Se conoce poco acerca del tema pero se estima que recogemos ADN diferente, tal vez desde el vientre materno, entre gemelos que intercambian información genética o de un hermano mayor que nos haya dejado ADN en la placenta.

<https://goo.gl/d8CjAN>



### Película:

#### Mutantes

Cada ser humano acumula aproximadamente trescientos mutaciones perjudiciales que afectan a su salud, su forma de pensar y su forma de sentir. Más que ninguna otra especie. ¿Cómo es posible que sobrevivamos con tal cantidad de mutaciones? ¿Cómo las soportamos?

Históricamente, el cómic y sobre todo el cine, nos han transmitido un concepto y una imagen de «mutante» monstruosa. Sin embargo, las mutaciones han sido muy importantes a lo largo de la evolución porque constituyen una de las bases de la selección natural.

<https://goo.gl/EulVz2>



### Web:

#### Melanie Gaydos, una modelo con una mutación genética que dice sentirse bella

Melanie Gaydos es una modelo internacional afincada en Nueva York. Pero no una de tantas: con su impresionante aspecto rompió muchas barreras para hacerse un hueco en el mundo de la moda. «Yo nací con una mutación genética llamada *displasia ectodérmica*, que me afecta al pelo, a los dientes, a la piel y las uñas».

<http://goo.gl/3fHBcX>

## EN CONTEXTO:

Lee la noticia anterior y responde.

- ¿Qué es el microquimerismo?
- ¿Por qué es el ADN importante?
- ¿Cómo es posible que un individuo tenga ADN de otro?
- ¿Qué es un superorganismo?

## I. EL ADN COMO BASE DE LA VIDA

En la actualidad, sabemos que el **ADN** es la molécula portadora de la **información genética**, pero esto es un conocimiento muy reciente en la historia de la ciencia.

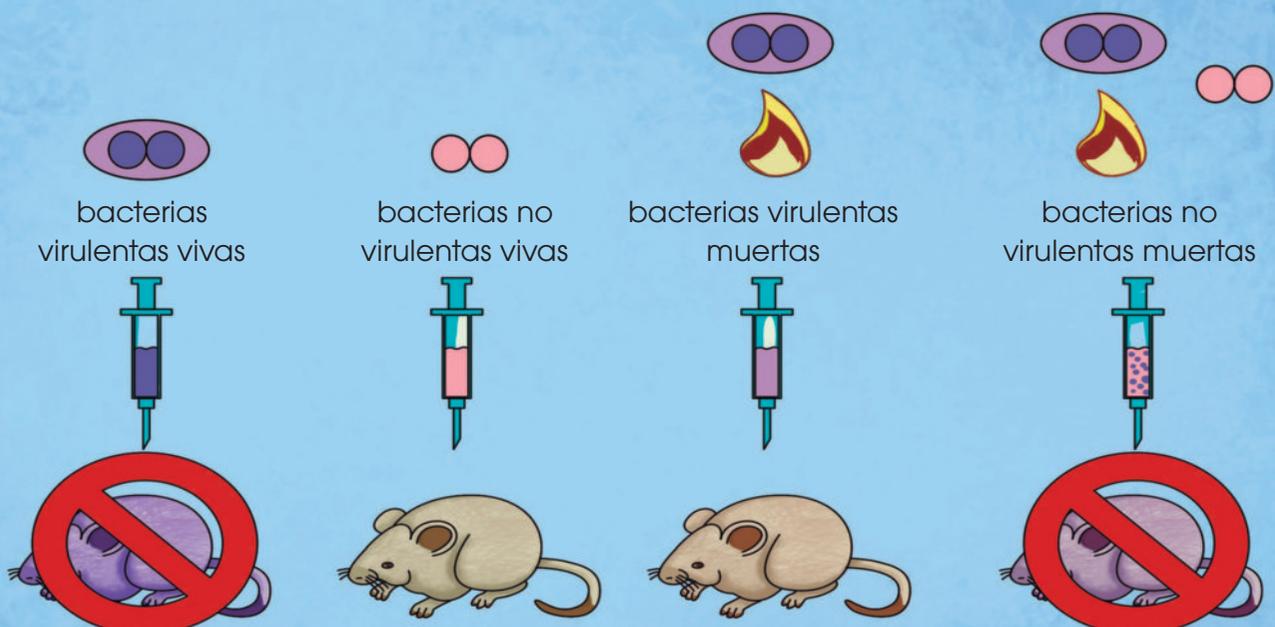
La molécula de ADN fue aislada por primera vez por Friedrich Miescher (Miescher, F. 1871. *Über die chemische Zusammensetzung der Eiterzellen. Medicinisch-chemische Untersuchungen* 45: 30-32) en 1869. Al encontrarse únicamente en los núcleos de las células, a esta sustancia se la llamó *nucleína*. Poco después se descubrió que la nucleína era una molécula ácida, por lo que pasó a llamarse ácido nucleico; y más tarde se denominó **ácido desoxirribonucleico** (ADN) para diferenciarlo del ácido ribonucleico (ARN).

En 1885, el científico alemán Albertch Kossel (Kossel, A. 1885. *Untersuchungen über die Nukleine und ihre Spaltungsprodukte*) consiguió aislar el ADN de las proteínas asociadas a él, siendo capaz de determinar los **nucleótidos** que lo conforman. Estudios posteriores trataron de definir si la información genética se encontraba en las proteínas asociadas al ADN o en el ADN en sí. En principio, se supuso que las proteínas serían las encargadas de transmitir la información ya que eran más complejas, mientras que el ADN, al poseer solo cuatro nucleótidos, sería demasiado

simple para cumplir con esta función. Sin embargo, diversos experimentos realizados a principios del siglo XX demostraron que es el ADN la molécula portadora de la información genética hereditaria.

Uno de los experimentos más destacados en este punto fue el de **Frederick Griffith** (Avery, O.; McLeod, C. & McCarty, M. 1944. *Studies on the Chemical Nature of the Substance Inducing Transformation of Pneumococcal Types: Induction of Transformation by a Desoxyribonucleic Acid Fraction Isolated from Pneumococcus Type III. Journal of Experimental Medicine.* 79: 137-158) quien inyectó diferentes cepas de bacterias en ratones. La cepa S era dañina y mataba al ratón mientras que la cepa R no era virulenta y no mataba al ratón. Griffith comprobó que al calentar la cepa S, esta dejaba de ser dañina y no mataba al ratón. Sin embargo, al mezclar la cepa S calentada (no dañina) con la cepa R (no dañina) el ratón sí moría. Griffith comprobó que esto ocurría porque había una transferencia del ADN de las bacterias de la cepa S a la R.

De esta forma, quedó demostrado que el ADN es el portador de la información genética.



## 2. INTRODUCCIÓN A LA GENÉTICA MOLECULAR

La información del ADN está codificada en la secuencia de sus bases nitrogenadas. Esta información fluye y se transmite en dos sentidos diferentes:

- A partir del ADN, se obtienen nuevas moléculas de ADN por **replicación**. Este proceso tiene lugar durante la etapa S del ciclo celular y permite la transmisión de la información de célula a célula, mediante la mitosis, y de individuo a individuo, por medio de la reproducción.
- Por **transcripción**, se obtienen moléculas de ARNm que contienen información del ADN. Mediante la **traducción** del ARNm, esta información determina la síntesis de las proteínas.

Este flujo de información constituye **el dogma central de la biología molecular**. Fue publicado en 1970 por Francis Crick y ha sido la base de los grandes avances en el conocimiento de la genética molecular que se han realizado desde entonces. Este dogma central ha sido ampliado posteriormente con dos puntos referentes a los virus:

- **La transcripción inversa:** Algunos virus, llamados *retrovirus*, pueden sintetizar ADN a partir del ARN vírico, mediante la enzima transcriptasa inversa. Este es el caso del virus de la inmunodeficiencia humana (VIH).
- **La replicación del ARN vírico**, que llevan a cabo las enzimas replicasas.

En esta unidad se tratará únicamente el flujo de información que procede del ADN en las células eucariotas y procariontas.

El siguiente esquema muestra, de manera general, la replicación, la transcripción y la traducción en una célula eucariota.

### Flujo de información a partir del ADN en la célula eucariota

- Dentro del núcleo celular se produce la replicación del ADN y la transcripción para obtener moléculas de ARNm a partir del ADN.
- La traducción tiene lugar en los ribosomas del citoplasma. Una vez sintetizadas, las proteínas inician su actividad dentro de la célula.
- La replicación, la transcripción y la traducción están controladas por un conjunto de enzimas muy específicas que llevan a cabo una función extraordinariamente precisa.

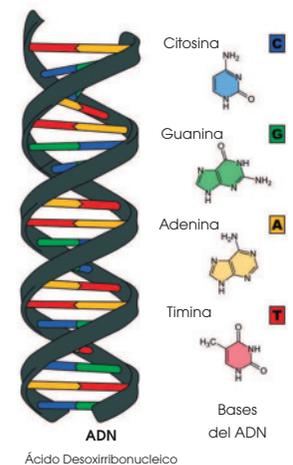
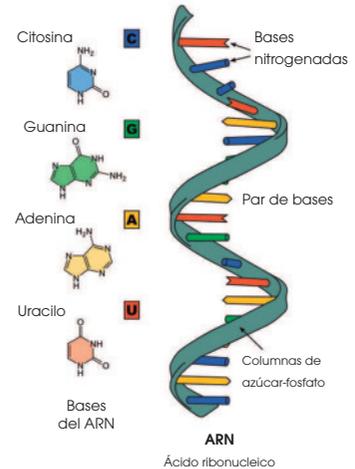
Ahora veremos los mecanismos que hacen posible este flujo de información.



<http://goo.gl/VPqNjT>

### Y TAMBIÉN:

Las uniones (estables o temporales) entre dos cadenas de ácido nucleico se establecen por complementariedad de bases.



## 2.1. La replicación del ADN

Mediante la **replicación**, se obtienen dos copias idénticas a partir de una doble cadena inicial de ADN.

Francis Crick y James Watson (Watson, J. & Crick, F. 1953. A structure for deoxyribose nucleic acid. *Nature* 171: 737-738), al mismo tiempo que dedujeron la estructura del ADN, propusieron un mecanismo para la replicación de esta molécula. Teniendo en cuenta la importancia de la conservación de la secuencia de bases original, consideraron posible que las dos cadenas de la doble hélice se separasen y cada una sirviese de molde para la síntesis de otra complementaria. De este modo, se obtendrían dos dobles hélices, cada una con una cadena vieja, o parental, y otra cadena nueva, o hija. Los trabajos experimentales posteriores confirmaron esta hipótesis, denominada **semiconservativa**.

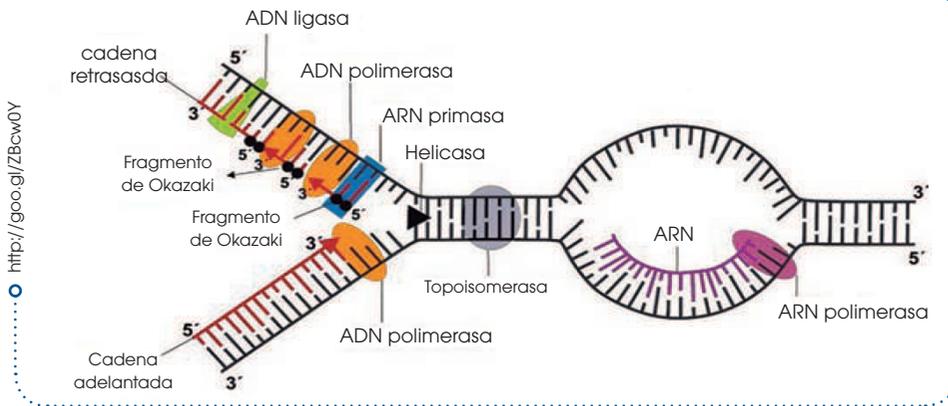


<http://goo.gl/YKbK4y>

**Rosalind Franklin**  
(Londres, 1920-1958)

Biofísica y cristalógrafa inglesa especializada en la interpretación de estructuras moleculares y celulares a partir de fotografías obtenidas por difracción de rayos X.

Las imágenes del ADN obtenidas por esta científica, junto con sus primeras interpretaciones de estas, fueron determinantes para la elaboración de la teoría de la estructura del ADN que más tarde propusieron Watson y Crick.

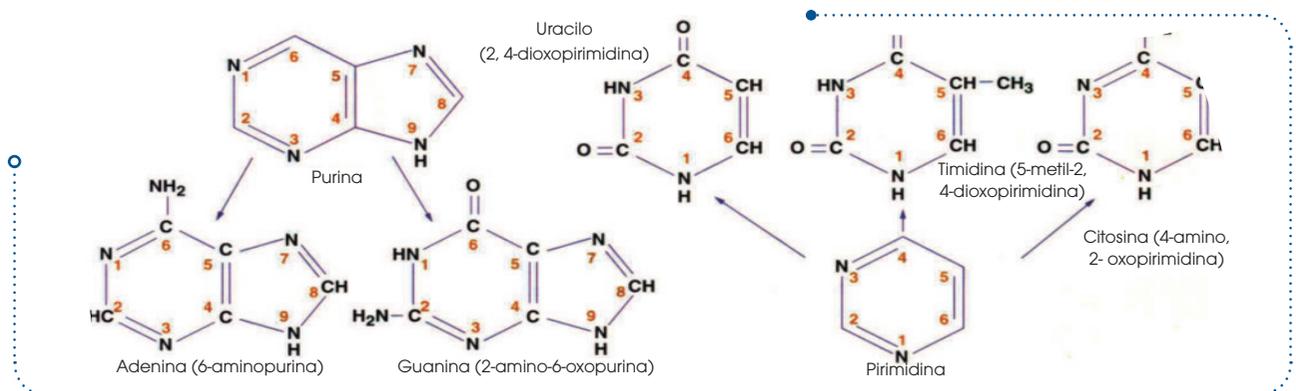


<http://goo.gl/ZBcw0Y>

La replicación del ADN tiene lugar mediante una reacción de síntesis:



- A partir de uno o diversos (n) desoxirribonucleótidos monofosfato (dNMP) de la cadena en formación, se produce la incorporación de un desoxirribonucleótido trifosfato (dNTP).
- De esta unión se desprende pirofosfato inorgánico (PP<sub>i</sub>) y se obtiene una cadena con un desoxirribonucleótido más, incorporado al fragmento inicial (n + 1).



La reacción de unión de los nucleótidos es reversible, pero se ve favorecida en el sentido de la síntesis, ya que el PPI es rápidamente degradado.

Prohibida su reproducción

<http://goo.gl/wdUn8>

En la replicación del ADN intervienen las siguientes enzimas:

- **ADN polimerasas (ADN pol)**, enzimas con dos funciones distintas:
  - Tienen **actividad polimerasa**; es decir, catalizan la unión de nucleótidos en la cadena de ADN.
  - Tienen **actividad exonucleasa**; es decir, catalizan la rotura de los enlaces entre los nucleótidos cuando las moléculas tienen un extremo libre.
- **ARN polimerasas (ARN pol)**: Enzimas que catalizan la formación de cadenas de ARN.
- **Topoisomerasas y girasas**: Enzimas que adaptan la estructura espacial de la doble hélice a las necesidades del proceso de síntesis.
- **Ligasas**: Sellan las uniones entre fragmentos de cadenas.

El proceso de replicación se conoce detalladamente en procariontas, en especial en el caso de la bacteria *Escherichia coli*.

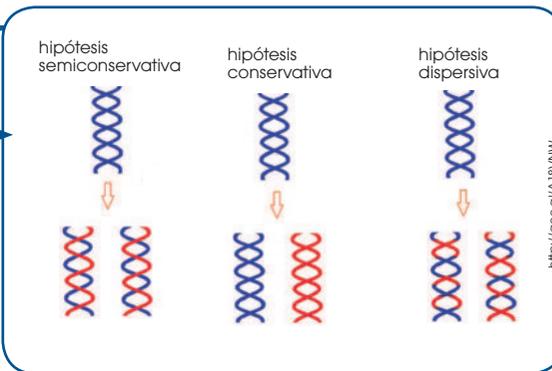


<http://goo.gl/D31Vbz>

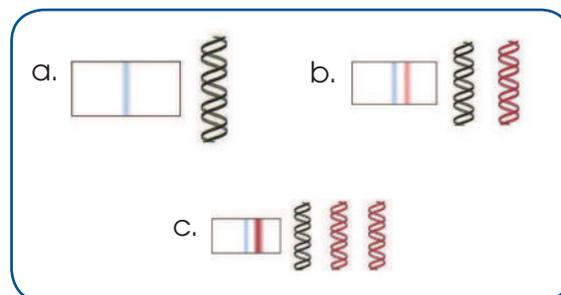
1. **Lee** la siguiente información e indica por qué sabemos que la replicación del ADN es semi-conservativa.

En 1958, Meselson y Stahl investigaban de qué modo tenía lugar la replicación del ADN. Contemplaban tres posibilidades: Estos dos científicos trabajaron con la bacteria *Escherichia coli* y medios de cultivo ricos en  $N^{14}$  o en  $N^{15}$  para poder «marcar» diferentes tipos de cadenas. Aplicaron la técnica de la ultracentrifugación en gradiente de cloruro de cesio para poder distinguir moléculas que contenían  $N^{14}$  y  $N^{15}$ , es decir, moléculas ligeras y moléculas pesadas. Cultivaron las bacterias en  $N^{15}$  y las incubaron para que en sucesivas divisiones celulares, estas bacterias incorporasen en su ADN este marcaje. Así, obtuvieron una población de bacterias que contenía cadenas de ADN pesadas por la incorporación del  $N^{15}$ . Al extraer y ultracentrifugar el ADN, se observaba una banda característica (a).

- Transfirieron las bacterias a un medio con  $N^{14}$  y, por tanto, menos pesado. Las incubaron el tiempo suficiente para que se dividieran una sola vez. La ultracentrifugación del ADN dio un nuevo patrón de bandas (b).



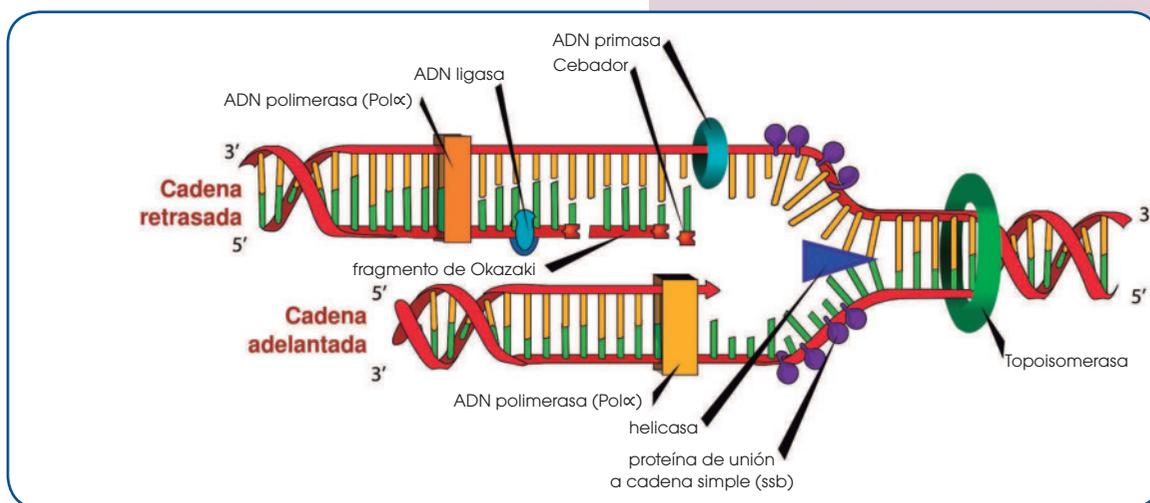
<http://goo.gl/A18VNW>



- Dejaron que se dividiesen diversas generaciones y repitieron la ultracentrifugación. El patrón obtenido se observa a la derecha (c).

<https://goo.gl/aqlr5d>

**Actividad**



### Replicación en procariontas

Se han identificado tres tipos de ADN polimerasas:

- **ADN pol I**, que actúa con:

- Actividad polimerasa, catalizando la unión de nucleótidos en sentido 5' 3'.
- Actividad exonucleasa en sentido 5' 3' y en sentido 3' 5'.

- **ADN pol II**, que presenta:

- Actividad polimerasa en sentido 5' 3'.
- Actividad exonucleasa en sentido 3' 5'.

- **ADN pol III**, que actúa con:

- Actividad polimerasa en sentido 5' 3'.
- Actividad exonucleasa en sentido 3' 5'.

Cada enzima interviene en diversas fases del proceso, el cual se inicia del modo siguiente:

- Existe un punto de la doble hélice en el que se ha de iniciar la replicación. A este punto lo conocemos como **origen de replicación (O)**.

A partir del origen de replicación, se formará una **horquilla de replicación** en la que el ADN modifica su estructura espacial. En la formación de la horquilla intervienen:

- Las enzimas **topoisomerasas** como, por ejemplo, la girasa, que desespiralizan el ADN.

- Las **helicosas**, que separan las dos cadenas

de la doble hélice.

- Un grupo de proteínas llamadas **SSB** (*single strand-binding*), que estabilizan cada una de las cadenas sencillas.

- Se inicia la síntesis del nuevo ADN y la horquilla va progresando y se ensancha hacia los lados.

El proceso se desarrolla venciendo dos dificultades:

- Las ADN pol no pueden iniciar la síntesis de ADN sin un fragmento preexistente de cadena.

- Las ADN pol solo pueden incorporar nucleótidos a la cadena en sentido 5' 3', ya que la reacción necesita extremos 3' libres.

Estas limitaciones hacen que la síntesis de las dos cadenas hijas se desarrolle de manera diferente, según se trate de la cadena **conductor** o bien de la cadena **retardada**.

Veamos, a continuación, el proceso distinguiendo la síntesis del ADN a partir de la cadena conductor y a partir de la cadena retardada.

- **Síntesis a partir de la cadena conductor**

El primer paso es la formación de un segmento de cadena que permita la actividad de la ADN pol.

- La **ARN pol** es capaz de catalizar la unión de ribonucleótidos sin necesidad de la existencia de cadenas ya

iniciadas. Por ello, esta enzima, también denominado *primasa*, sintetiza un fragmento de molécula de ARN que lo conocemos como cebador.

—A continuación, la **ADN pol III** alarga este fragmento inicial polimerizando la unión de desoxirribonucleótidos según la ley de complementariedad de bases: la adenina es complementaria de la timina, y la citosina, de la guanina.

—Después, la **ADN pol I** actúa como exonucleasa en sentido 5' 3' y elimina el cebador, a la vez que actúa como polimerasa y llena el vacío con desoxirribonucleótidos.

—A continuación, la **ligasa** sella la unión entre los dos fragmentos de ADN.

- **Síntesis a partir de la cadena retardada.** Paralelamente al proceso anterior, la cadena retardada sirve de molde para la síntesis de su complementaria.

Pero, en tal caso, la necesidad de extremos 3' libres de la ADN pol III origina un mecanismo diferente:

- La **primasa** sintetiza diversos cebadores.
- La **ADN pol III** alarga los fragmentos de

cebador incorporando nucleótidos en sentido 5' 3'. Estos pequeños fragmentos tienen entre 1000 y 2000 nucleótidos de longitud y los denominamos **fragmentos de Okazaki**, el nombre de su descubridor.

—Posteriormente, la **ADN pol I** sustituye los cebadores por desoxirribonucleótidos.

—Por último, la **ligasa** sella las uniones entre los fragmentos independientes para constituir una cadena sin discontinuidades.

Cuando se habla de modificaciones en las cadenas de ADN (alargamiento o acortamiento) en sentido 5' 3' (desde 5' hasta 3'), significa que el extremo 5' no se altera y la modificación tiene lugar en el extremo 3'.

Si la modificación es en sentido 3' 5', el extremo 3' no se altera y la modificación tiene lugar en el extremo 5'.

Actividad polimerasa  
5' 3'



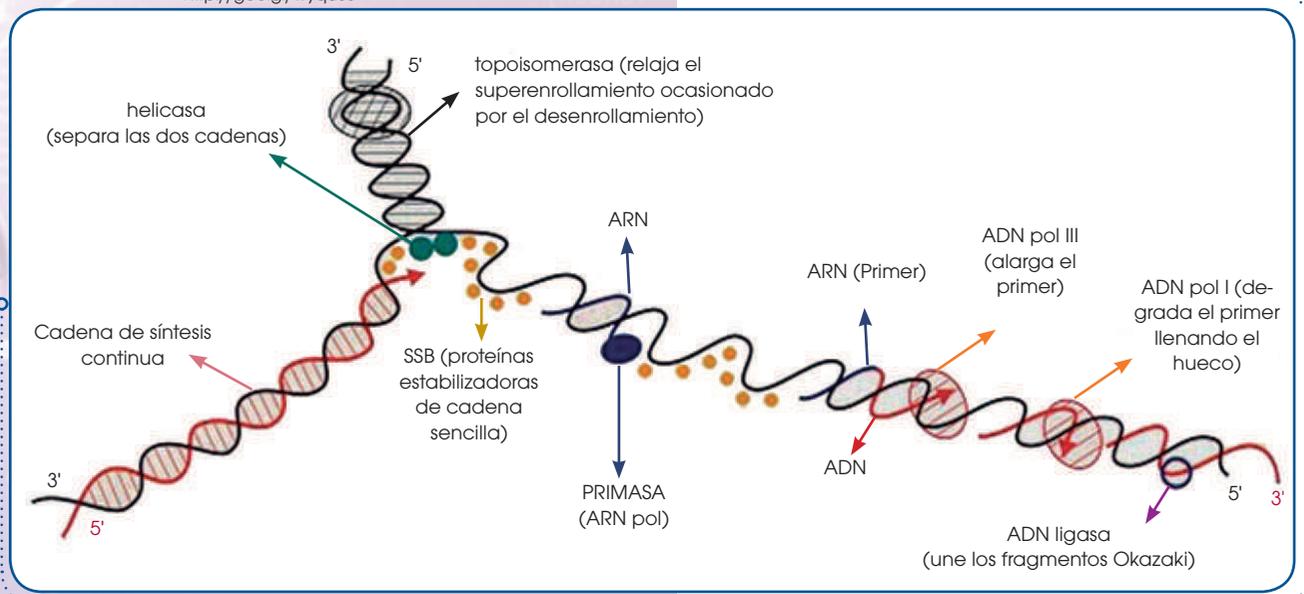
Actividad exonucleasa  
5' 3'



Actividad exonucleasa  
3' 5'



<http://goo.gl/wyqu0S>

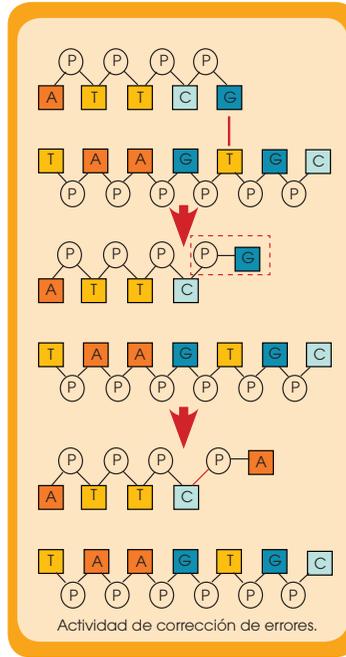


<https://goo.gl/CHcY1S>

La síntesis a partir de la cadena conductora se produce con **un solo cebador** y ocurre de manera **continua**.

En cambio, la síntesis a partir de la cadena retardada se produce con **numerosos cebadores** y, además, es **discontinua**.

Mientras se van incorporando los nucleótidos a las cadenas en formación, la ADN pol I recorre las cadenas para comprobar que los nuevos nucleótidos se emparejan correctamente con sus complementarios.



En caso de que se produzca un emparejamiento erróneo, la ADN pol I detiene la síntesis y, con su actividad exonucleásica 3' 5', corta el enlace del nucleótido erróneo a la cadena y coloca el nucleótido adecuado.

### Replicación en eucariotas

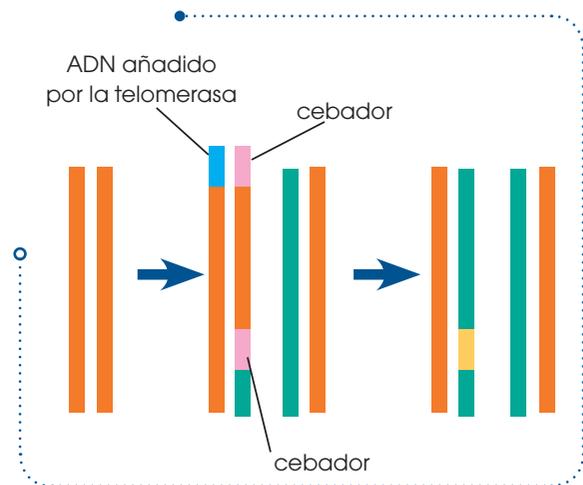
En los organismos eucariotas, la replicación del ADN presenta numerosas coincidencias respecto a la replicación en los procariontes. No obstante, existen diferencias destacables:

- El proceso previo al inicio de la replicación requiere el desempaquetamiento de estructuras espaciales más complejas que en el caso de las procariontes.
- Las células eucariotas contienen mucho más ADN que las procariontes. Por este motivo, existen numerosos puntos de ini-

cio de la replicación a lo largo de cada cromosoma, lo cual permite acelerar el proceso. Por ello, se forman numerosas horquillas de replicación.

- Los fragmentos de Okazaki tienen una extensión menor que en las células procariontes, aproximadamente entre cien y doscientos nucleótidos.
- El ADN de las células eucariotas no está cerrado sobre sí mismo, como el de las células procariontes, sino que es lineal. Tal y como hemos indicado en el apartado anterior, al eliminar los ARN cebadores de los extremos de las cade-

nas quedaría una cadena incompleta. La enzima **telomerasa** alarga los extremos de los cromosomas para evitar la pérdida de material genético durante la replicación.



2. A partir del proceso de replicación del ADN en procariontes y de las características propias de la replicación en eucariotas:

— **Describe** detalladamente los diversos procesos que se dan durante la replicación en los eucariotas. **Sigue** este esquema:

- Enzimas que intervienen

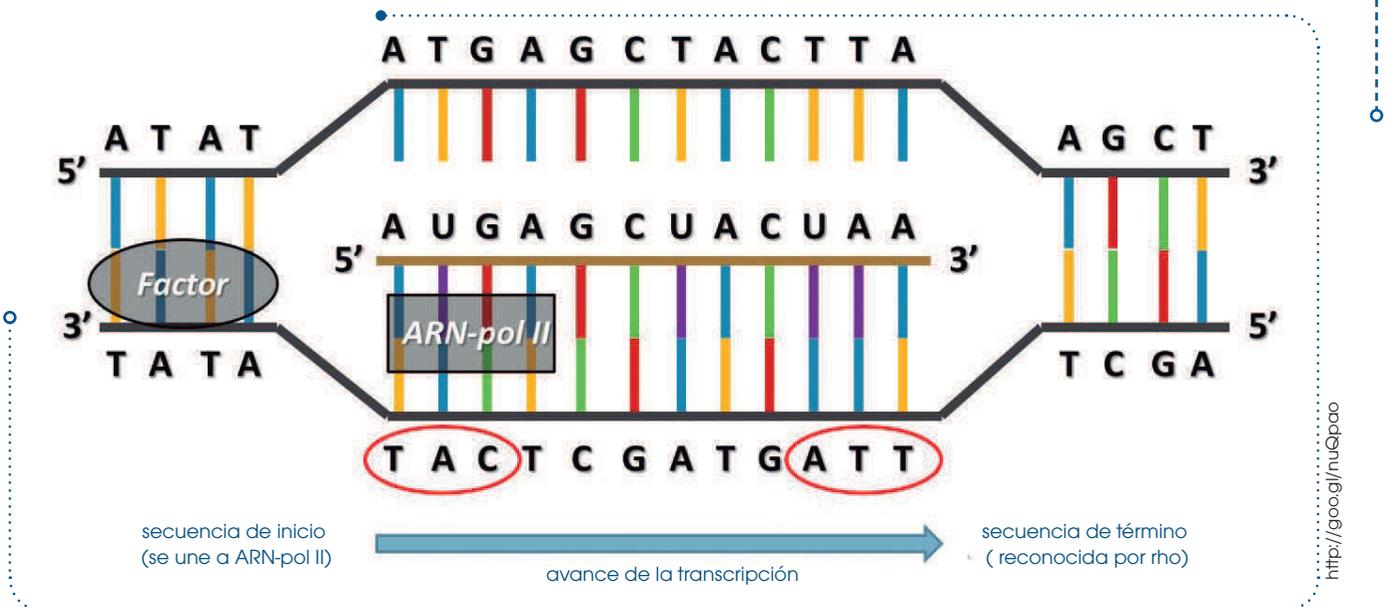
- Inicio de la replicación
- Diferencias entre cadena conductora y cadena retardada
- Acción de la enzima telomerasa
- **Acompaña** la descripción con dibujos esquemáticos.

Actividad

## 2.2. La transcripción

La **transcripción** es el proceso por el que se sintetizan moléculas de ARN complementarias a una de las dos cadenas de una doble hélice de ADN.

Durante la transcripción, la secuencia de bases del ADN determina la incorporación de los ribonucleótidos.



<http://googl/nuQpao>

La transcripción de ADN a ARN es una reacción de síntesis:



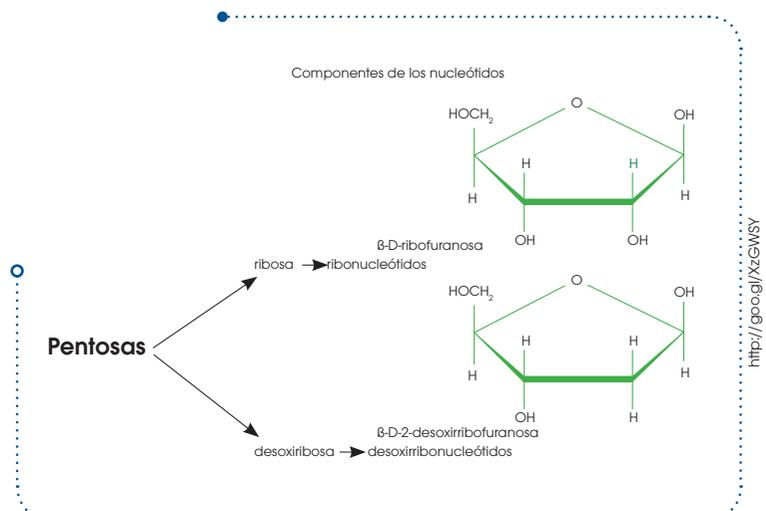
- A partir de uno o varios (n) ribonucleótidos monofosfato (NMP) de la cadena en formación, se produce la incorporación de un ribonucleótido trifosfato (dNTP).
- De esta unión se desprende pirofosfato inorgánico (PPi) y se obtiene una cadena con un ribonucleótido más, incorporado al fragmento inicial (n + 1).

- La incorporación de ribonucleótidos en sentido 5' 3'. Como ya hemos visto, a diferencia de la ADN pol, esta enzima cataliza la unión de los ribonucleótidos sin necesidad de cebador.

Los ribonucleótidos que intervienen en la reacción son los correspondientes a las bases adenina, citosina, guanina y uracilo. La adenina del ADN es complementaria de la base uracilo, en el ARN.

La principal enzima responsable de la transcripción es la **ARN polimerasa (ARN pol)**, que participa en dos procesos diferentes:

- La separación de las dos cadenas de la doble hélice.



<http://googl/xzEWSY>

## La transcripción en procariontas

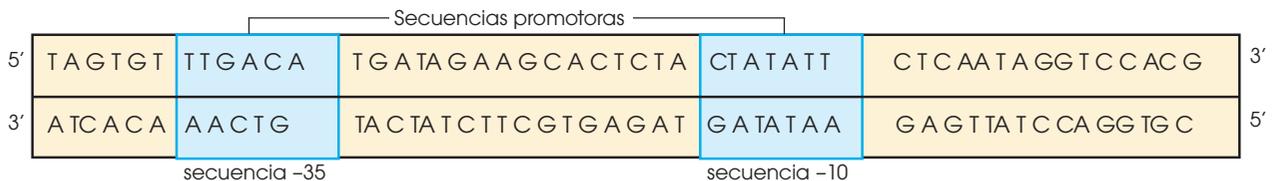
En procariontas, la transcripción se lleva a cabo bajo el control de una sola ARN pol. En este proceso suelen distinguirse tres fases: inicio, elongación y terminación.

### Inicio

En la cadena de ADN hay unas secuencias especiales que reciben el nombre de **secuencias promotoras** o **promotores**.

Estas secuencias se sitúan antes del primer nucleótido que debe ser transcrito y que identificaremos como nucleótido +1. Las secuencias promotoras suelen situarse, aproximadamente, centradas en la posición -35 y -10, anteriores al nucleótido +1.

La secuencia de nucleótidos de los promotores depende de cada organismo, pero en *Escherichia coli* se han observado coincidencias importantes: en general, la secuencia -35 corresponde a una combinación de nucleótidos similar a **TGACA**, y la secuencia -10 se corresponde habitualmente con la secuencia **TATATT**.



La ARN pol se asocia a una subunidad proteica conocida como *subunidad sigma* y reconoce la secuencia -35, a la que se une.

Esta unión facilita la posterior unión del enzima a la secuencia -10, mucho más próxima al inicio de la transcripción.

A continuación, se desprende la subunidad sigma. En ese momento, la ARN pol se encuentra en la posición correcta para separar las dos cadenas de ADN e iniciar la transcripción a partir del nucleótido +1.

### Elongación

A partir de la unión correcta de la ARN pol, esta enzima inicia la síntesis con la incorporación del primer ribonucleótido, según la norma de complementariedad de bases.

La síntesis progresa en sentido 5' 3' y el ARN se mantiene unido al ADN en un pequeño fragmento de unos veinte a treinta nucleótidos a partir del extremo en crecimiento.

### Y TAMBIÉN:



Se han analizado numerosas secuencias promotoras de genes de bacterias y de virus.

Para la **secuencia -35**, se han encontrado diversas posibilidades, como TTGCA, TTGCAT, TTGTAA o bien TTGACT.

Pero la que se encuentra más a menudo es TTGACA.

Para la **secuencia -10**, también hay una cierta variedad: TAGATT, TATAAT, TAGCTT o TAAAAT, pero la más frecuente es TATATT.

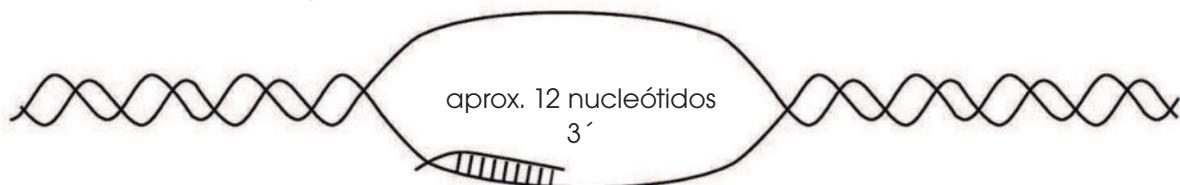
Las semejanzas en este tipo de secuencias refuerzan la teoría de un origen común para todos los seres vivos.

### El tamaño del material genético

Se ha establecido el par de bases (pb) como unidad de medida del ADN y del ARN. Un pb de un ácido nucleico de doble cadena corresponde al espacio ocupado por dos nucleótidos opuestos y complementarios de esta cadena. Así, la secuencia de ADN de la ilustración de esta página tiene un tamaño de 50 pb.

En el caso de los ácidos nucleicos de una sola cadena, como el ARNm, la medida solo hace referencia al espacio de cadena ocupado por un nucleótido.

La secuencia de ARNm representada en la misma ilustración tiene un tamaño de 9 pb. 1000 pb = 1 Mb.



Durante la transcripción, solo se transcribe una cadena sencilla del ADN, la cadena molde. La otra se llama *codificadora*.

No todas las secuencias molde están en la misma cadena. Por ello, hay genes que se transcriben a partir de una cadena, mientras que otros tienen su molde en la cadena contraria.

El resto de la cadena en crecimiento se disocia tanto de la enzima como del ADN.

La transcripción se desarrolla de manera continua, pero con velocidad variable, ya que, en ocasiones, la formación de estructuras espaciales, tanto en el ADN como en el ARN, puede dificultar el avance de la ARN pol.

Suelen transcribirse entre veinte y cincuenta nucleótidos cada segundo.

## Terminación

Es posible que existan diversos mecanismos para indicar el fin de la transcripción.

Algunos de estos mecanismos se relacionan con la formación de bucles en la molécula de ARN que impiden el progreso de la ARN pol y provocan el desprendimiento del ADN.

Es el caso de las secuencias de terminación formadas por dos fragmentos de ADN próximos, que contienen secuencias complementarias entre ellas.

Al transcribirse estas secuencias, se produce complementariedad interna en la molécula de ARN en formación y, por tanto, aparecen bucles que obligarían a finalizar la síntesis de ARN.

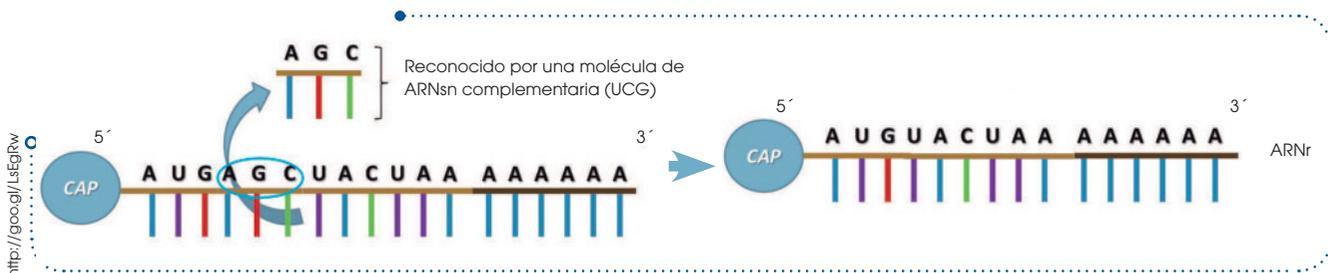
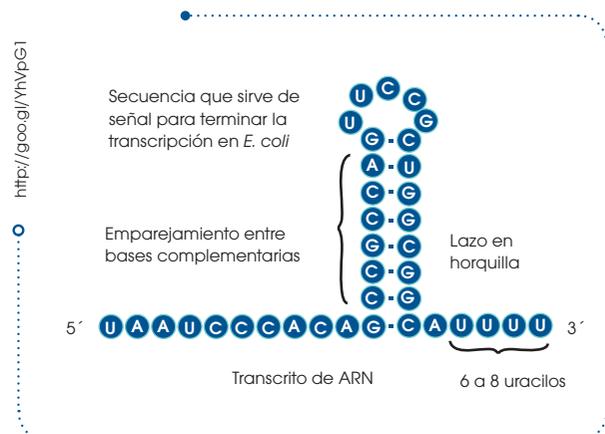
## La transcripción en eucariotas

Durante el proceso, podemos distinguir las mismas fases que en procariontas, pero con algunas particularidades.

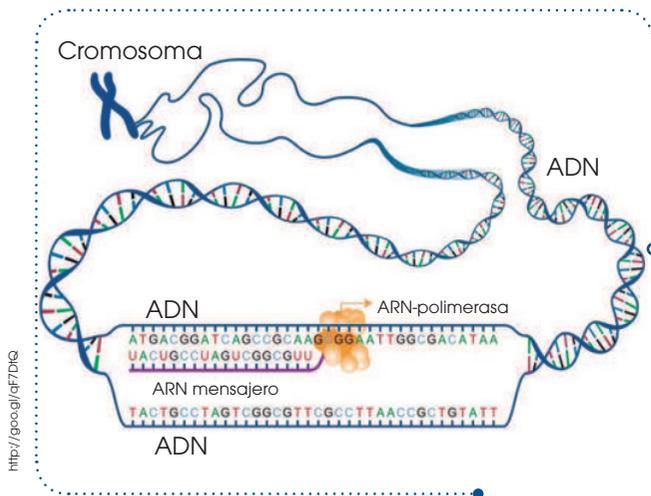
## Inicio

En eucariotas, las **secuencias promotoras** o **promotores** se sitúan, aproximadamente, en la posición -25, o sea, a unos veinticinco nucleótidos del lugar de inicio de la síntesis de ARN.

Esta secuencia ha sido identificada para numerosos genes y en numerosas especies, y observamos una elevada coincidencia en la secuencia TATA; por este motivo, la llamamos **caja TATA** (TATA box).



Las proteínas llamadas **factores de transcripción** (TF, del inglés *transcription factors*) identifican las cajas TATA y se unen a ellas para facilitar la ubicación correcta de la ARN pol sobre la cadena de ADN. A continuación, se inicia la síntesis de ARN a partir del nucleótido +1.



En las células eucariotas, hay tres clases de ARN polimerasas especializadas en la síntesis de diferentes tipos de ARN:

- La **ARN pol I** interviene en la síntesis de las subunidades grandes de los ribosomas.
- La **ARN pol II** es la responsable de la síntesis de los precursores de los ARN mensajeros (ARNm), que se traducirán a proteínas.
- La **ARN pol III** controla la síntesis de los ARN de transferencia (ARNt) y de las subunidades pequeñas de los ribosomas.

Generalmente, cada ARN pol identifica unos factores de transcripción específicos. Ahora, seguiremos la descripción del proceso en el caso de la síntesis de un ARNm.

A pesar de que los detalles del proceso no son del todo conocidos, posiblemente la misma ARN pol II provoca un cambio de conformación en el ADN que permite el acceso a una de las dos cadenas para copiarla, y se inicia la síntesis de ARN.

### Elongación

La ARN pol II va recorriendo la doble hélice y utiliza como molde una de las dos cadenas.

Esta cadena se va leyendo desde el extremo 3' hacia el 5'.

Al mismo tiempo, se van uniendo los ribonucleótidos, uno tras otro, y la cadena va creciendo en sentido 5' 3'.

Los ribonucleótidos se sitúan según la ley de complementariedad de bases, teniendo en cuenta que el ribonucleótido complementario de la adenina del ADN es el uracilo en el ARN. A medida que se va desprendiendo la cadena de ARNm precursor acabada de sintetizar, el ADN recupera su estructura espacial normal.

### Terminación

La terminación se produce de modo similar al mecanismo que hemos descrito para las células procariontas. Al ARNm precursor resultante la llamamos **transcrito primario**.

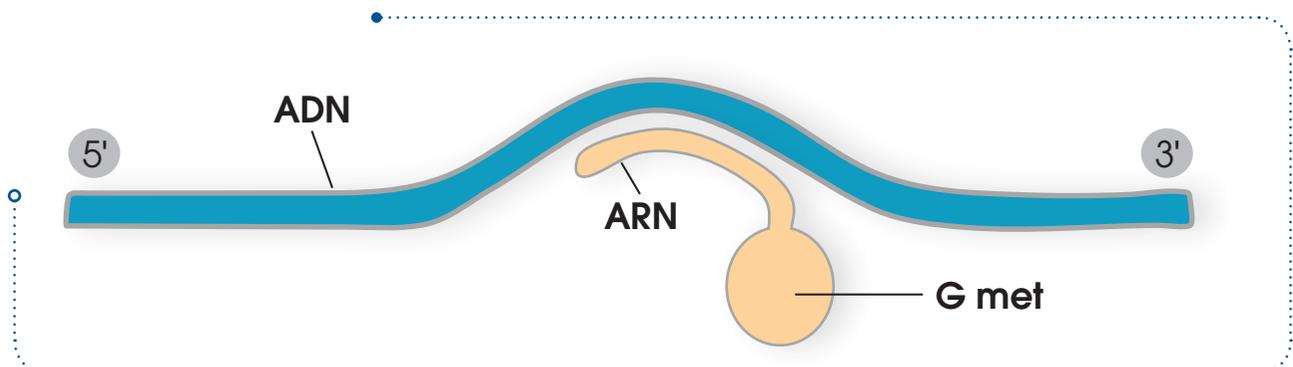
El proceso de síntesis de los otros ARN también se lleva a cabo de un modo parecido. No obstante, el transcrito primario sufre una serie de modificaciones que describimos a continuación.

### Modificaciones postranscripcionales del ARN

Las principales modificaciones en el transcrito primario tras su síntesis son:

- **Incorporación de una capucha:** Por el extremo 5', el transcrito primario incorpora un nucleótido de guanina metilado, que actúa como protección para evitar que el ARN sea degradado por enzimas especializadas en la destrucción de estas moléculas.

Esta capucha se añade poco después de la síntesis del extremo 5' y mucho antes de finalizar la transcripción.

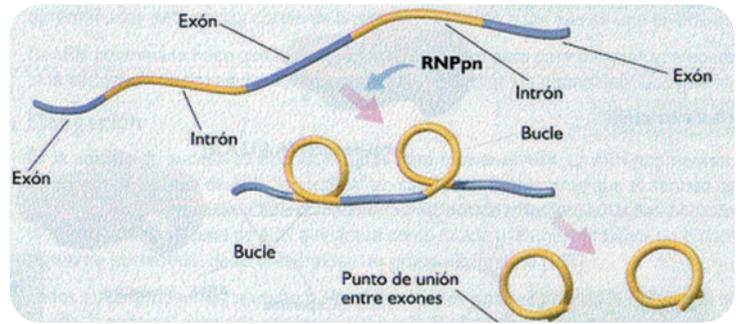


- **Incorporación de una cola:** En el extremo 3' se añade una cadena de entre cien y doscientos nucleótidos de adenina, que llamamos **cola de poli-A**.

Esta cola puede tener como finalidad proteger también este extremo de la molécula frente a la degradación enzimática. Además, es posible que intervenga en el paso del ARNm hacia el citoplasma.

La cola de poli-A se añade al finalizar completamente la transcripción, después de que el transcrito primario se haya desprendido del ADN y de la ARN pol II. Solo los ARN transcritos a partir de la ARN pol II tienen capucha y cola.

- **Eliminación de los intrones:** Los genes eucariotas para ARN contienen dos tipos de secuencias:
  - **Exones:** Secuencias codificadoras que darán lugar a la incorporación de aminoácidos durante la síntesis de proteínas.
  - **Intrones:** Secuencias no codificadoras que no llegan a traducirse en aminoácidos.

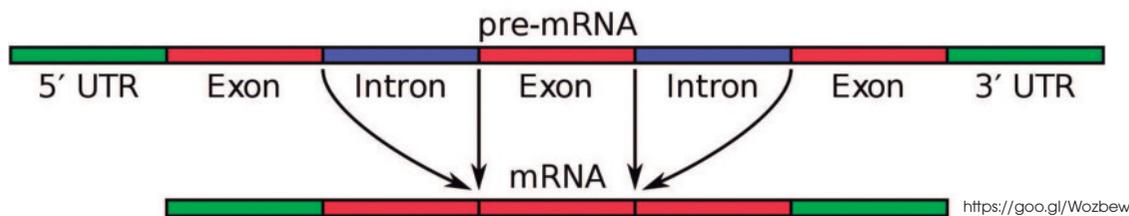


<http://goo.gl/kudXjM>

El transcrito primario contiene las secuencias de los exones y las de los intrones. Para que el mensaje que contiene el ARN pueda transformarse en la proteína correcta, es preciso que se eliminen las secuencias correspondientes a los intrones.

Este proceso de **maduración** tiene lugar mediante una reacción de corte y unión (*ARN splicing*).

- A lo largo de la cadena de ARN transcrito, se forman bucles correspondientes a los intrones.
- Diversas enzimas producen el corte de estas secuencias y la unión entre los exones.
- El resultado del *splicing* es el ARNm.



<https://goo.gl/Wozbew>

A continuación, el ARNm se desplaza hacia el citoplasma para la síntesis de proteínas. Este transporte se produce gracias al reconocimiento específico por parte de proteínas situadas en los poros de la envoltura nuclear que, mediante transporte activo, permiten el paso del ARNm.

El ARNr y el ARNt, transcritos mediante las enzimas ARN pol I y ARN pol III, experimentan un proceso de maduración algo diferente, que

incluye la adquisición de su configuración espacial correcta. Posteriormente, salen al citoplasma e intervienen, también, en la síntesis de proteínas.

La existencia de intrones y exones permite a las células la síntesis de más de una proteína a partir de una única secuencia de ADN. Este fenómeno es conocido como *splicing alternativo*.

Prohibida su reproducción

## 2.3. La traducción

El ciclo celular es el conjunto de etapas por las que pasan todas las células durante las cuales la célula crece aumentando su tamaño y su número de orgánulos y, por último, se divide para originar dos células más pequeñas.

Es el proceso mediante el cual a partir del ARNm se sintetiza una proteína. Tiene lugar de manera similar en procariontes y en eucariontes. Describiremos la traducción tomando como ejemplo una célula eucariota. El proceso se inicia a partir de:

- Un **ARNm** procedente de la maduración del transcrito primario.
- **Ribosomas** libres en el citoplasma con su configuración correcta.
- **ARNt** unidos a los diferentes **aminoácidos**.

Este proceso se considera una verdadera traducción, ya que el mensaje, contenido en el ARNm a partir de una copia del ADN, se **traduce** en una secuencia de aminoácidos. El **código genético** es la clave que permite interpretar el mensaje.

### El código genético

El **código genético** es la correspondencia que se establece entre cada grupo de tres nucleótidos consecutivos de la cadena de ARNm y un aminoácido. A estos grupos de tres nucleótidos o tripletes, los llamamos **codones**. El código genético es **universal**; es decir, en todos los seres vivos, cada triplete codifica para el mismo aminoácido. En esta tabla podemos ver las correspondencias entre codones y aminoácidos.

Además, se dice que está **degenerado**, ya que existen 64 posibles tripletes y solo 20 aminoácidos diferentes, es decir, hay aminoácidos que están codificados por más de un triplete. Existen unos tripletes especiales:

- AUG, que codifica para metionina y corresponde al inicio de la síntesis.
- UAA, UGA y UAG, que determinan el fin de la síntesis.

La diferencia más destacable entre el proceso de síntesis de proteínas en procariontes y en eucariontes se debe a que, en los organismos procariontes, tanto la transcripción como la traducción tienen lugar en el único compartimento que contiene la célula: el **citoplasma**. Además, ambos procesos acontecen de manera casi **simultánea**.

En los organismos eucariontes, el proceso tiene lugar en dos compartimentos diferentes y no son simultáneos: la transcripción se produce en el interior del **núcleo**; la traducción es posterior y se produce en el **citoplasma**.

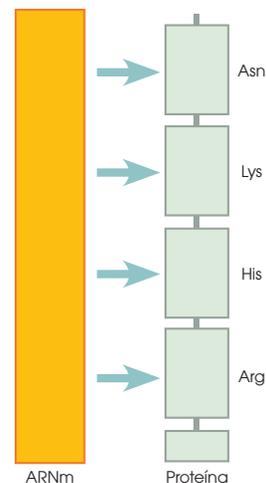
### Y TAMBIÉN:



#### Símbolos usados para la representación de los aminoácidos

Ala — Alanina	Leu — Leucina
Arg — Arginina	Lys — Lisina
Asn — Asparagina	Met — Metionina
Asp — Aspartato	Phe — Fenilalanina
Cys — Cisteína	Pro — Prolina
Gln — Glutamina	Ser — Serina
Gl — Glutamato	Thr — Treonina
Gly — Glicina	Trp — Triptófano
His — Histidina	Tyr — Tirosina
Ile — Isoleucina	Val — Valina

		Segunda base del codón				
		U	C	A	G	
Primera base del codón	U	UUU Phe	UCU Ser	UAU Tyr	UGU Cys	U
		UUC Phe	UCC Ser	UAC Tyr	UGC Cys	C
		UUA Leu	UCA Ser	UAA Stop	UGA Stop	A
		UUG Leu	UCU Ser	UAG Stop	UGG Trp	G
	C	CUU Leu	CCU Pro	CAU His	CGU Arg	U
		CUC Leu	CCC Pro	CAC His	CGC Arg	C
		CUA Leu	CCA Pro	CAA Gln	CGA Arg	A
		CUG Leu	CCG Pro	CAG Gln	CGG Arg	G
	A	AUU Ile	ACU Thr	AAU Asn	AGU Ser	U
		AUC Ile	ACC Thr	AAC Asn	AGC Ser	C
		AUA Ile	ACA Thr	AAA Lys	AGA Arg	A
		AUG Met	ACG Thr	AAG Lys	AGG Arg	G
	G	GUU Val	GCU Ala	GAU Asp	GGU Gly	U
		GUC Val	GCC Ala	GAC Asp	GGA Gly	C
		GUA Val	GCA Ala	GAA Glu	GGA Gly	A
		GUG Val	GCG Ala	GAG Glu	GGG Gly	G



A continuación, describiremos las distintas fases del proceso de traducción y síntesis de una proteína a partir del ARNm correspondiente.

## Unión de los aminoácidos a los ARNt

La figura de la derecha representa la forma habitual que adquieren las moléculas de ARNt. En esta estructura, distinguimos una región especial que contiene un triplete llamado **anticodón**. Esta secuencia es específica para cada aminoácido y determina la unión entre cada ARNt y un aminoácido, para formar un aminoacil-ARNt.

La unión está catalizada por un conjunto de enzimas que reciben el nombre de **aminoacil-ARNt sintetetas**.

Existe una enzima aminoacil-ARNt sintetasa para cada aminoácido; son, por lo tanto, enzimas con una función muy especializada, ya que reconocen cada aminoácido y lo unen específicamente al extremo 3' del ARNt que contiene el anticodón correspondiente.

## Ensamblaje del complejo de iniciación

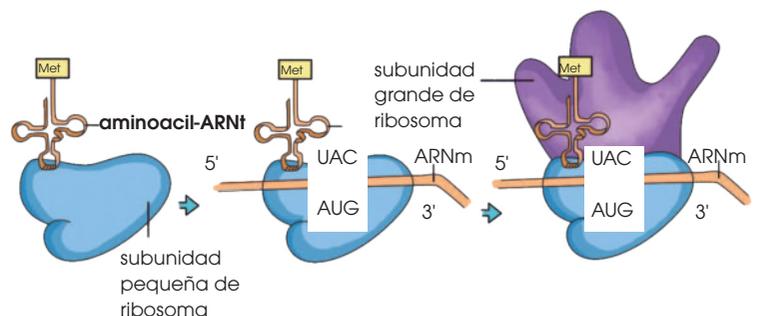
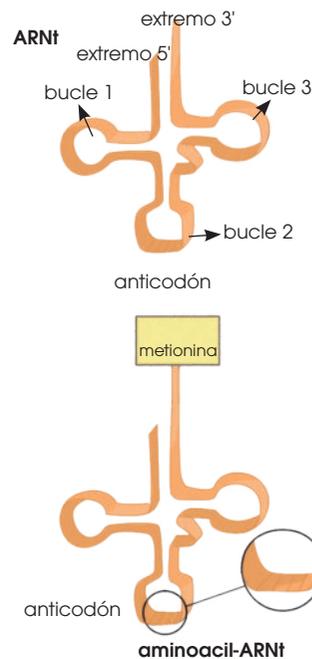
El complejo de iniciación está formado por un ribosoma, el aminoacil-ARNt correspondiente al primer aminoácido, y el ARNm que se tiene que traducir.

La unión de los diferentes componentes tiene lugar de este modo:

- El ARNt que transporta el aminoácido metionina se une a la subunidad pequeña del ribosoma.
- El extremo 5' del ARNm que contiene el codón correspondiente a metionina (AUG) se une también a la subunidad pequeña del ribosoma. El ARNm se «leerá» en sentido 5' 3'.
- En esta posición quedan enfrentados el anticodón del aminoacil-ARNt y el codón del ARNm. Para que el proceso se inicie correctamente, los dos triplete tienen que ser complementarios: UAC en el anticodón del ARNt y AUG en el codón del ARNm.

—Al complejo recién formado se une la subunidad grande del ribosoma. En ese momento queda constituido el complejo de iniciación.

Todas las interacciones moleculares que hacen posible la formación de este complejo son favorecidas por la acción de un conjunto de proteínas llamadas **factores de iniciación**.

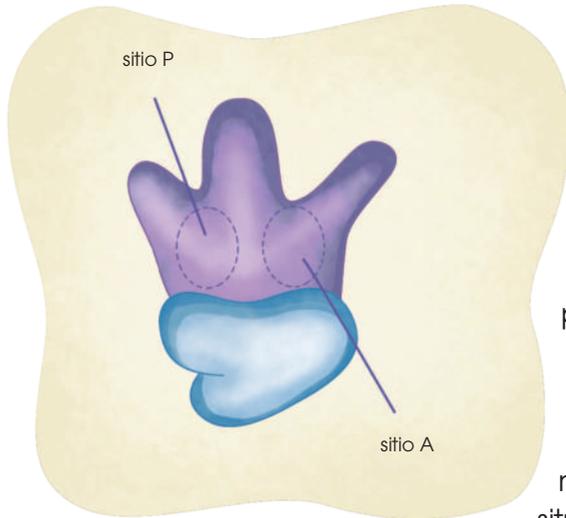


### Y TAMBIÉN:

Hay una gran especificidad entre cada ARNt y el aminoácido al que se ha de unir; también hay especificidad entre el codón del ARNm y el anticodón del aminoacil-ARNt.

En cambio, no existe ninguna especificidad entre el ARNm y los ribosomas. Cualquier ARNm puede ser traducido en cualquier ribosoma.

## Elongación de la cadena de aminoácidos



A partir de la formación del complejo de iniciación, distinguimos en el ribosoma dos **sitios activos**:

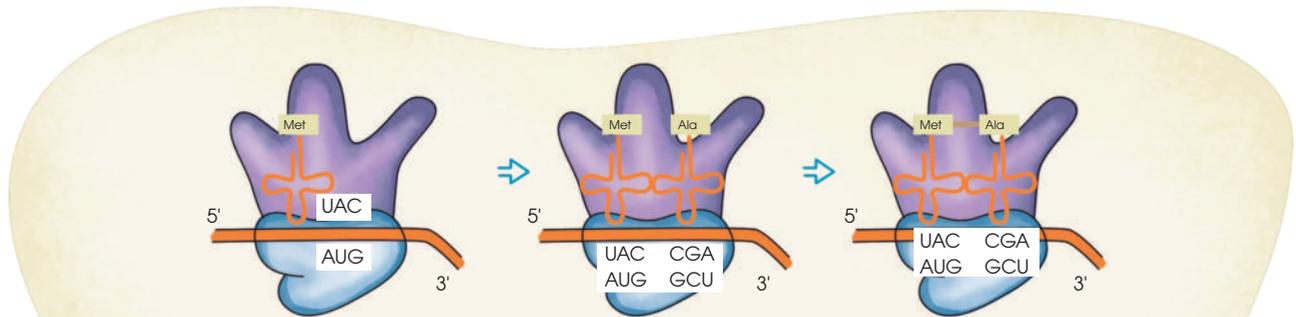
—El sitio P, o sitio de unión del peptidil-ARNt (el ARNt unido al péptido en crecimiento).

—El sitio A, o sitio de unión del aminoacil-ARNt.

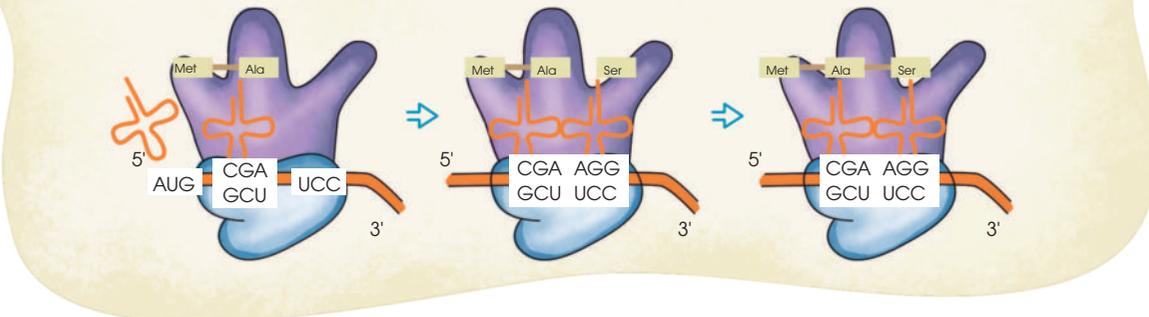
Al inicio de la síntesis, el **sitio P** (sitio peptidil) está ocupado por el primer aminoacil-ARNt y el primer codón del ARNm; aquí se produce la unión entre las bases complementarias de ambas moléculas.

A continuación, en el **sitio A** se sitúa el siguiente aminoacil-ARNt y, en esta posición, su anticodón queda situado delante del segundo codón del ARNm.

Seguidamente, se produce el enlace peptídico entre el primer y el segundo aminoácidos.



Una vez unidos los dos aminoácidos, el ribosoma se desplaza al codón siguiente; de este modo:



— Se desprende el ARNt que transportaba metionina y el primer codón del ARNm queda fuera del ribosoma.

— El complejo ARNt-ARNm que estaba en el sitio A ahora quedará situado en el sitio P.

— En el sitio A (sitio aminoacil) queda el tercer codón del ARNm accesible al aminoacil-ARNt que presenta el anticodón complementario al siguiente codón de ARNm.

— A continuación, se produce el enlace pep-

tídico entre el segundo y el tercer aminoácidos, y se repite todo el proceso.

De esta manera, se van añadiendo, uno a uno, los aminoácidos que componen la proteína codificada.

TIC



En la siguiente página web podrás ver una animación de la traducción: <http://goo.gl/DnzDWa>.

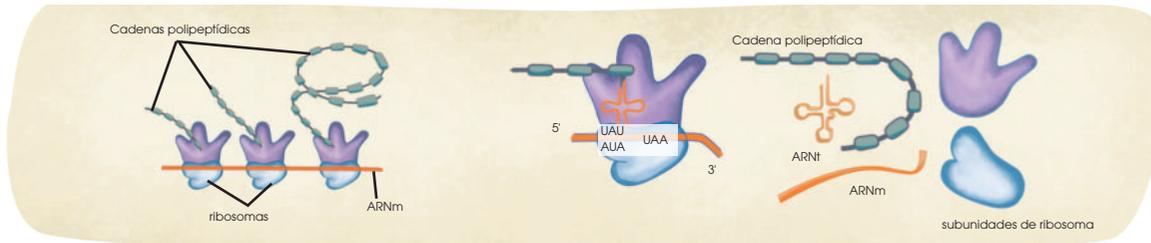
## Terminación de la síntesis

Cuando el sitio A del ribosoma se sitúa frente a un codón de terminación (UAA, UGA, UAG), no se encuentra ningún ARNt específico para este codón.

En este momento se produce la unión de proteínas específicas que favorecen la disociación del complejo de iniciación:

- La proteína recién sintetizada se separa del último ARNt.
- El ARNm se desprende del ribosoma.
- Las dos subunidades del ribosoma se separan.

Aunque la incorporación de aminoácidos se inicia siempre con metionina, no todas las proteínas comienzan con este aminoácido, ya que, tras su síntesis, experimentan un proceso de maduración en el que se suelen perder algunos aminoácidos del extremo N-terminal.



Es muy frecuente que un mismo ARNm pueda ser traducido a la vez por distintos ribosomas, situados en diferentes posiciones a lo largo de la cadena. A estas estructuras las llamamos polirribosomas o polisomas.

En los polisomas se sintetizan varias copias de la misma cadena polipeptídica a partir de una misma molécula de ARNm y diversos ribosomas.

### Actividades

3. En parejas **elaboren** un resumen sobre la forma en que se llevan a cabo la transcripción y la traducción con el siguiente esquema:

- Definición del proceso
- Fases que se distinguen
- Moléculas que intervienen
- Interacciones entre las distintas moléculas
- Características específicas de las células procariontas y de las células eucariotas respecto a estos procesos

4. Elaboren un cuestionario con diez preguntas claves para que sus compañeros y compañeras comprueben sus conocimientos sobre el tema.

—**Observa** en las siguientes secuencias:

5'-UGA-3' 5'-TATA-3' 5'-AUG-3' 5'-TTGACA-3'

- **Indica** si corresponden a ADN o a ARN, y **explica** qué tipo de señal representan durante el flujo de información del ADN.

—**Solución:**

**5'-UGA-3'**: ARN: Señal de terminación de la traducción.

**5'-TATA-3'**: ADN: Secuencia promotora -10.

**5'-AUG-3'**: ARN: Señal de inicio de la traducción, metionina.

**5'-TTGACA-3'**: ADN: Secuencia promotora -35.

### 3. CONTROL DE LA EXPRESIÓN GÉNICA



<http://goo.gl/nubTkc>

#### François Jacob y Jacques Monod

François Jacob (1920 - 2013) y Jacques Monod (1910 - 1976), biólogos franceses y miembros del Instituto Pasteur investigaron diferentes aspectos del control de la expresión génica.

Entre otros, descubrieron el ARN mensajero (ARNm) y los mecanismos de la regulación génica del operón lac en la bacteria *E. coli*. Este operón coordina el metabolismo y el transporte de la lactosa, y su descripción fue motivo del Premio Nobel de Fisiología y Medicina en 1965.

Los eficaces procesos descritos en el tema anterior adquieren su total importancia fisiológica cuando las células pueden activarlos o reprimirlos, según las necesidades biológicas que presenten.

Por ello, existen mecanismos de control que permiten regular la expresión de los genes. Por medio de estos mecanismos se sintetizan unas proteínas cuando la célula las necesita y se dejan de sintetizar cuando no son necesarias.

A mediados del siglo XX, François Jacob y Jacques Monod (Jacob, F. & Monod, J. 1961. Genetic regulatory mechanisms in the synthesis of proteins. *Journal of Molecular Biology* 3: 318-356) describieron un mecanismo de control en los procariotas: el operón.

Un **operón** es un conjunto de genes estructurales que se expresan de manera coordinada; suelen corresponder a genes que codifican para distintas enzimas de una misma vía metabólica. Las secuencias de ADN que encontramos en el operón y asociadas a él son:

- Un **gen regulador**, que determina la síntesis de la proteína represora.
- Una **secuencia promotora**, o **promotor**, como las que ya hemos descrito al hablar

Existen otros sistemas de regulación que afectan al posterior procesamiento del ARNm e, incluso, modificaciones en la síntesis de proteínas.

En general, la regulación génica de los organismos eucariotas funciona mediante sistemas muy diversificados y progresivamente más complejos cuanto más especialización adquieren sus células.

Estos sistemas se basan en la activación o represión de diversos procesos, relacionados con la síntesis y el transporte del ARNm, y la formación de las proteínas resultantes.

de la transcripción, que se sitúa unos pocos nucleótidos antes del punto de inicio de la síntesis de ARNm.

- Un **operador**, una secuencia que puede ser bloqueada por una proteína represora.
- Los **genes estructurales**, que codifican la síntesis de las proteínas que actúan coordinadamente.

El primer operón que se estudió exhaustivamente fue el **operón lac** de *Escherichia coli*. Este regula la síntesis de las enzimas que controlan la **degradación de la lactosa**. *E. coli* utiliza, preferentemente, la glucosa como fuente de carbono y de energía; no obstante, también puede usar lactosa. Por lo tanto, dado que esta utilización es ocasional, constituye un importante ahorro biológico para la célula.

De este modo, la célula controla la expresión de los genes del operón:

- **En ausencia de lactosa:**
  - El gen regulador se transcribe y se sintetiza la proteína represora.
  - La proteína represora se une al operador. Como este se encuentra junto al promotor, la ARN pol no puede acceder al promotor y la transcripción de los genes estructurales queda bloqueada.
- **En presencia de lactosa:**
  - La lactosa se une a la proteína represora, lo que provoca un cambio en su conformación que le impide unirse al gen operador.
  - El gen operador no está bloqueado y se inicia la síntesis de ARNm a partir de los genes estructurales.

## Terminación de la síntesis

Todos los organismos pluricelulares se originan a partir de una sola célula, el cigoto. Esta célula única tiene un determinado genoma y, al dividirse, dará lugar a millones de células genéticamente idénticas (excepto en las mutaciones que puedan surgir). Durante el desarrollo embrionario, este cigoto dará lugar a una gran variedad de células especializadas, que formarán los diferentes tejidos, por un proceso que conocemos como diferenciación celular.

Esta diferenciación se produce como consecuencia de la expresión diferencial de los distintos genes. Así, en unas células se transcriben unos genes mientras que otros son reprimidos, y en otras células, los genes que se expresan y los que se reprimen son diferentes. La expresión diferencial se produce debido a la distribución irregular en el embrión de determinadas sustancias químicas; así, por ejemplo, por gravedad en la parte inferior del embrión habrá una mayor concentración de algunas sustancias que en la superior.

A las células con la capacidad de diferenciarse en los diversos tipos de células que forman un organismo las denominamos *células madre*. En los animales más evolucionados, las células madre se clasifican en dos grupos:

- **Las células madre embrionarias:** Son aquellas con la capacidad de generar todos los tipos celulares del organismo; las llamamos también *totipotenciales* y las encontramos en las primeras fases del embrión.
- **Las células madre adultas:** Son aquellas capaces de generar algunos tipos determinados de células del organismo y reciben el nombre de *pluripotenciales*. Se encuentran en tejidos del organismo ya formados y su función consiste en regenerar tejidos en continuo desgaste, como la piel o la sangre.

## Aplicación de las células madre en biomedicina

Las investigaciones con células madre todavía están en sus inicios, pero resultan muy esperanzadoras. Parece factible que a partir de estas puedan llegarse a tratar muchas enfermedades graves e incurables en la actualidad, como la enfermedad de Alzheimer, el Parkinson o la diabetes.

Para estas aplicaciones médicas, las células madre embrionarias son las que, por ahora, resultan más eficaces, pero en el futuro, parece ser que también se podrán utilizar células madre adultas. De hecho, investigaciones recientes han descubierto que algunas células madre adultas convenientemente estimuladas pueden volverse **totipotentes**.

Las células madre usadas en las investigaciones actuales se extraen de embriones humanos excedentes de los tratamientos de reproducción asistida, o bien, se producen directamente por medio de técnicas de fecundación *in vitro*. En ambos casos se plantean importantes conflictos éticos y legales, como el hecho de considerar el embrión humano como un agregado de células madre.

### Y TAMBIÉN:

Las **células madre** provenientes del **cordón umbilical** y del **corion**, membrana exterior que rodea el feto y el líquido amniótico, también pueden utilizarse en algunos campos de la biomedicina y no implican los problemas éticos de las células madre embrionarias porque son células que se rechazan después del nacimiento.

En el caso del ser humano, durante las dos primeras semanas de desarrollo de un embrión todas las células son células madre embrionarias. A partir de las dos semanas, estas se especializan en un determinado tejido. En un individuo humano formado encontramos algunas células madre adultas como, por ejemplo, en la médula, donde estas células están en constante división, produciendo los eritrocitos, los leucocitos y las plaquetas que nos permiten renovar la sangre y mantener activo el sistema inmunitario.

### 3.1. Las mutaciones

Las **mutaciones** son cambios en la estructura o la composición química del ADN. Estas se producen de manera espontánea en todos los genomas y por la acción de diversas sustancias o fenómenos que interaccionan con el ADN. También pueden producirse por errores durante los procesos de replicación.

Existen diversos tipo de mutaciones.

- **Puntuales o génicas:** Afectan a un solo par de bases, y pueden ser:

Pueden alterar la secuencia de aminoácidos de la proteína correspondiente y modificar el fenotipo del individuo.

—Las **deleciones** y las **inserciones** modifican la **pauta de lectura**, es decir, provocan una alteración de todos los tripletes, desde el punto donde se produce la mutación en adelante. Suelen tener consecuencias muy negativas para la actividad del organismo.

—Las **sustituciones** alteran un **único aminoácido**. Esta alteración puede mejorar o bien perjudicar la supervivencia, según las características de la proteína obtenida. También puede ser que no tengan ningún efecto, si el cambio origina un triplete que

codifica el mismo aminoácido que el ADN anterior a la mutación. En este caso, reciben el nombre de **mutaciones silenciosas**.

- **Cromosómicas:** Afectan a fragmentos de un cromosoma y pueden ser:

—**Deleciones**, si se pierde un trozo de cromosoma.

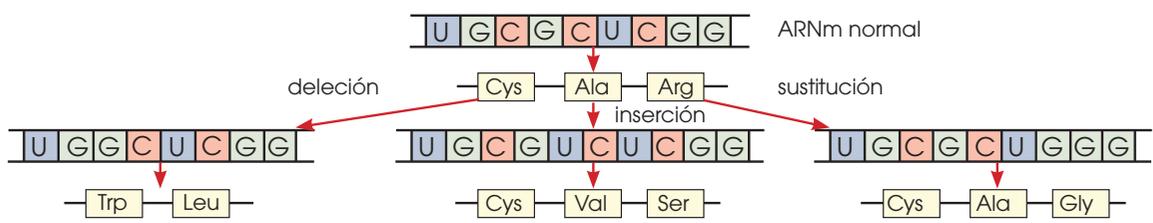
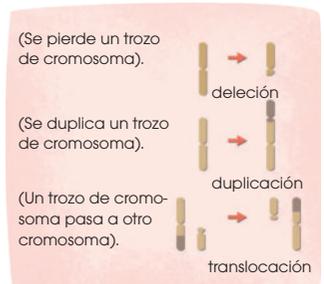
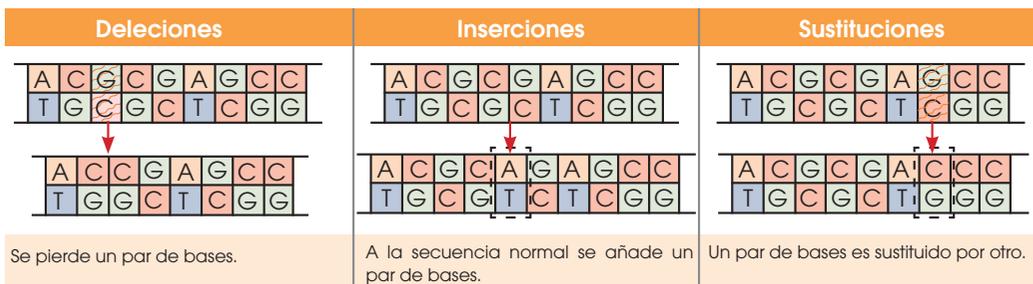
—**Duplicaciones**, cuando se repite un fragmento de cromosoma.

—**Translocaciones**, si un fragmento de cromosoma se desprende de su posición normal y se une a otro cromosoma.

En estos casos, las deleciones son las mutaciones con consecuencias negativas, ya que pueden implicar la pérdida de genes imprescindibles para la actividad del organismo.



<http://google/WwJkEa>



- **Genómicas:** Afectan al número de cromosomas, y pueden ser:
  - **Aneuploidías:** Alteraciones en el número de cromosomas, normalmente por exceso o defecto de un cromosoma entero. Este tipo de mutaciones acostumbra a originar un conjunto de trastornos, o síndrome, que alteran el funcionamiento del organismo, y que incluso pueden impedir la supervivencia.

En el ser humano, se conocen algunos casos, principalmente **trisomías**, es decir, presencia de tres cromosomas en lugar de dos para una pareja. También se da un caso de **monosomía** del cromosoma X, lo cual significa que hay un único cromosoma X en la pareja correspondiente a los cromosomas sexuales. Pueden producirse otras aneuploidías, pero sus consecuencias son tan graves que los individuos no llegan a nacer por abortos espontáneos.

Trisomías de las parejas de cromosomas autosómicos	Dotaciones cromosómicas sexuales alteradas	
De la pareja 13 o síndrome de Patau	X0 Síndrome de Turner	XXX Síndrome de triple X
De la pareja 18 o síndrome de Edwards	XXY Síndrome de Klinefelter	XYY Síndrome de doble Y
De la pareja 21 o síndrome de Down		

- **Poliploidías:** Alteraciones en las que se encuentra duplicada toda la dotación cromosómica, en múltiplos de  $n$ :  $3n$ ,  $4n$ ...

Pueden producirse por diversas causas, por ejemplo, por un error durante la meiosis o por la fecundación de un óvulo por más de un espermatozoide. Este tipo de mutaciones se tolera mejor en especies de plantas que de animales, y suelen originar individuos de dimensiones superiores a las normales.

Si la poliploidía es par ( $4n$ ,  $6n$ ,  $8n$ ...), los individuos suelen ser fértiles y la mutación se transmite a los descendientes.

Si la poliploidía es impar ( $3n$ ,  $5n$ ...), los individuos suelen ser estériles, por dificultades en

el apareamiento de los cromosomas durante la meiosis. Algunas técnicas de cultivo de vegetales favorecen las poliploidías impares, ya que, como son estériles, los frutos de estas plantas tienen semillas muy pequeñas o incluso ausentes, hecho que aumenta el valor comercial de estos productos.

### Y TAMBIÉN:

El 70% de las plantas gramíneas son poliploides. El trigo actual es uno de los mejores ejemplos de poliploidía. Tiene 21 parejas de cromosomas que proceden de tres especies ancestrales, cada una de las cuales tenía una dotación de siete parejas de cromosomas.

5. **Observa** el esquema de la transcripción de la página 24 y **transforma** este fragmento de ADN procarionota en ARNm.



- Con el código genético de la página 28, **pasa** el ARNm a proteína.
- Supón que se producen las siguientes mutaciones:
  - a. 2 se sustituye por A.
  - b. Se añade una base T en el punto indicado con una flecha.
  - c. Desaparece la base 2.
- **Transforma** los fragmentos de ADN que resultan de las diversas mutaciones en ARNm y este último en proteína. **Describe** los efectos de cada mutación.

## Significación de las mutaciones

Las mutaciones pueden producirse de forma espontánea o inducida; en el caso de la especie humana, aproximadamente la frecuencia de aparición de una mutación se produce cada  $2,2 \cdot 10^9$  bases nitrogenadas replicadas.

Las mutaciones pueden ser perjudiciales, neutras o beneficiosas. La selección natural, mecanismo básico de la evolución, actúa sobre la variabilidad de una población. La **mutación** es el principal mecanismo responsable de la variabilidad al aumentar el número de alelos de cada gen y, por tanto, uno de los principales motores de la evolución de las especies.

A pesar de que pueden afectar a cualquier célula del cuerpo es muy diferente si se producen en una célula somática o en un gameto. Las **mutaciones somáticas** no se transmiten a la descendencia y, por lo tanto, no se conservan en las poblaciones. Además, si esta mutación da lugar a un nuevo alelo recesivo, no llega ni a manifestarse en el individuo que la ha padecido.

Las **mutaciones gaméticas**, en cambio, son mucho más trascendentes, ya que se transmiten a la descendencia. La selección natural se encargará, en su caso, de conservar o eliminar esta nueva característica.

Las mutaciones pueden afectar las vías metabólicas, el comportamiento o los caracteres

morfológicos; estas últimas son las más evidentes. Aunque pueden afectar a cualquier parte del ADN.

## Agentes mutágenos

Son aquellos que pueden provocar mutaciones en el ADN. Podemos agruparlos en tres tipos: físicos, químicos y biológicos.

Los **mutágenos físicos** son las radiaciones de alta energía como las radiaciones ultravioletas (UV) y los rayos X.

Los **mutágenos químicos** son una serie de sustancias más amplia que el caso anterior e incluye algunas como el ácido nitroso o los colorantes de acridina.

Los **mutágenos biológicos**, conocidos en la actualidad son algunos virus, como el responsable del papiloma de cuello de útero humano (VPH) o el de la hepatitis B.

## Terapia y diagnóstico génicos

Actualmente, es posible el diagnóstico precoz de enfermedades genéticas en la etapa fetal. Procesos como la amniocentesis o la extracción de vellosidades coriónicas permiten la obtención de muestras de material biológico del feto. A partir de dicho material se puede extraer ADN y detectar la presencia de mutaciones mediante las **técnicas de diagnóstico prenatal**.

### Reparación del ADN

Las células disponen de mecanismos especiales que permiten eliminar las mutaciones como la reparación por escisión o la fotorreactivación.

La reparación por escisión consiste en el reconocimiento de las bases nitrogenadas erróneas, el corte y separación o escisión de estas y la sustitución por las correctas.

La fotorreactivación implica la activación por parte de la luz visible de una enzima llamado *PRE* que tiene como función reparar las bases alteradas por las radiaciones UV.

### Mutaciones y cáncer

**Cáncer** engloba un conjunto de enfermedades caracterizadas por la proliferación y expansión de un **tumor**, mismo que es un grupo de células que se multiplican continuamente, pero sin llegar a diferenciarse para poder llevar a cabo su función habitual.

La transformación de una célula sana en una célula tumoral depende principalmente de la expresión de dos tipos de genes específicos: los **oncogenes** y los **protooncogenes** que tienen un importante papel en la regulación del ciclo celular

y que, al mutar, provocan la proliferación descontrolada de la célula.

Las mutaciones sobre ambos tipos de genes pueden ser:

—**De carácter hereditario**: Conllevan la herencia de la predisposición a ciertos tipos de cáncer.

—**Producidas por agentes mutagénicos**: Afectan al grupo de células expuestas al mutágeno.



<https://goo.gl/mBaNzj>

Las implicaciones de estos conocimientos, así como las alternativas a determinadas situaciones de riesgo, a menudo provocan dilemas éticos en los que intervienen las creencias personales y la legislación vigente en cada país.

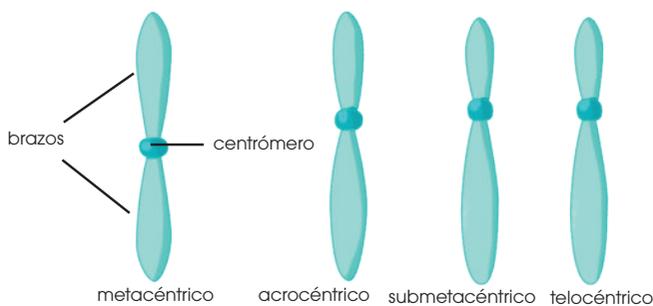
Conocemos por **terapia génica** a una serie de técnicas en estudio que permiten sustituir un alelo causante de una enfermedad por otro. Estas técnicas consisten en introducir en las células afectadas el fragmento de ADN portador del alelo normal. Este fragmento de ADN se introduce en la célula mediante un virus alterado para que no provoque ninguna enfermedad.

El ADN se encuentra en el interior del núcleo de las células eucariotas y, en él, la cadena de ADN puede organizarse y condensarse dando lugar a los cromosomas. Como vere-

### 3.2. Los cromosomas

En las células eucariotas, los cromosomas se sitúan en el núcleo. Al microscopio óptico, los cromosomas, convenientemente teñidos, los distinguimos como unos elementos alargados en forma de bastoncillos, en los que podemos diferenciar:

- Una constricción llamada **centrómero**, que puede ocupar diversas posiciones a lo largo del cromosoma. Según la posición del centrómero, clasificamos a los cromosomas en: metacéntricos, acrocéntricos, submetacéntricos y telocéntricos.



- Los **brazos** o prolongaciones, que parten del centrómero. Los cromosomas son el resultado de la compactación creciente de la **cromatina**, formada por ADN y varios tipos de proteínas. Entre las proteínas de la cromatina distinguimos proteínas histonas y proteínas no histonas.

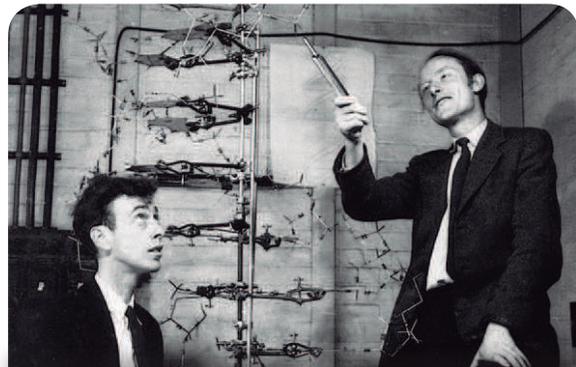
mos más adelante, este será un proceso de gran importancia en la división celular.

Definimos al **ciclo celular** como el conjunto de procesos que suceden en el período comprendido entre dos divisiones celulares.

Todos estos procesos están controlados por el núcleo, donde se encuentra el ADN que forma los cromosomas.

El núcleo de la célula eucariota desarrolla dos funciones primordiales:

- Contiene la información genética que se transmite de una generación a la siguiente.
- Controla la actividad que tiene lugar en la célula.

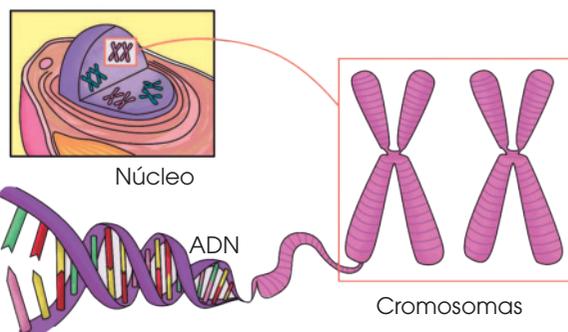


<https://goo.gl/T19XJf>

**Watson y Crick, descubridores de la estructura del ADN**

El ADN fue descubierto en 1869 por el científico suizo Friedrich Mieschler, pero la estructura molecular del ADN no fue establecida hasta 1953, por Watson y Crick.

Si estirásemos una molécula de ADN humano, llegaría a tener una longitud de 1,8 m. Se encuentra empaquetado en el núcleo y su tamaño es de 0,65 micras.



Prohibida su reproducción

## Y TAMBIÉN:



### ADN procariota

Los procariotas contienen un solo cromosoma, conocido como *cromosoma bacteriano*, el cual no posee centrómero. Este está formado por una molécula de ADN circular con proteínas, y juntamente con el ARN, forma el nucleóide bacteriano. En el cromosoma bacteriano, el ADN se une a diversas proteínas que hacen de vínculo; tal es el caso de la proteína HU, que es un dímero que condensa ADN.

Las proteínas **histonas** intervienen directamente en la estructura de los cromosomas, compactándolos. Tienen una gran afinidad por el ADN, debido a las diferencias de carga eléctrica entre estos dos tipos de moléculas. Hay cinco tipos de histonas, llamadas: *H1*, *H2A*, *H2B*, *H3* y *H4*.

Algunas de las proteínas **no histonas** también participan en la constitución de la estructura cromosómica; otras son enzimas que intervienen en el control de las funciones del ADN.

Los cromosomas se constituyen a partir de sucesivos enrollamientos de la doble hélice de ADN mediante la participación de las proteínas de la cromatina.

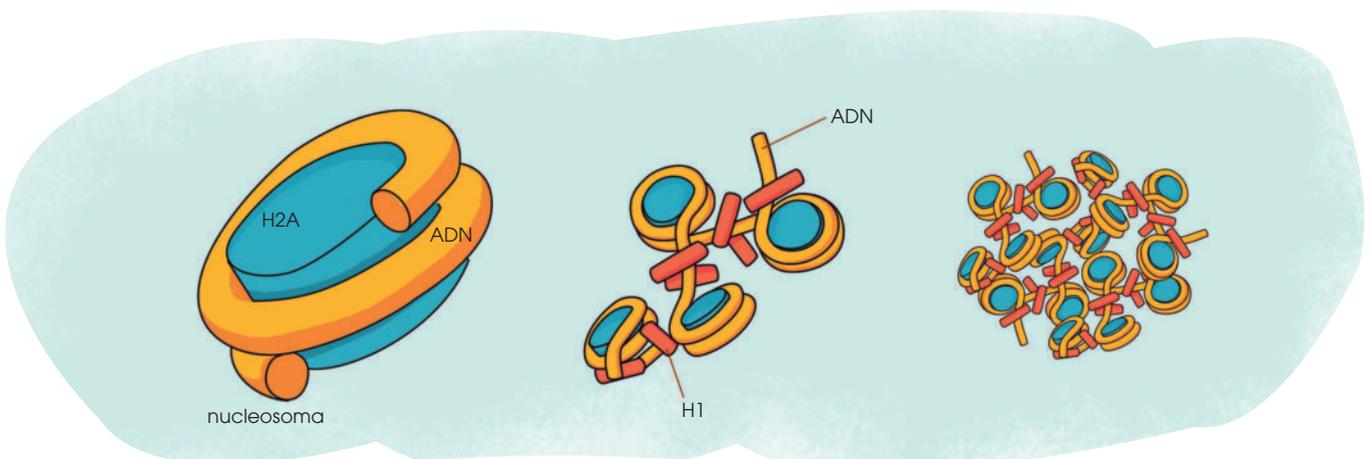
Así, durante la división celular, la molécula de ADN se mantiene enrollada alrededor de las histonas como si estuviese empaquetada para facilitar el reparto de los cromosomas a las células hijas. Esta disposición

del material genético permite que los cromosomas sean claramente visibles.

En la interfase, se producen otras funciones celulares en las que interviene el ADN. Para ello, el ADN relaja su enrollamiento alrededor de las histonas y los cromosomas se desempaquetan.

En esta ilustración, podemos observar tres niveles diferentes de empaquetamiento del ADN:

- Dos histonas de cada uno de los tipos H2A, H2B, H3 y H4 forman una estructura cilíndrica, alrededor de la cual se enrolla una vuelta y tres cuartos de ADN, lo que corresponde a una longitud de 145 pares de bases.
  - Esta estructura recibe el nombre de **nucleosoma**.
- La histona H1 se sitúa entre los nucleosomas y favorece la aproximación, de manera que acorta aún más la longitud de la cadena de ADN.
  - Esta estructura puede estar todavía más enrollada, de modo similar a un solenoide.
- Los empaquetamientos y los superenrollamientos posteriores dan lugar a la estructura del cromosoma condensado, en el que puede apreciarse un acortamiento aparente de la longitud de la cadena de ADN inicial de hasta 5 000 veces.





# Experimento



## Tema:

Extracción de ADN de las células

## Investigamos:

El ADN está constituido por desoxirribonucleótidos formados por desoxirribosa, una base nitrogenada y ácido fosfórico.

Se suele encontrar en forma de doble cadena muy replegada sobre sí misma. A continuación, podremos confirmar algunas de estas características.

## Objetivo:

- Conocer y aplicar algunas técnicas sencillas para la extracción del ADN de las células.
- Confirmar la estructura fibrilar y plegada del ADN.

## Materiales:

- 10 g de hígado de pollo
- una solución de NaCl 2M
- SDS al 20%, o bien, un detergente de lavavajillas
- un mortero y arena lavada
- un embudo
- una pipeta
- una varilla de vidrio
- alcohol etílico de 96°
- naranja de acridina
- dos vasos de precipitación de 250 cc
- un trozo de tela o de gasa gruesa para filtrar
- microscopio, portaobjetos y cubreobjetos

## Proceso:

- **Trituren** 10 g de hígado de pollo en 50 cc de agua, con un mortero con arena lavada, para romper las células y liberar los núcleos.

- **Filtren** varias veces con un embudo recubierto por una tela, para separar los trozos de tejido.
- **Añadan** 50 cc de solución de NaCl 2 M para romper los núcleos de manera que la cromatina quede libre.
- **Añadan** 1 cc de SDS al 20%, o de detergente. Así se rompen los complejos formados por el ADN y las proteínas, y se separan las fibras del ADN.
- **Añadan**, con una pipeta, 50 cc de alcohol de 96°, procurando que el alcohol se deslice por las paredes del vaso y forme una capa superficial sobre la solución. En la interfase, el ADN precipita.
- **Introduzcan** la varilla de vidrio y **remuevan** lentamente, siempre en el mismo sentido. Durante este proceso, unas fibras blancas visibles a simple vista, que corresponden al ADN, se adhieren a la varilla.
- **Coloquen** una parte de las fibras sobre un portaobjetos, **tápenlo** con un cubreobjetos y **obsérvenlo** directamente al microscopio.
- **Coloquen** el resto de fibras en un portaobjetos y **tiñanlo** con naranja de acridina durante unos minutos. **Vuelvan** a observar.

## Cuestiones:

- **Describan** la relación entre los procesos que se utilizan para la separación del ADN y los efectos que producen en la estructura del tejido, de las células y del ADN.
- **Dibujen** lo que se observa al microscopio y **describelo**.
- ¿Permite esta práctica confirmar las características del ADN descritas en el libro?



# Resumen

1. ADN y ARN
2. Síntesis de proteínas

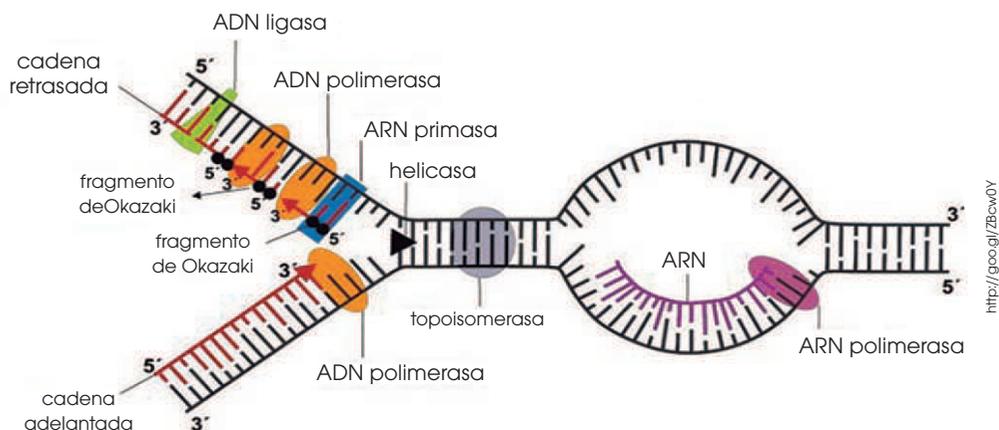
Parámetro	ADN	ARN
Cadena polinucleotídica	2 (doble hélice)	1 (diversas formas)
Bases nitrogenadas	Purinas: adenina y guanina Pirimidinas: timina y citosina	Purinas: adenina y guanina Pirimidinas: uracilo y citosina
Pentosa	2 desoxirribosa	Ribosa
Tipos	Nuclear y mitocondrial	ARMm, ARMt, ARMr
Función	Transmite y almacena la información genética.	Transcribe y traduce la información de proteínas.
Localización	Núcleo y mitocondrias	Núcleo citoplasma y ribosomas

## Síntesis de proteínas: procesos

**Replicación:** Consiste en la copia del ADN de una célula antes de la división celular para que la célula hija tenga el mismo ADN que la madre.

**Transcripción:** Consiste en convertir la información contenida en el ADN en un formato legible para la maquinaria celular de síntesis de proteínas.

**Traducción:** Es el mecanismo por el que el mensaje que lleva el ARN se utiliza para sintetizar proteínas.





▼ BLOG

### En nuestro cuerpo podría haber ADN atrapado de otros seres humanos

Si bien esto suena a ciencia ficción, puede existir ADN de otro ser humano «atrapado» en el interior de nuestro cuerpo. Peter Kramer, de la Universidad de Padua, afirma que una gran cantidad de genes humanos diferentes están incesantemente dentro de nosotros.

Peter Kramer, de la Universidad de Padua, Italia, y su colega, Paola Bressan, acaban de publicar un artículo sobre el extraño fenómeno llamado *microquimerismo*, que es la presencia en el organismo de un reducido número de células originarias de otro individuo y que, por lo tanto, son diferentes genéticamente a las células del individuo huésped. Se conoce poco acerca del tema, pero se estima que recogemos ADN diferente tal vez desde el vientre materno, entre gemelos que intercambian información genética o de un hermano mayor que nos haya dejado ADN en la placenta. **Mira** la noticia completa en el siguiente *link*: <https://goo.gl/148qYY>.

<http://goo.gl/7m86Z1>



▼ SOCIEDAD

### Melanie Gaydos, una modelo con mutación genética que dice sentirse bella

Melanie Gaydos es una modelo internacional afincada en Nueva York; pero no una de tantas. Con su impresionante aspecto rompió muchas barreras para hacerse un hueco en el mundo de la moda.

«Yo nací con una mutación genética llamada *displasia ectodérmica*, que me afecta al pelo, a los dientes, a la piel y las uñas». Normalmente esa maraña de células se divide en tres capas: las células de la capa interior

darán lugar al hígado y a los intestinos, las del medio se transformarán en riñones, músculos, huesos y sangre, y las de la capa exterior del embrión, llamada *ectodermo*, lo harán en piel, pelo, dientes, glándulas sudoríparas y uñas. Para Melanie, esta capa exterior no se desarrolló como debería.

**Conoce** a esta modelo en el siguiente *link*:

<http://goo.gl/Oj5umK>.

▼ SENTIDO CRÍTICO

#### Película:

En el siguiente enlace podrás encontrar un documental sobre las mutaciones en el ADN: <https://goo.gl/AiECrk>.

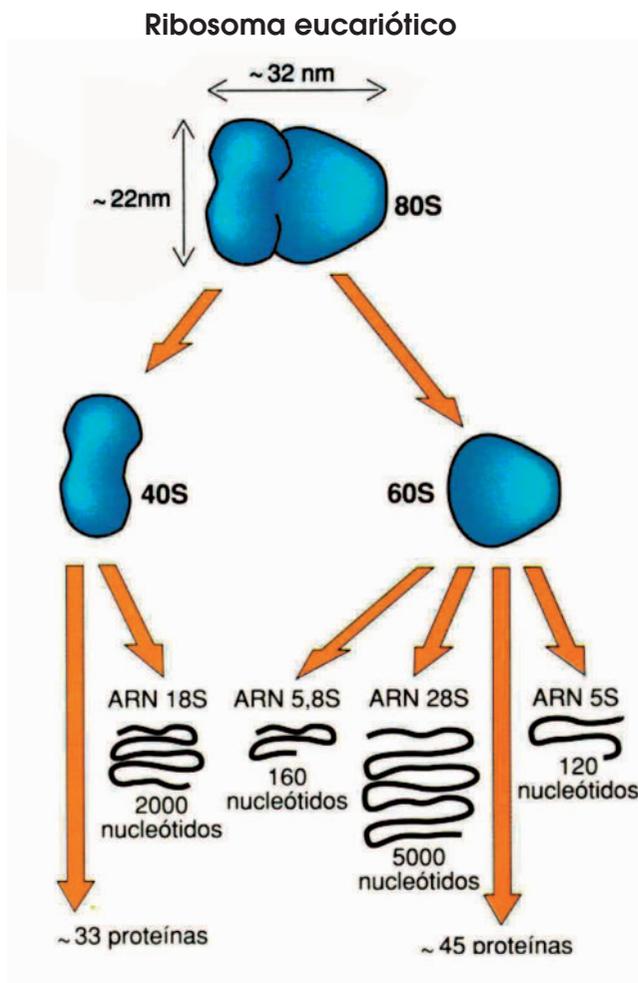
▼ SI YO FUERA



<http://goo.gl/IC6x7>

Un **bioquímico**, examinaría la estructura química de los diversos organismos como carbohidratos, lípidos, ácidos nucleicos y proteínas, incluyendo diversas reacciones químicas (metabolismo, catabolismo, anabolismo).

# Para finalizar



<https://goo.gl/RNUuZT>

El resultado de la traducción es la secuencia de aminoácidos codificada en el ADN. Pero, para disponer de la proteína funcional, la cadena polipeptídica debe verse sometida a una serie de cambios, como la eliminación de la metionina del extremo N-terminal, conocidos en su conjunto como *procesamiento postraduccional*. Estos cambios se dan tanto en las células eucariotas como en las procariontas, variando tan solo el tipo de modificaciones predominantes y el lugar donde ocurre el proceso.

En los eucariotas, una vez que el ARNm ha sido traducido, la cadena polipeptídica obtenida se dirige hacia el retículo endoplasmático y después, al aparato de Golgi. Estos compartimentos de membrana participan activamente en el procesamiento de las pro-

teínas, así como en la señalización de estas para que puedan llegar a su destino final, sea este intra o extracelular. Los principales tipos de modificaciones son:

- **Modificaciones terminal:** Son todas las modificaciones que afectan a los aminoácidos de los extremos de la cadena polipeptídica. Un ejemplo es la eliminación de la metionina del extremo amino terminal.
- **Pérdida de secuencias señal:** Las cadenas presentan pequeñas secuencias en un extremo cuya función es la señalización de la proteína para su correcta distribución celular.
- **Modificación de aminoácidos:** Dependiendo de los aminoácidos de la secuencia, estos pueden ser fosforilados, aminorados, metilados o hidroxilados.
- **Unión de cadenas laterales glucídicas o glicosilación:** Estas cadenas pueden unirse mediante enlaces O-glucosídicos o N-glucosídicos. La glicosilación es frecuente en proteínas con destino extracelular.
- **Adición de grupos prostéticos:** Un ejemplo de esta modificación es la adición del grupo hemo de la hemoglobina.
- **Formación de puentes disulfuro:** Pueden ser dentro de una misma cadena o entre cadenas distintas. En ambos casos, son imprescindibles para la estabilización de la estructura proteica.
- **Modificación proteolítica:** Muchas proteínas se sintetizan como precursores inactivos que pasan a ser funcionales después de una hidrólisis parcial. La hidrólisis puede darse lejos de la célula donde se ha sintetizado el precursor. Un ejemplo es la tripsina, que se sintetiza en forma de tripsinógeno en las células del páncreas y es secretado en el intestino delgado; en él, la enteropeptidasa induce la proteólisis del tripsinógeno, que da lugar a la tripsina.

Todo esto nos muestra que el correcto funcionamiento de una proteína no depende

únicamente del traspaso de la información contenida en los genes, sino que también depende de la correcta introducción de modificaciones en su composición y su estructura.

- ¿En qué consiste el procesamiento postraducciona?
  - **Busca** información sobre la estructura y la composición de la insulina, del colágeno y de la hemoglobina, y **explica** qué tipo de modificaciones han dado lugar a la proteína funcional.
  - **Dibuja** un esquema de la síntesis completa de una proteína en una célula eucariota que incluya desde la transcripción hasta el proceso de modificación postraducciona. En el esquema deben constar las principales moléculas implicadas, así como los orgánulos y las estructuras celulares que participan en cada proceso. Parte de un esquema sencillo en el que estén indicados el interior nuclear, la membrana nuclear, el citoplasma y los orgánulos.
  - **Explica** la relación que existe entre los procesos de modificación postraducciona y el transporte de vesículas en el retículo endoplasmático y en el aparato de Golgi.
  - **Busca** la información necesaria y **di** cuál es la función de la tripsina. ¿Qué ventaja crees que representa la modificación proteolítica lejos del lugar de síntesis que padecen ciertas proteínas como la tripsina?
1. ¿En qué fase del ciclo celular se lleva a cabo la replicación del ADN? ¿En qué mo-

mento del ciclo llegarán a ser importantes la transcripción y la traducción? **Justifica** las respuestas relacionando cada proceso con las necesidades celulares de cada momento del ciclo.

2. **Define** estas actividades enzimáticas: polimerasa, exonucleasa, endonucleasa.
3. **Rectifica** el error de esta secuencia de un fragmento de cebador: 5'-ACGGGATGA-3'.
4. **Observa** el siguiente fragmento de ADN procarionta:

3'-CGGTATCCATCGATGCTGGAACTT-5'

Teniendo en cuenta la posición de los extremos 3' y 5', y consultando el código genético:

- **Deduce** la secuencia transcrita y la de aminoácidos que se obtendrá a partir del ARNm transcrito.
  - **Especifica** también las modificaciones que experimenta el ARN eucariota después de la transcripción.
5. **Elige y describe** las ideas claves que permitan distinguir claramente la replicación del ADN de la síntesis de proteínas.
  6. Elabora una línea del tiempo desde 1869 hasta la actualidad, indicando los principales hitos relacionados con la genética molecular.

	Procariontas	Eucariotas
Inicio		
Elongación		
Terminación		

## AUTOEVALUACIÓN

Reflexiona y **autoevalúate** en tu cuaderno:

### • Trabajo personal

¿Qué tema me ha resultado más fácil y cuál más difícil de comprender?

¿He cumplido mis tareas?

¿Qué aprendí en esta unidad?

### • Trabajo en equipo

¿He compartido con mis compañeros y compañeras?

¿He respetado las opiniones de los demás?

- **Escribe** la opinión de tu familia.

- **Pide** a tu profesor o profesora sugerencias para mejorar y **escríbelas**.

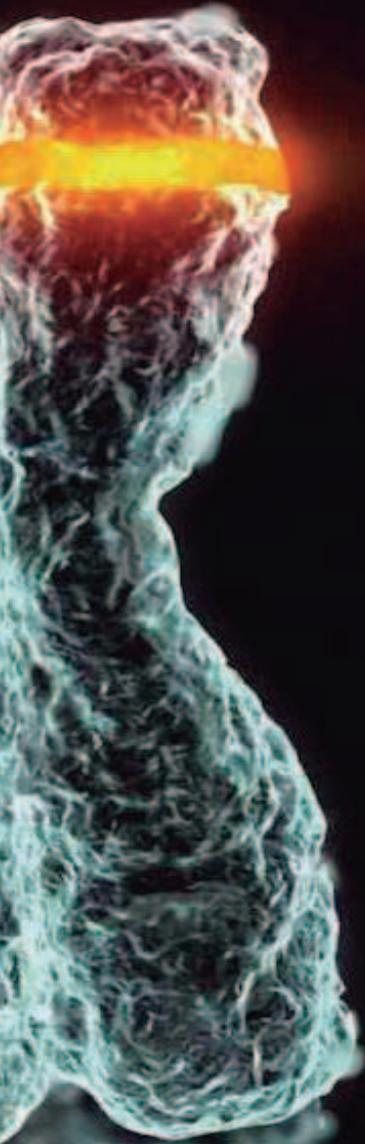
# 2

## El ciclo celular

<https://google/z55wuy>

### CONTENIDOS:

- 1.** Fases del ciclo celular
  - 1.1. Profase
  - 1.2. Metafase
  - 1.3. Anafase
  - 1.4. Telofase
  - 1.5. Interfase celular
- 2.** La meiosis
- 3.** Control del ciclo celular
  - 3.1. El envejecimiento y la muerte celulares
- 4.** Función de reproducción
  - 4.1. Reproducción asexual
  - 4.2. Reproducción sexual
  - 4.3. Fecundación



### Noticia:

#### Serpiente en cautividad se reproduce sin aparearse con un macho

Una serpiente de agua de vientre amarillo se reprodujo por sí misma en 2014 y de nuevo este verano, indicaron los responsables del Centro de Conservación de Naturaleza del cabo Girardeau, dependiente del Departamento de Conservación de Misuri. La serpiente vive en cautividad y sin un compañero macho desde hace casi ocho años. Un becario que cuida de la serpiente encontró las cápsulas con las crías recién puestas en julio.

<https://goo.gl/m8jKHg>



### Películas:

#### La reproducción sin sexo

La bióloga y divulgadora Aarathi Prasad habla sobre la posibilidad futura de tener hijos al margen del embarazo. Además, Prasad da un paso más y da a conocer las puertas que están abriendo campos como la clonación.

<http://goo.gl/zYYKE>



### Web:

#### Una triple barrera protege las células de convertirse en cancerosas

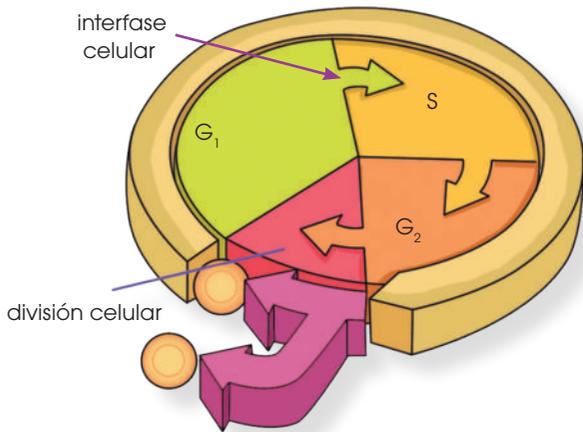
Un equipo de expertos ha descrito por primera vez un triple mecanismo que detiene la mitosis cuando la integridad de los cromosomas está amenazada. La activación de cualquiera de las tres vías de control detiene el proceso que podría dar lugar a una transformación maligna. La investigación se ha publicado en Plos Genetics.

<http://goo.gl/QB2ggf>

## EN CONTEXTO:

Lee la noticia anterior y responde:

- ¿Qué es la *partenogénesis*?
- ¿En qué organismos ocurre?
- ¿Qué diferencias hay entre *reproducción sexual* y *asexual*?
- ¿Podría ocurrir partenogénesis en humanos?



## I. FASES DEL CICLO CELULAR

### Ciclo celular

El **ciclo celular** es el conjunto de etapas por las que pasan todas las células durante las cuales la célula crece aumentando su tamaño y su número de orgánulos y, por último, se divide para originar dos células más pequeñas.

La duración del ciclo celular es variable, puede oscilar desde pocas horas hasta más de un año; depende del tipo de célula y de las circunstancias en que se desarrolla.

A lo largo del ciclo celular, podemos distinguir dos fases fundamentales: la **división celular** y la **interfase celular**; es decir, el período entre división y división. Cada una de estas fases se divide en etapas o períodos diferentes, tal y como mostramos en este esquema. La división celular comprende el 10% del ciclo celular, mientras que la interfase comprende el 90%.

### División celular

La **división celular** es el proceso por el que, a partir de una célula, que podemos llamar *madre*, se obtienen dos células hijas. Cada célula hija contiene una copia exacta de los cromosomas de la célula madre y, aproximadamente, la mitad de su material citoplasmático. A lo largo de la división celular, podemos distinguir la **mitosis** y la **citocinesis**.

### Mitosis

La **mitosis** es la división del núcleo de la célula. Al final de esta etapa, cada célula hija recibe una dotación cromosómica completa. Para lograrlo se requiere:

- **La duplicación de los cromosomas:** Antes de la mitosis, la célula sintetiza ADN para obtener dos copias idénticas de cada cromosoma, que se repartirán entre las células hijas.

En los seres unicelulares, la división celular comporta la generación de nuevos individuos, lo cual permite la perpetuación de la especie. En los seres pluricelulares, la división celular implica procesos como el desarrollo de un individuo completo a partir de una célula inicial y la aparición de diversos tejidos especializados.

- **La condensación de los cromosomas:** Los cromosomas se mantienen estrechamente unidos a las histonas que hacen posible el empaquetamiento del ADN. De este modo, se facilita el desplazamiento de los cromosomas durante el reparto.
- **La presencia de estructuras tubulares:** Que guíen, durante el reparto del material celular, tanto los cromosomas como el resto de orgánulos citoplasmáticos, de modo que queden equitativamente repartidos entre las dos células hijas.

La mitosis se desarrolla a lo largo de cuatro etapas: profase, metafase, anafase y telofase.



<http://goo.gl/bXzkqk>

TIC



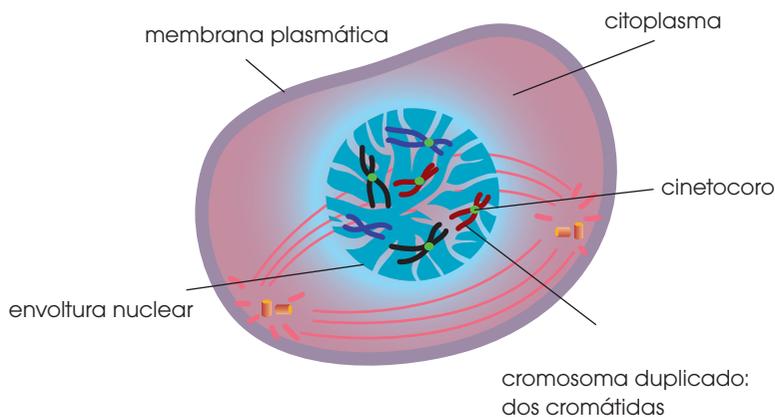
En esta página, puedes observar el ciclo celular con las diferentes etapas explicadas: <http://goo.gl/PNuwc>.

## 1.1. Profase

La profase comprende, aproximadamente, el 60% de la duración total de la mitosis. Es, por lo tanto, la etapa más larga de la división celular.

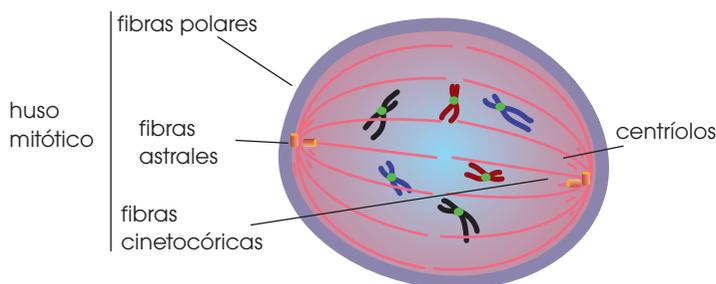
Durante la profase, podemos observar, de modo progresivo, los siguientes fenómenos:

- En el citoplasma, se «**desmonta**» el **citoesqueleto** para que los microtúbulos intervengan en la mitosis. Por este motivo, el citoplasma se vuelve más viscoso.
- En el núcleo, los **cromosomas se condensan** y se hacen visibles como estructuras filamentosas; además, se **dispersa** el material del nucléolo.



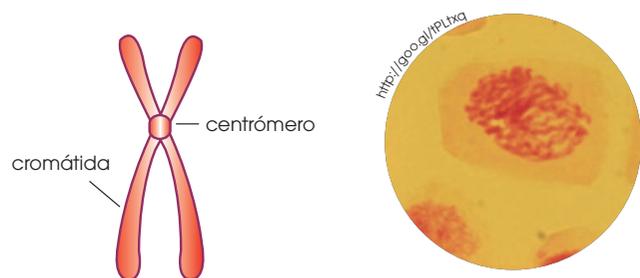
- Los centríolos se separan y se desplazan hacia los polos de la célula.

A medida que van separándose, entre ellos se dispone un conjunto de microtúbulos que formarán las fibras del **huso mitótico**. Entre estas fibras podemos distinguir:



En las células en que no hay centríolos, como las vegetales, las fibras del huso se orientan tomando como referencia la membrana plasmática y los polos de la célula.

- La **envoltura nuclear se fragmenta** en forma de membranas similares a las del retículo endoplasmático. Al final del proceso, los cromosomas entran en contacto con el citoplasma.
- Cada **cromátida hermana** tiene, en la zona del centrómero, un anillo proteico llamado **cinetocoro**, que se une a los microtúbulos del huso mitótico.

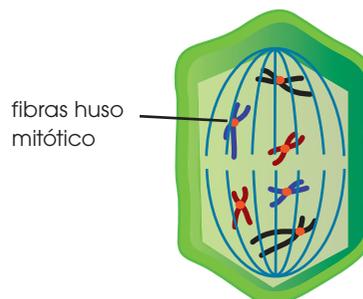


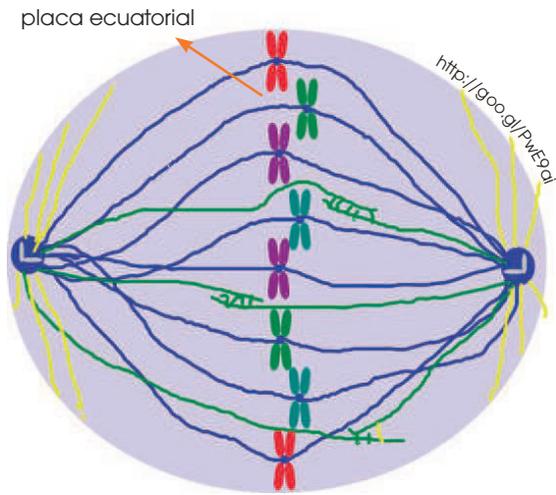
Cada una de las dos copias que se obtienen a partir de la duplicación de un cromosoma recibe el nombre de *cromátida*; como ambas proceden de un mismo cromosoma, solemos llamar las *cromátidas hermanas*. Durante las primeras etapas de la mitosis, las cromátidas hermanas permanecen unidas por el centrómero.

—**Fibras cinetocóricas:** Microtúbulos del huso unidos a los cinetocoros.

—**Fibras polares:** Microtúbulos del huso no unidos a los cinetocoros.

—**Fibras astrales:** Microtúbulos exteriores al huso mitótico.



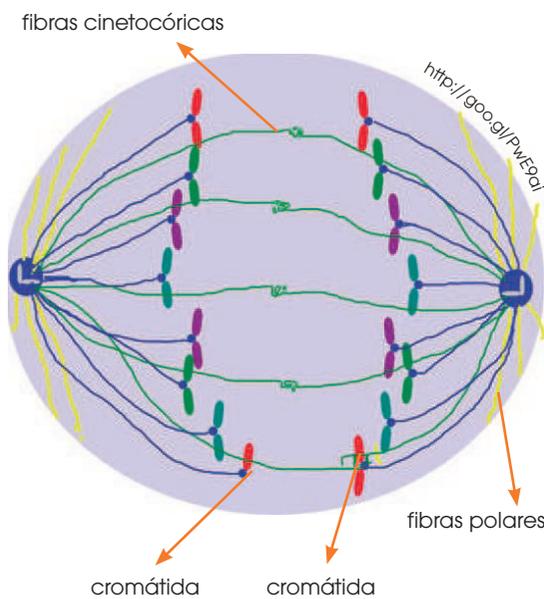


## 1.2. Metafase

En esta etapa, los cromosomas se disponen alineados en la zona media de la célula:

- Las cromátidas unidas a las fibras cinetocóricas se desplazan con un movimiento oscilante, hasta que se sitúan en la zona media de la célula y forman la **placa ecuatorial**.

Se mantienen sujetas por las fibras cinetocóricas y las fibras polares.



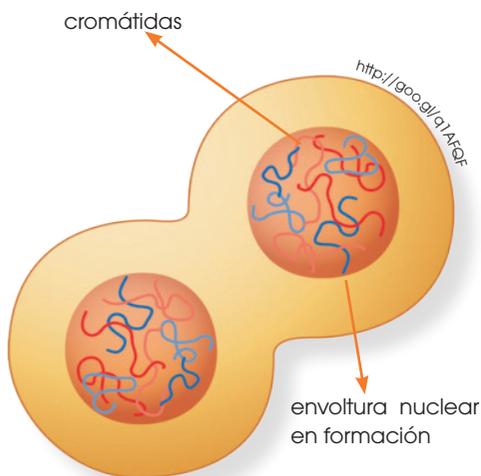
## 1.3. Anafase

Durante la anafase tiene lugar el reparto de los cromosomas:

- Los **cinetocoros se dividen** y las dos **cromátidas hermanas se separan** y se desplazan, cada una hacia un polo de la célula.

Este desplazamiento, al parecer, es debido a la tracción de las fibras cinetocóricas.

Observamos que los centrómeros se desplazan con más rapidez que los brazos de los cromosomas.



## 1.4. Telifase

Es la última fase de la mitosis:

- Los dos grupos de **cromátidas** llegan a los **polos opuestos** de la célula.
- Las moléculas de tubulina que componen los **microtúbulos se dispersan** por el citoplasma.
- La **envoltura nuclear** se va **reconstruyendo** alrededor de cada grupo de cromosomas, los cuales recuperan, despacio, el aspecto difuso.
- Al término de la telofase, podemos distinguir un **nucléolo** en cada núcleo.

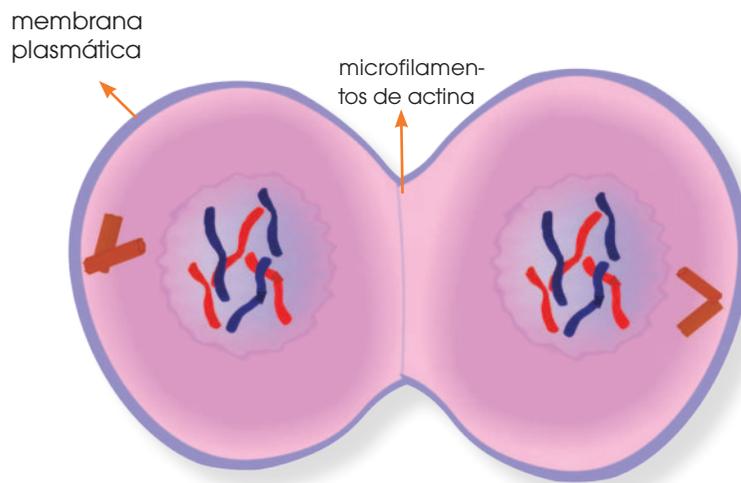
El proceso continúa adelante con la citocinesis.

## Citocinesis

Consiste en la división del citoplasma, también llamada *segmentación*, y el reparto de orgánulos y el resto de componentes celulares entre las dos células hijas. Normalmente, podemos observar el inicio de este proceso hacia el final de la telofase.

Es un proceso que varía mucho según se trate de una célula animal o de una célula vegetal.

En la célula animal:



- La **membrana plasmática se estrecha** por la zona media. Esta estrechez va progresando desde el exterior hacia el interior de la célula.
- Podemos observar cómo la **comunicación entre las células** hijas se va **estrechando** y, finalmente, se produce la **separación**.

El estrechamiento se consigue gracias a un sistema de **microfilamentos de actina** que, unidos a la membrana plasmática, actúan como si se tratase de una lazada que constriñese la célula.

En la célula vegetal:

- El citoplasma se divide en dos partes mediante **vesículas** producidas por el aparato de Golgi que se sitúan en la zona media de la célula. Estas vesículas contienen **polisacáridos** diversos, principalmente pectina.
- Las vesículas crecen, se fusionan entre ellas y vierten su contenido al espacio que se va formando como separación entre las células. Los polisacáridos vertidos por las vesículas

constituyen un depósito semifluido llamado **lámina media**, que va separando las células.

- La separación entre las células hijas, denominada **fragmoplasto**, crece desde la **zona central hasta los extremos**.

- La lámina media se va reforzando con **aportaciones de celulosa** y se va transformando en la pared celular característica de las células vegetales. Al terminar la citocinesis, se obtienen dos células hijas más pequeñas que la célula madre, pero muy similares en aspecto, idénticas en dotación cromosómica y con una orientación definida. A partir de este momento, las células hijas entran en el período de interfase celular.

### Y TAMBIÉN:

Las células son normalmente uninucleadas, sin embargo, cuando se produce mitosis sin citocinesis, el resultado son células plurinucleadas.

La célula divide su núcleo varias veces, pero no se establecen tabiques citoplasmáticos y, por lo tanto, aparecen inmensas células plurinucleadas que no presentan membranas claras de separación intercelular.

## 1.5. Interfase celular

Es el período más largo del ciclo celular. Durante la interfase, podemos distinguir las siguientes etapas:  $G_1$ , S y  $G_2$ .

### Etapa $G_1$

Es la etapa comprendida entre la división celular y el inicio de la duplicación de los cromosomas. A lo largo de la etapa  $G_1$  la actividad celular, que había disminuido durante la división, se recupera, y todos los procesos metabólicos se desarrollan a la velocidad marcada por los requerimientos celulares. En la célula podemos observar importantes cambios morfológicos y funcionales:

- **Aumenta el tamaño de las células:** Cada célula hija crece hasta alcanzar el tamaño propio de su tipo celular, normalmente, el que tenía la célula madre.

En el caso de las células animales, el aumento de tamaño se produce por la síntesis de fragmentos de membrana y de otros componentes celulares. No obstante, en las células vegetales, la presencia de una pared rígida implica una serie de modificaciones, entre las que es fundamental un aumento de la turgencia celular.

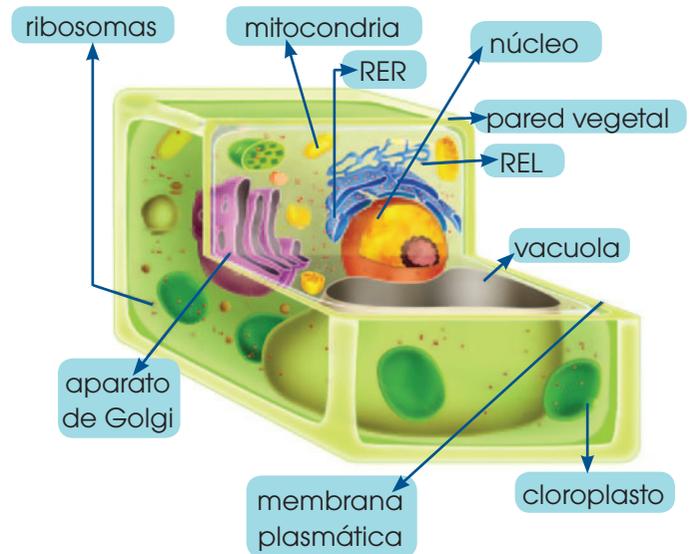
- El proceso se inicia con un reblandecimiento de la pared celular; a la vez, la célula incorpora agua al citoplasma.
- Esto provoca la expansión del citoplasma y un incremento de la turgencia.
- El citoplasma presiona sobre la pared reblandecida, la cual cede y permite el crecimiento de la célula.
- Cuando se ha completado la expansión, la pared celular se refuerza con nuevos depósitos de celulosa.

### Y TAMBIÉN:



#### Sustitución de las neuronas

Las neuronas que mueren no son reemplazadas en el sentido estricto de la palabra. A menudo, las neuronas vecinas son capaces de ir asumiendo sus funciones. No se sabe exactamente cómo lo hacen, pero parece que, debido al hecho de que nacemos con un mayor número de neuronas de las que realmente necesitamos, poseemos una reserva a punto para entrar en acción en el momento que se requiera.



- **Aumenta el número de estructuras celulares:**

- Se duplican las mitocondrias, y los cloroplastos en los vegetales.
- El retículo endoplasmático aumenta de tamaño y da lugar al aparato de Golgi y a nuevos lisosomas y vacuolas.
- Se sintetizan proteínas que constituirán los ribosomas y el citoesqueleto, así como todas las proteínas enzimáticas que se necesitan para el control de estos procesos.

- **Se recupera la forma habitual de las células:**

Se «desmontan» las estructuras fibrosas que habían participado en el reparto de los cromosomas, y el citoesqueleto se reorganiza del modo habitual.

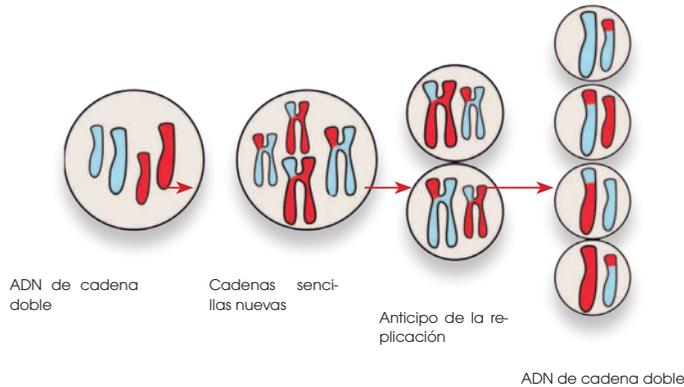
La etapa  $G_1$  es la parte más larga del ciclo celular. Su duración es muy variable, pues oscila entre unas pocas horas y unos pocos días, y condiciona la duración del ciclo celular completo.

Cuando las células se desarrollan en un medio deficiente en alguna sustancia imprescindible para el crecimiento celular, detienen el ciclo celular en esta fase y no pasan ni a la replicación del ADN ni a la mitosis. En este caso, se dice que las células se mantienen en estadio  $G_0$ .

También se mantienen en  $G_0$  las células de los tejidos que se caracterizan por el hecho de no dividirse cuando llegan al estado adulto, por ejemplo, las neuronas.

## Etapa S

Es una etapa clave en el ciclo celular, ya que en ella se produce la síntesis del ADN para la duplicación de los cromosomas. Cada cadena de ADN actúa como molde en la síntesis de una nueva cadena, la cual será complementaria de la anterior.



Al término de la etapa S, la duplicación de las dobles hélices origina la formación de **dos cromátidas** que se mantienen unidas por el **centrómero**.

## Etapa G<sub>2</sub>

Es la etapa que transcurre entre el final de la síntesis del ADN y el comienzo de la mitosis. Como etapa precursora de la mitosis, durante la G<sub>2</sub> tiene lugar una serie de acontecimientos preparatorios de este proceso:

- Se empiezan a condensar los cromosomas.
- Se duplica el par de centríolos y se disponen cerca del núcleo.
- Se inician las modificaciones del citoesqueleto necesarias para facilitar su intervención en la mitosis.

Al concluir la etapa G<sub>2</sub>, los cromosomas se condensan y son visibles al microscopio óptico, de modo que pueden distinguirse fácilmente las dos cromátidas.

En el centrómero ya se observan los cinetocoros que se unirán a los microtúbulos encargados de la distribución del material hereditario.

## La disfunción de las células cancerosas

La palabra **cáncer** es un término muy amplio que alcanza más de doscientos tipos de enfermedades (tumores malignos).

El cáncer se caracteriza por una división y un crecimiento descontrolado de las células. Estas células pueden invadir el órgano donde se originan o viajar por el torrente sanguíneo y el líquido linfático hasta otros órganos y crecer en ellos. Cuando los mecanismos de control de la división celular se alteran en una célula, esta y sus descendientes inician una división descontrolada, que con el tiempo dará lugar a un **tumor**. Si las células que constituyen el tumor no poseen la capacidad de invadir y destruir otros órganos, hablamos de **tumores benignos**.

Pero cuando estas células, además de crecer sin control, adquieren la facultad de invadir tejidos y órganos de su alrededor (infiltración), y de trasladarse y proliferar en otras partes del organismo (metástasis), denominamos **tumor maligno**, que es a lo que llamamos **cáncer** propiamente.

## Duración del ciclo celular

La duración de los períodos G<sub>1</sub>, S, G<sub>2</sub> y de la mitosis (M) depende del tipo de célula de que se trate. Así, en células del epitelio humano, la duración de un ciclo completo es de ocho horas, mientras que en otros tipos de células puede ser de varios días o incluso meses. También depende de las condiciones fisiológicas y de determinados factores, en particular, la temperatura. Un caso típico de duración de un ciclo celular es el de los cultivos de células *in vitro* del tipo HeLa, en las cuales, un ciclo celular dura veinte horas y cada fase tiene la duración siguiente: G<sub>1</sub> = ocho horas, S = seis horas, G<sub>2</sub> = cinco horas, M = una hora.

### 1. Define estos conceptos:

- cromatina
- ciclo celular
- mitosis
- citocinesis
- interfase celular

### 2. Resume los hechos principales que tienen lugar durante las etapas de la mitosis (profase, metafase, anafase y telofase).

### 3. Elabora una hipótesis para explicar qué pasaría si se alterase el ciclo celular en cada uno de los siguientes casos:

- Se frena el desarrollo de la etapa G<sub>1</sub> por falta de nutrientes.
- Una sustancia inhibidora impide la síntesis del ADN.

### 4. Dibuja la estructura de un cromosoma en metafase e indica las diferencias entre este y un cromosoma en telofase.

## 2. LA MEIOSIS

### Meiosis y evolución

La principal ventaja de la reproducción sexual frente a la asexual es que la primera genera variabilidad en sus descendientes.

Dicha variabilidad es producto de dos fenómenos clave que se producen durante la meiosis: la recombinación (intercambio de material genético entre cromosomas) y la combinación alélica (distribución diferencial de cromosomas homólogos entre los gametos). La variabilidad de una especie se mantiene hasta que un cambio en su entorno hace que la selección natural actúe, sobreviviendo así los mejor adaptados.

Es por ello que la meiosis tiene un papel clave en la evolución de las especies con reproducción sexual.

La **meiosis** es un tipo de división celular que da como resultado la producción de células reproductoras o gametos. La meiosis tiene lugar, únicamente, en unas células determinadas de los organismos con reproducción sexual. Mediante dicho proceso, a partir de una célula diploide ( $2n$ ), obtenemos cuatro células haploides ( $n$ ).

La meiosis hace posible que se mantenga constante la dotación cromosómica de cada especie, de generación en generación. La reproducción sexual implica la fusión de dos gametos; si los gametos tuviesen tantos cromosomas como las células somáticas de los progenitores, el número de cromosomas se doblaría en cada generación. Por lo tanto, los gametos contienen la **mitad** de los cromosomas y la unión de estas células produce un cigoto con la dotación cromosómica correcta.

Para que la información genética se transmita correctamente a los descendientes, la reducción a la mitad del número de cromosomas

no se produce al azar, sino con **un cromosoma de cada pareja**. Así, se reúnen en el cigoto las parejas características de la dotación en cada especie.

Es muy importante que el proceso de la meiosis transcurra correctamente, ya que si el nuevo individuo no recibe la dotación cromosómica adecuada, presentará graves alteraciones que pueden impedir su desarrollo.

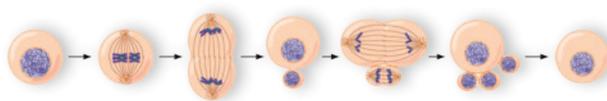
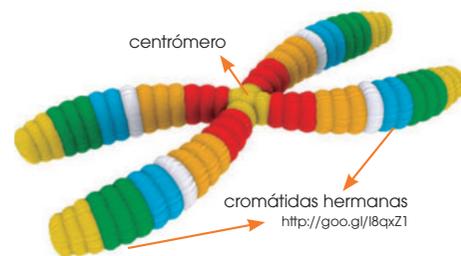
En la meiosis distinguimos dos partes:

- La **meiosis I** es la primera parte, en la que, a partir de una célula progenitora diploide, se obtienen dos células con la mitad de cromosomas.
- La **meiosis II** es la segunda parte, en la que se obtienen cuatro células haploides.

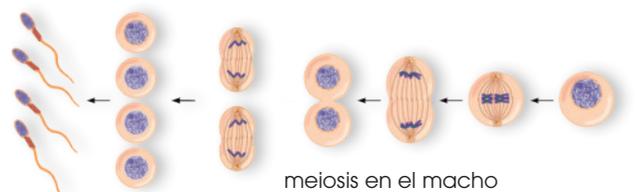
A continuación, describimos el proceso de la meiosis. Para facilitar la comprensión del proceso, partimos de una célula que tiene una dotación de seis cromosomas ( $2n = 6$ ).

### Interfase I

- Se duplica el ADN de cada cromosoma, y se obtienen dos **cromátidas** que permanecen unidas por el centrómero.
- Las dos cromátidas de cada cromosoma son iguales y las llamamos **cromátidas hermanas**.
- Al final de esta fase, las cromátidas comienzan a hacerse visibles, porque el ADN se empaqueta en torno a las histonas.



meiosis en la hembra



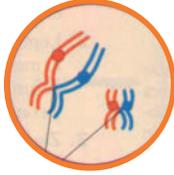
meiosis en el macho

<http://goo.gl/Tfh0I>

Una vez acabada la interfase, comienza la **primera parte** de la **meiosis**.

## Profase I

Consta de cinco etapas que, por orden, son leptoteno, cigoteno, paquiteno, diploteno y diacinesis.

Leptoteno	Cigoteno	Paquiteno	Diploteno	Diacinesis
 <p><a href="http://goo.gl/F5bt2A">http://goo.gl/F5bt2A</a></p>				
<p>Los cromosomas se ven como unos filamentos largos y delgados.</p>	<p>Las dos cromátidas hermanas se aproximan a las cromátidas del cromosoma homólogo.</p>	<p>Se producen intercambios de fragmentos de cromosoma entre dos cromátidas homólogas (no hermanas). Es el entrecruzamiento o <b>recombinación</b>.</p>	<p>Después del entrecruzamiento, las cromátidas se mantienen unidas por los <b>quiasmas</b>, que son las zonas donde se ha producido el entrecruzamiento.</p>	<p>Las cromátidas llegan a su grado máximo de empaquetamiento. Se disgrega la envoltura nuclear y aparecen las fibras del huso a las que se unen las cromátidas.</p>

## Metafase I

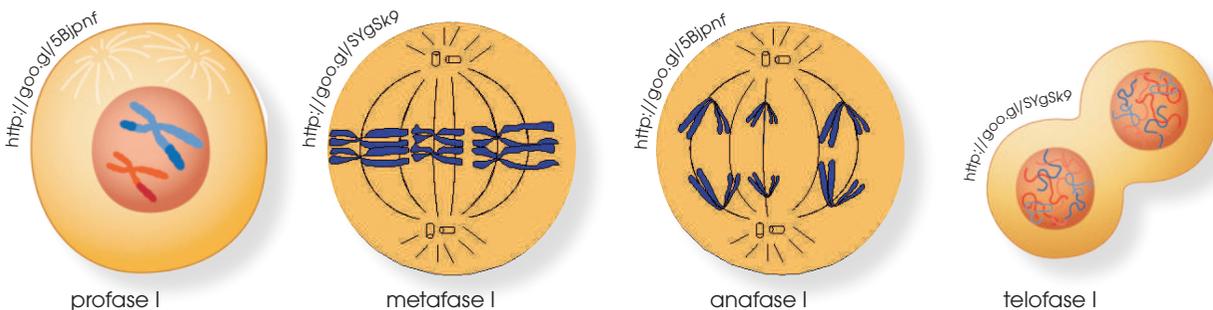
- Los quiasmas se desplazan por los cromosomas hasta que llegan a los extremos, y continúan uniendo los cromosomas homólogos.
- Los cromosomas se disponen formando la placa ecuatorial.

## Anáfase I

- Las cromátidas continúan unidas por el centrómero. Al haberse producido el entrecruzamiento, ya no son idénticas entre sí.
- Cada cromosoma se separa de su homólogo y se dirige hacia uno de los polos de la célula.

## Telofase I

- Se constituyen las envolturas nucleares alrededor de cada grupo de cromosomas.



A continuación, los cromosomas entran en una breve interfase en la que, por lo general, la cromatina no se desempaqueta totalmente. Después, se inicia la **meiosis II**.

### Profase II

—Cada par de cromátidas está unido por el centrómero y se desplaza hacia el ecuador de la célula.

### Metafase II

—Las cromátidas se unen por el centrómero a las fibras del huso y se disponen en la placa ecuatorial.

### Anafase II

—Se rompe el centrómero y cada cromátida se separa de su cromátida hermana, y es arrastrada hacia uno de los polos de la célula.

### Telofase II

—Al final del proceso, en este ejemplo, se obtienen cuatro células que contienen tres

cromosomas, uno de cada pareja; estas células darán lugar a las células sexuales o gametos, que son haploides.

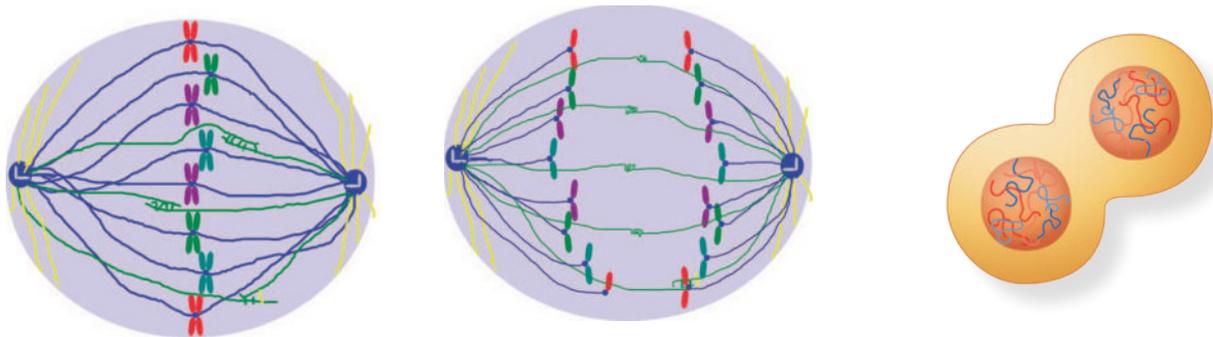
La meiosis puede presentar algunas variaciones. En algunas especies, entre la telofase I y la profase II se produce una división del citoplasma, y la meiosis continúa en cada una de las células hijas. En otros casos, la célula no se divide y el proceso sigue en los núcleos obtenidos en la telofase I.

A veces, la meiosis se desarrolla en un largo período. En la especie humana, las células precursoras de los óvulos (oocitos) detienen el proceso de meiosis en la profase durante la vida fetal y continúan en la pubertad.

### Y TAMBIÉN:



El **cinetocoro** es una estructura proteica que forma parte de la zona centromérica de los cromosomas. Su función es facilitar la unión del huso acromático al centrómero del cromosoma permitiendo así la migración del material genético hacia cada uno de los polos celulares.

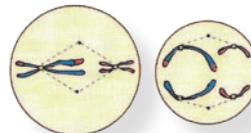


5. **Realiza** un informe sobre las diferencias entre la *meiosis* y la *mitosis*. **Fijate** en estos aspectos de cada proceso:

- ¿Cuántas veces se divide el núcleo?
- ¿Cómo son las células que se obtienen, comparadas con la célula madre?
- ¿Qué diferencias se observan entre las células hijas al compararlas entre sí?

—**Completa** el trabajo con otros detalles que observes.

6. **Indica** a qué fase de la meiosis corresponden estas imágenes.



<https://goo.gl/e3QnLP>

**Solución:**

Metafase II y Anafase II.

### 3. CONTROL DEL CICLO CELULAR

En los organismos pluricelulares, la sucesión de los ciclos celulares depende de las características de los diferentes tejidos. Así podemos encontrar diversas posibilidades:

- Tejidos en los cuales, a lo largo de la vida del individuo, se suceden siempre en ciclos celulares completos. Es el caso de las células de la médula ósea de los seres humanos, que todos los días producen un millón de eritrocitos o glóbulos rojos.
- Tejidos cuyas células se dividen en ciclos completos, pero solo cuando tiene lugar un cambio en las condiciones en que se encuentran. Es el caso de las células epiteliales, que, al producirse una herida en la piel, inician un proceso de división con el objetivo de regenerar el tejido; la capacidad de las células para reproducirse desaparece al completarse la cicatrización.
- Tejidos cuyas células no se dividen nunca, como en el caso de las neuronas adultas.

En los organismos pluricelulares no se persigue la supervivencia de las células, sino la del individuo. Por este motivo, los ciclos celulares de los diferentes tejidos están controlados por mecanismos diferentes, para que las células se dividan según el ritmo que más convenga

al organismo, globalmente considerado.

En la actualidad, el control del ciclo celular es objeto de numerosas líneas de investigación. Estos estudios permiten conocer mejor procesos celulares tan importantes como el envejecimiento.

#### Estudios sobre el control del ciclo celular

Para los estudios sobre el ciclo celular usamos cultivos *in vitro*. Estos cultivos se llevan a cabo mediante la extracción de células de un ser vivo y su posterior colocación en placas de plástico o de vidrio en las que se incluye un medio nutritivo con las sustancias necesarias para la vida de las células.

En el caso de células de mamífero, este medio suele contener unas proteínas especiales, llamadas **factores de crecimiento**, glucosa, aminoácidos, sales, vitaminas y algún antibiótico con el fin de evitar la proliferación de microorganismos.

#### *In vivo, in vitro*

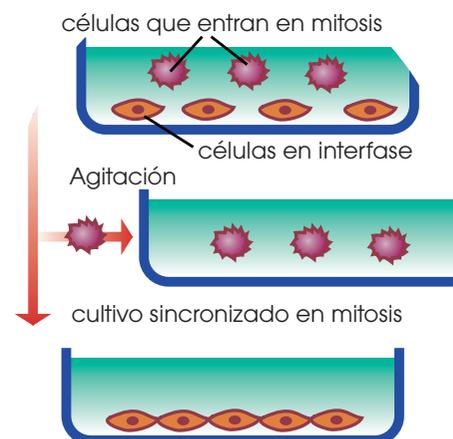
*In vivo* significa 'que ocurre o tiene lugar en el interior de un organismo'.

En el ámbito científico, se refiere a una experimentación efectuada en el tejido vivo de un organismo también vivo.

*In vitro* hace referencia a aquellas técnicas y/o experimentaciones realizadas en un ambiente controlado fuera del organismo vivo.

Las técnicas *in vitro* permiten un mayor control de las condiciones ambientales y, por tanto, una mejor estandarización del experimento.

No obstante, no siempre las condiciones conseguidas se corresponden con las que hay dentro del organismo, pudiendo dar como consecuencia resultados poco ajustados a la realidad.



Para poder estudiar los factores que regulan el ciclo celular, es preciso que las células estén sincronizadas; es decir, que se encuentren todas en el mismo momento del ciclo celular. Existen diversas técnicas para lograrlo; una muy sencilla se basa en los cambios de forma que experimentan las células cuando entran en mitosis.

Las células se vuelven más esféricas y se adhieren menos a la superficie de crecimiento, lo que permite que puedan desprenderse fácilmente con una ligera agitación.

Estas células se siembran en otra placa para su crecimiento y desarrollo, con lo que se consigue un cultivo de células sincronizadas al inicio de la mitosis.

A partir de los cultivos de las células sincronizadas se han diseñado diversos procedimientos de trabajo, uno de los cuales es la **fusión de células**.

Existen varias sustancias que permiten que las células de dos cultivos sincronizados en fases diferentes se fusionen y originen células con dos núcleos, llamadas **heterocariotes**.

En cuanto al desarrollo del ciclo celular, las células heterocariotes reaccionan de manera diferente según el tipo de núcleos que contienen.

El esquema siguiente representa algunos ejemplos del modo en que reaccionan diferentes células heterocariotes.

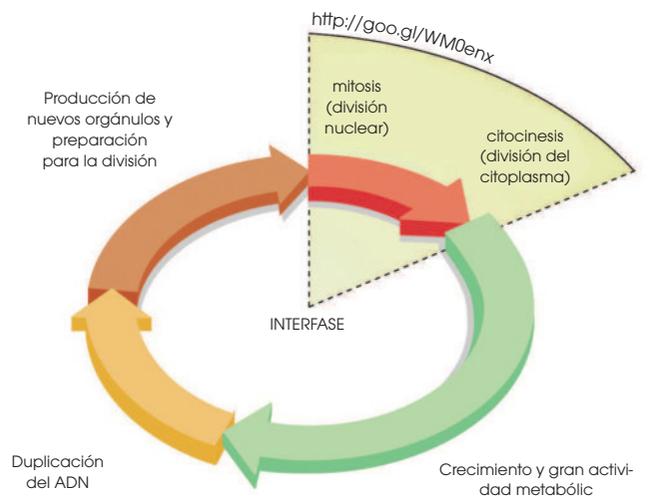
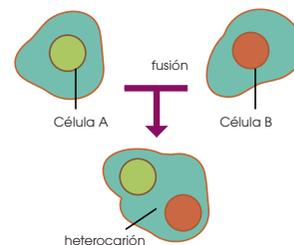
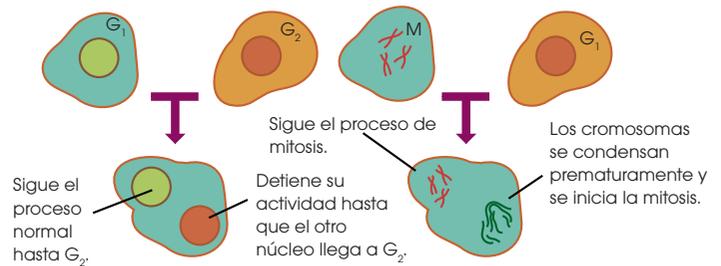
Por ejemplo, la fusión de una célula en  $G_1$  con otra en  $G_2$  da como resultado que el núcleo en  $G_2$  retrase el paso a la mitosis, mientras que el núcleo en  $G_1$  sigue el proceso normal hasta que llega a la etapa  $G_2$ , en la que ambos núcleos siguen el mismo ritmo de actividad.

### Mecanismos de control

Las investigaciones sobre el control del ciclo celular han revelado que la regulación del paso de una etapa a otra se ejerce desde el núcleo; es decir, mediante la síntesis de proteínas diversas que se activan en los diferentes momentos del ciclo.

Estas sustancias se encuentran en concentraciones muy pequeñas y, por el momento, son muy difíciles de aislar. Se trabaja con la hipótesis de que las sustancias que controlan el ciclo son numerosas y que se pueden agrupar en dos tipos:

- Un grupo de sustancias determina el **paso por el punto de arranque**. Este punto es un estadio del ciclo celular en el que la célula ha crecido y se ha desarrollado suficientemente como para iniciar la etapa S de síntesis del ADN.
- Otras sustancias actúan como **promotores de la mitosis**. Estas sustancias se detectan en las células en el momento en que comienza la mitosis.



### Y TAMBIÉN:



En el caso de la fusión de una célula en mitosis y otra en  $G_1$ , el núcleo de la primera seguirá con su mitosis, mientras que el núcleo de la segunda avanzará su mitosis condensando prematuramente sus cromosomas.

## Y TAMBIÉN:



### Las células somáticas y las sexuales

Las **células somáticas** son aquellas que forman el conjunto de tejidos y órganos de un ser vivo. Proceden de células originadas durante el desarrollo embrionario y sufren un proceso de proliferación y diferenciación celular.

Las células sexuales o gametos están especializadas para la reproducción y poseen la mitad de la información genética presente en cada una de las otras células del organismo, las somáticas. De esta forma, cuando se unen ambos gametos, el nuevo ser vivo tiene la cantidad de información genética característica de su especie.

La presencia y la ausencia de estas sustancias, y posiblemente de otras aún no identificadas, determinan la suceso correcta de los diversos procesos.

De este modo, las células no pueden pasar a la etapa S hasta que no aparecen las sustancias que determinan el paso por el punto de arranque, y las sustancias promotoras de la mitosis no se activan hasta que no se completa la síntesis del ADN.

Este control es imprescindible para evitar situaciones que pondrían en peligro la supervivencia de las células y del individuo, ya que, por ejemplo, sería catastrófico que las células se divadiesen antes de finalizar la síntesis del ADN.

## 3.1. El envejecimiento y la muerte celulares

El **envejecimiento** es el proceso de degeneración, tanto morfológica como funcional, que experimentan las células antes de su muerte.

La **muerte** se caracteriza por la detención de todos los procesos vitales y por la dispersión de la materia que constituye las células.

Como ya hemos comentado, los seres unicelulares se dividen ilimitadamente; por ello, en tal caso, no puede hablarse de envejecimiento y muerte celulares. No obstante, el individuo como tal desaparece al dividirse la célula.

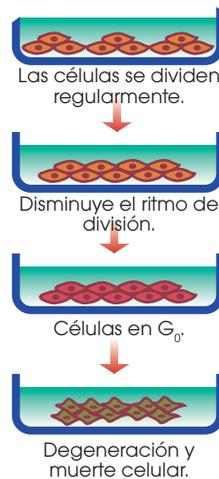
A la hora de tratar el envejecimiento y la muerte celulares en los seres pluricelulares, es preciso distinguir entre células somáticas y células sexuales.

Las **células somáticas** constituyen los diferentes órganos y partes del cuerpo y llevan a cabo varias funciones: digestión, transporte, percepción... Con el paso del tiempo, se degeneran y, finalmente, mueren.

En cambio, las **células sexuales** o **gametos**, tras la fecundación, originan un nuevo individuo al que transmiten el mensaje genético de sus progenitores; este nuevo individuo, a su vez, lo transmite a la generación siguiente.

De este modo, puede decirse que la estirpe de células que origina los gametos no envejece ni muere como las células somáticas.

Los experimentos *in vitro* demuestran que prácticamente todas las células somáticas tienen dificultades para dividirse un número indefinido de veces. Los cultivos evolucionan del modo siguiente:



—Tras la siembra, las células inician un período de divisiones consecutivas que se suceden regularmente.

—Después de un número determinado de divisiones, el ritmo de división disminuye.

—Posteriormente, las células ya no se dividen y entran en un estado  $G_0$ .

—Por último, las células experimentan una serie de cambios degenerativos y mueren.

Aunque este proceso es común a los tejidos de la mayoría de los seres vivos, existen variaciones que dependen de dos factores:

- La **edad del individuo** del que se obtienen las células: Los cultivos que se siembran a partir de tejidos de individuos jóvenes se dividen más veces que los que provienen de individuos de más edad.

Por ejemplo, los fibroblastos obtenidos de fetos humanos se dividen *in vitro* unas cincuenta veces; los de un individuo de cuarenta años, unas cuarenta veces, y los de una persona de ochenta años, alrededor de treinta veces.

- La **duración normal de la vida** de los individuos: los cultivos de tejidos obtenidos de especies de vida corta se dividen menos veces que los de especies de vida larga. Por ejemplo, la duración máxima de vida del ratón es de unos tres años y las células de este animal cultivadas *in vitro* se duplican unas veinticinco veces; mientras que las células de la tortuga de las Galápagos, que tiene una duración máxima de vida de 170 años, se duplican *in vitro* hasta 125 veces.

Se ha comprobado que, si se congelan los cultivos en unas condiciones estrictas después de que se hayan dividido en varias ocasiones y se mantienen en este estado incluso durante años, cuando las células se descongelan y recuperan su actividad lo hacen exactamente en el mismo punto donde se habían detenido. A partir de este momento, se dividen el número de veces que les falta para llegar a su límite máximo de división.

Estos estudios parecen indicar que, de un modo inevitable, las células tienen **programado el número de divisiones celulares**, a partir del cual cesa la proliferación celular. Este hecho es complicado de explicar: ¿cómo puede la célula llevar la cuenta de las veces que se ha dividido? ¿Cómo identifica que ha llegado el momento de detener la proliferación y de morir?

Hasta ahora, no hay una explicación única para este fenómeno. Los científicos consideran diversas hipótesis:

- El ADN contiene la información que regula el envejecimiento y la muerte celular. Esto es posible porque el ADN controla la acción de enzimas que degradan los componentes celulares y provocan la destrucción de las células.

- Las células **acumulan errores** a lo largo de las sucesivas divisiones que se llevan a cabo a partir de las células embrionarias. Estos errores se pueden ir reparando hasta cierto límite. Cuando estos errores sobrepasan la capacidad de las células para repararlos, se producen la degeneración y la muerte.
- En los cromosomas existen muchos fragmentos de ADN repetidos que sirven para sustituir los fragmentos que van quedando dañados a lo largo de la vida. Pero cuando ya no es posible la sustitución, entonces aparecen deficiencias en la actividad celular que provocan la degeneración y la muerte.

Las tres posibilidades pueden actuar conjuntamente, y no se descarta que intervengan otros mecanismos. De hecho, parece ser que también participan otros dos tipos de sustancias:

- La **glucosa** puede actuar a lo largo de la vida como un agente que altera algunas proteínas.
- Los **radicales libres** son grupos funcionales muy reactivos que se obtienen como productos secundarios en numerosas reacciones metabólicas. Originan daños en los componentes celulares, especialmente en los ácidos grasos poliinsaturados de las membranas, en algunas proteínas y en los cromosomas.

## Y TAMBIÉN:



### El crecimiento indefinido de las células madre

A partir de las células madre se originan los 210 tipos de tejidos del cuerpo humano. Se cree que la introducción de células madre sanas en un paciente podría restablecer una función perdida de su organismo.

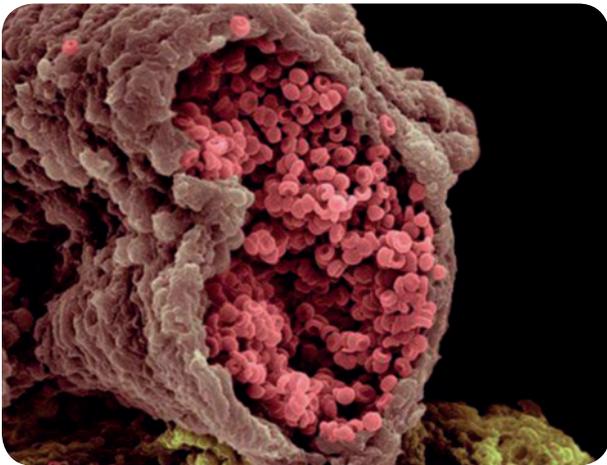
En 1998, dos equipos independientes de científicos de EE. UU. informaron que habían conseguido aislar y cultivar células madre obtenidas de embriones y fetos humanos.

Otros científicos han aislado la telomerasa, que podría permitir que los tejidos humanos crezcan casi indefinidamente. Los investigadores han podido usarlo de una forma controlada para «inmortalizar» tejido útil sin producir crecimientos cancerosos o de otros efectos colaterales nocivos. Por lo tanto, los cultivos de células madre no embrionarias pueden ser inducidos a crecer y desarrollarse casi de forma ilimitada para el uso clínico.

## Necrosis y apoptosis

Al hablar de muerte celular, es preciso distinguir entre muerte por necrosis y muerte por apoptosis.

La muerte por **necrosis** se produce cuando las células sufren una lesión que sobrepasa su capacidad de reparación de los daños sufridos. Se produce necrosis debido a heridas, por infecciones o por agresiones de agentes químicos. También se produce necrosis cuando, por falta de irrigación sanguínea, un tejido deja de recibir oxígeno.



<http://goo.gl/jsFqtp>

La muerte por **apoptosis**, también conocida como muerte celular programada o **suicidio celular**, es un proceso controlado por la célula misma: en un momento determinado activa una serie de enzimas que se encargan de su propia destrucción.

La apoptosis es un proceso que tiene lugar de forma natural a lo largo de la vida de los organismos; por ejemplo:

- En la especie humana, durante el desarrollo embrionario se produce la separación de los dedos por apoptosis del tejido que los mantiene unidos en las primeras fases del desarrollo.
- En la dermis se generan los queratinocitos, células que se desplazan hacia las capas superficiales de la piel. Durante este desplazamiento, las células sufren apoptosis

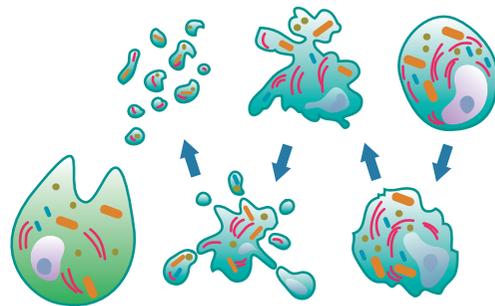
para llegar a la zona más superficial y formar una capa de células muertas que protege la piel.

En otros seres vivos se da este mismo tipo de reacciones: por apoptosis, los renacuajos pierden la cola y las plantas dejan caer las hojas muertas.

En los casos mencionados, la apoptosis se produce porque en el plan de especialización de estas células se incluye la muerte. Por ello, las células dejan de recibir las señales químicas que necesitan para el mantenimiento de la actividad y se desencadena la apoptosis.

También se produce apoptosis cuando las células han sufrido una alteración que hace que se comporten de un modo anormal y que perturben el funcionamiento de los tejidos, como en el caso de las células que se transforman en cancerosas.

En este ejemplo, la autodestrucción de las células es un mecanismo de seguridad que evita la proliferación de un tejido anormal, con el consiguiente trastorno para todo el organismo.



### Y TAMBIÉN:

Otras causas de muerte celular provienen de errores en el funcionamiento del sistema inmunitario, el cual identifica las células propias del organismo como agentes extraños que es preciso eliminar. De este modo, se producen enfermedades degenerativas como, por ejemplo, la artritis reumatoide o la esclerosis múltiple.

## 4. FUNCIÓN DE REPRODUCCIÓN



<https://googl/pSzUG>

Los seres vivos intercambian materia y energía con el medio para llevar a cabo la función de nutrición; mediante la función de relación captan la información del entorno, la procesan y elaboran respuestas; y con la reproducción, se caracterizan por la formación de nuevos individuos.

La **función de reproducción** consiste en la formación de nuevos organismos semejantes a sus progenitores. Los descendientes compensan las pérdidas producidas por la muerte de individuos de la especie; por tanto, aunque la reproducción no es indispensable para la vida de un organismo, lo es para asegurar la supervivencia de su especie a través del tiempo. Los seres vivos han desarrollado diversos métodos de reproducción.

- En los **organismos unicelulares**, todo el ser participa en la reproducción; su única célula se divide para formar dos células hijas.
- En los **organismos pluricelulares**, la división de cada una de sus células permite al individuo crecer, renovar y reparar sus tejidos. Pero precisan de estrategias más complejas que los unicelulares para la formación de un nuevo ser vivo. Existen dos tipos de reproducción:
  - **Reproducción asexual:** A partir de un fragmento del progenitor o de unas células de este (espora), se genera el nuevo organismo.
  - **Reproducción sexual:** Para la formación del nuevo individuo se necesita la unión de dos células especializadas llamadas **células reproductoras** o **gametos**. El resto de las célu-

las que integran los organismos con reproducción sexual son las **células somáticas** o **vegetativas**, las cuales forman los distintos tejidos.

A continuación, vamos a describir los dos tipos de reproducción que tienen lugar en los organismos pluricelulares.

### 4.1. Reproducción asexual

Se basa en el desarrollo de un nuevo individuo a partir de una o varias células del progenitor; el descendiente es un individuo completo idéntico al progenitor. Existen dos tipos de reproducción asexual: la **reproducción asexual vegetativa** y la **reproducción asexual por esporas**.

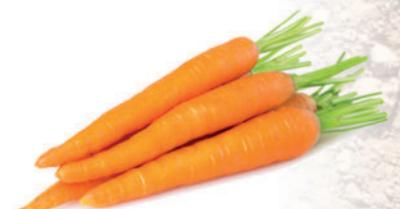
#### Reproducción asexual vegetativa

En la reproducción asexual vegetativa, el descendiente se genera a partir de un grupo de células del progenitor. Comprende diferentes estrategias reproductivas:

- **Gemación:** En este tipo de reproducción un conjunto de células se diferencia sobre la superficie del organismo como un abultamiento y crece por repetidas divisiones celulares hasta formar otro individuo. El nuevo ser puede permanecer unido al progenitor formando una colonia o bien desprenderse.
- **Escisión:** En esta estrategia el individuo adulto se fragmenta longitudinalmente o transversalmente, dando lugar, al menos, a dos individuos. Se puede dar en cnidarios, en equinodermos y en anélidos. En los escifozoos, la escisión recibe el nombre de *estrobilación*.

- **Fragmentación:** Se basa en la generación de nuevos individuos a partir de un fragmento y se da en vegetales. En jardinería utilizamos la multiplicación por esquejes. A continuación, presentamos las formas más importantes de fragmentación:

<b>Estolones</b>	Son ramas que, debido a su crecimiento, llegan a tocar el suelo, y generan un nuevo individuo al enraizar.
<b>Bulbos</b>	Son tallos subterráneos de forma cónica que almacenan sustancias. En las hojas más cercanas al bulbo se originan nuevos bulbos, capaces de originar una planta nueva.
<b>Rizomas</b>	Son tallos alargados que crecen bajo el suelo en forma horizontal, generando cada cierta distancia un nuevo individuo de crecimiento vertical.
<b>Tubérculos</b>	Son tallos subterráneos que adoptan una forma algo esférica y almacenan en su interior sustancias de reserva. En su superficie, desarrollan yemas capaces de originar una nueva planta.



En ocasiones, estos mecanismos tienen otro tipo de finalidad además de la reproducción:

- La formación de yemas no siempre implica la reproducción del individuo. En las plantas, las yemas están constituidas por meristemas y son responsables del crecimiento en longitud del tallo y del desarrollo de ramas, hojas o flores.
- Por su parte, la escisión permite la regeneración de órganos o tejidos, y en estos casos no tiene finalidad reproductiva. A partir de fragmentos de raíces, tallos u hojas, algunas plantas pueden regenerar un organismo completo. Estos fragmentos reciben el nombre de **esquejes**. Aunque de modo natural no se considere una técnica reproductiva, esta capacidad ha sido utilizada por el ser humano para la multiplicación de plantas.
- **Regeneración:** No se considera un proceso de reproducción del individuo entero, porque solo se regenera una parte de los tejidos perdidos por los animales cuando se encuentran bajo una situación de peligro. Por ejemplo, los artrópodos pueden regenerar las patas y las antenas, los reptiles, la cola...

### Reproducción asexual por esporas o esporulación

La **espora** es una estructura resistente, que puede ser haploide o diploide. En el caso de la esporulación asexual, las esporas se generan por mitosis y se llaman *mitósporas*. Las mitósporas pueden generar un nuevo individuo, idéntico al progenitor, por divisiones celulares sucesivas. Este tipo de reproducción se da en algunas algas, en pteridófitos, en briófitos y en algunos hongos.

Organismos	Dotación diploide	Dotación Haploide
Maíz	20	10
Pino	24	12
Patata	48	24
Perro	78	39
Mosquito	6	3
Humano	46	23

## 4.2. Reproducción sexual

Es la forma de reproducción más frecuente en los organismos pluricelulares. Se desarrolla en las siguientes etapas:

—**Gametogénesis:** Es el proceso de formación de las células reproductoras o gametos, que se caracterizan por contener la mitad de cromosomas que una célula somática.

Grupo taxonómico	Gametos femeninos	Gametos masculinos
Briófitos y pteridófitos	Ovocélula	Espermatozoide
Espermatófitos	Ovocélula	Célula espermática
Animales	Óvulo	Espermatozoide

Si el número de cromosomas de una célula somática se denomina **dotación diploide** y se representa  $2n$ , el de un gameto recibe el nombre de **haploide** y se representa por  $n$ . El número de cromosomas es característico de cada especie.

—**Fecundación:** Es la unión de gametos para formar una célula nuevamente diploide ( $2n$ ) que recibe el nombre de **célula huevo** o **cigoto**.

—**Desarrollo embrionario:** Son las mitosis sucesivas del cigoto hasta transformarse en un individuo semejante a los progenitores.

### Gametogénesis

Es el proceso de formación de las células reproductoras o gametos, que contienen la mitad de cromosomas que una célula somática.

Hablamos de **isogamia** cuando todos los gametos generados por los individuos de

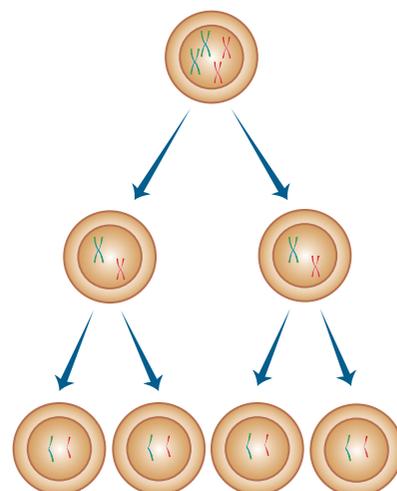
una especie son iguales entre sí. En la **anisogamia**, los gametos presentan diferente tamaño: los femeninos son mayores y se llaman *macrogametos*, y los masculinos son menores y se llaman *microgametos*. Finalmente, en la **oogamia**, los gametos presentan diferente tamaño y forma; su nombre varía según se trate de especies vegetales o animales.

La gametogénesis tiene lugar a partir de células precursoras presentes en los órganos sexuales; estas células, llamadas **células madre** o **precursoras de gametos**, entran en división por mitosis y dan lugar a los gametos por **meiosis**.

La **meiosis** es un proceso de división celular reduccional, ya que las células hijas tienen la mitad de la dotación cromosómica de la célula madre: pasan de células diploides a células haploides. Es una fuente de variabilidad genética.

La meiosis consta de dos divisiones: en la primera se separan los cromosomas homólogos, y se reduce el número de cromosomas a la mitad; la segunda división es muy similar a la mitosis.

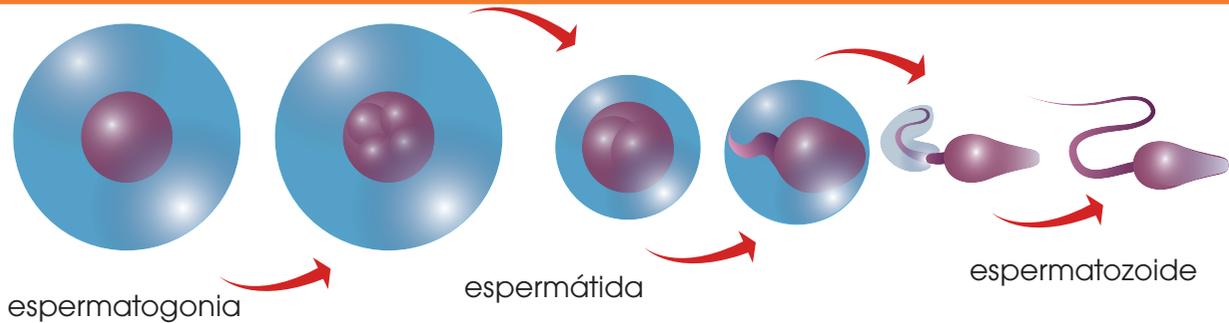
Los organismos que solo producen un tipo de gametos reciben el nombre de **unisexuales**. Se diferencia entre *machos* y *hembras*, que pueden ser morfológicamente parecidos o presentar diferencias externas considerables; en este último caso, hablamos de **dimorfismo sexual**.



Los organismos que producen ambos tipos de gametos son llamados **hermafroditas**. A continuación, describimos el proceso de

gametogénesis en los vertebrados, el cual se realiza con ligeras diferencias en testículos y ovarios.

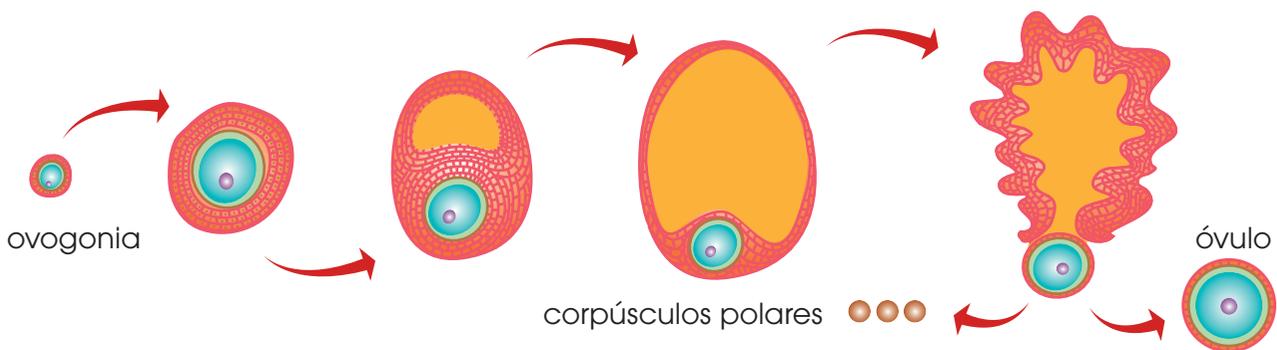
### Espermatogénesis masculina en los vertebrados



- A las células precursoras las denominamos **espermatogonias** y son diploides ( $2n$ ).
- Después de la meiosis obtenemos cuatro **espermatíidas** que son haploides.

- Cada espermatídida dará lugar a un espermatozoide después de un proceso de cambio morfológico llamado *diferenciación*.
- Por tanto, de cada espermatogonia se obtienen cuatro espermatozoides.

### Gametogénesis femenina en los vertebrados



- A las células precursoras las denominamos **ovogonias** ( $2n$ ).
- Cada ovogonia se divide por meiosis originando unas células intermedias denominadas *ovocitos*.

- Los **ovocitos** dan lugar al **óvulo** ( $n$ ), que contiene la mayor parte del citoplasma, y otras tres células más pequeñas denominadas **corpúsculos polares** ( $n$ ), que normalmente degeneran.

En los procesos de gametogénesis de los invertebrados encontramos algunas diferencias. Por ejemplo, en algunas especies, durante la gametogénesis femenina, las ovogonias dan lugar a los ovocitos y a unas células

denominadas **células nutritivas**, que envuelven a los ovocitos. La función de estas células es sintetizar proteínas, ácidos nucleicos, etc., para proporcionarlos al ovocito.

### 4.3. Fecundación

Es la fusión del gameto femenino con el gameto masculino y da lugar a la célula huevo o **cigoto**, el cual es diploide debido a la fusión de los dos núcleos haploides.

La fecundación se denomina **cruzada** cuando se unen un gameto femenino y uno masculino procedentes de dos individuos distintos. Para que se pueda producir la fecundación cruzada en los organismos hermafroditas, estos poseen mecanismos que evitan la **autofecundación** como sucede en los siguientes casos:

- Los órganos productores de gametos maduran en momentos distintos. Por ejemplo, en los lirios, los granos de polen maduran antes que los sacos embrionarios.
- En otros casos, la situación de los órganos sexuales impide la autofecundación. Así ocurre en algunos anélidos que tienen los órganos reproductores masculinos y femeninos en segmentos sucesivos.

Respecto a los animales, distinguimos entre **fecundación externa** o **interna** según el lugar donde se produzca la unión de los gametos masculinos y los femeninos.

- **En la fecundación externa**, óvulos y espermatozoides son liberados en el agua y se requiere la formación de miles de gametos para asegurar que unos pocos se fecunden. Es un tipo de fecundación propio de invertebrados acuáticos y de los peces.

Los anfibios, a pesar de presentar fecundación externa, realizan acoplamiento, para favorecer la sincronización en la expulsión de los gametos; de esta forma, se asegura el mayor número posible de fecundaciones.

- **La fecundación interna** supone la fusión de los gametos en el interior del cuerpo de un individuo progenitor, frecuentemente la hembra. En este caso el macho deposita los espermatozoides en las vías genitales de la hembra, proceso que tiene lugar durante la cópula.

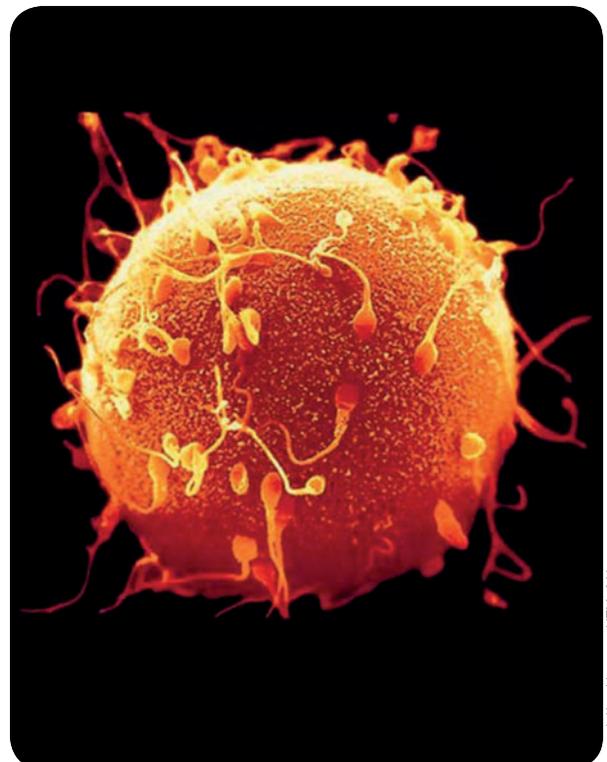
La fecundación interna es el recurso más utilizado por los animales adaptados al medio terrestre, donde la falta de agua no posibilita ni la dispersión ni el encuentro de los gametos, y provoca su desecación.

En algunos moluscos y artrópodos no se produce la cópula, y el macho deposita sus espermatozoides dentro de un estuche protector o **espermatóforo**, que la hembra recoge e introduce en su cuerpo.

La fecundación interna tiene más ventajas que la fecundación externa y, por tanto, ofrece mayores posibilidades de éxito reproductivo.

Las ventajas que presenta son las siguientes:

- La producción de pocos gametos, en comparación con los que se producen en la fecundación externa, supone un ahorro de energía.
- La supervivencia de estos gametos es mayor, ya que no están expuestos a condiciones ambientales desfavorables o a depredadores.
- Las probabilidades de encuentro de los gametos y, por tanto, de que se produzca la fecundación son muy altas.



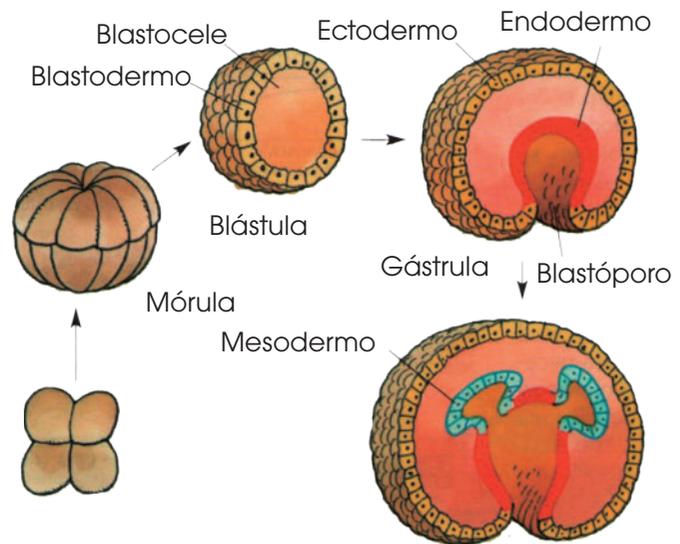
## Desarrollo embrionario

Una vez que se ha llevado a cabo la fecundación, el cigoto inicia una serie de divisiones mitóticas y de posteriores diferenciaciones celulares hasta constituir un organismo pluricelular similar a sus progenitores.

En las primeras fases después de la fecundación, las sustancias contenidas en el citoplasma del óvulo que se ha fecundado nutren a las células descendientes de este, hasta el momento en que se implanten en la estructura encargada de proteger y alimentar al embrión.

Por esta razón, en la mayoría de las especies, el óvulo contiene una gran cantidad de sustancias nutritivas y es una célula de tamaño mucho mayor que el espermatozoide.

Según dónde tiene lugar el desarrollo del embrión, los animales se clasifican en:



<http://goo.gl/wZuoV>

Tipos	Características
<b>Ovíparos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El desarrollo embrionario se produce en el interior de un huevo gracias a las sustancias nutritivas que este contiene y que forman el vitelo nutritivo. Estas sustancias nutren al embrión durante su desarrollo.</li> <li>• En el caso de los animales acuáticos, para evitar que los huevos sean desplazados por el agua, estos poseen mecanismos de flotación, o bien, filamentos. Los huevos depositados en el medio terrestre están recubiertos de una envoltura protectora para evitar su desecación.</li> <li>• Son ovíparos los insectos, algunos peces, los anfibios, algunos reptiles, las aves y un único mamífero: el ornitorrinco.</li> </ul>
<b>Vivíparos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El embrión se desarrolla en el interior del útero materno, donde la placenta le proporciona protección y alimento. La placenta es un tejido formado durante el embarazo y sirve para intercambiar nutrientes y material de desecho entre la sangre materna y la fetal.</li> <li>• Son vivíparos ciertos reptiles, algunos peces cartilaginosos y todos los mamíferos con excepción del ornitorrinco.</li> </ul>
<b>Ovovivíparos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El desarrollo embrionario se produce dentro de un huevo, que a su vez es protegido en el cuerpo de la madre.</li> <li>• Son ovovivíparos algunos peces y algunos reptiles como la serpiente.</li> </ul>

Existen algunos ovíparos, como los insectos y los anfibios, cuyos huevos no contienen suficiente vitelo nutritivo para alimentar al embrión durante todo el proceso de desarrollo. Por ello, el embrión abandona el huevo antes de completar dicho proceso y nace en estadio larvario. La larva se alimenta de sustancias del medio para seguir su proceso de metamorfosis hasta convertirse en adulto.

Prohibida su reproducción

## Reproducción alternante

Las dos estrategias de reproducción presentan ventajas o inconvenientes en función de las características de cada especie y de las condiciones ambientales. Como has visto en el apartado de los ciclos biológicos, algunos organismos alternan ambos tipos de reproducción. Un caso especialmente interesante es el ciclo biológico de las abejas.

Estos insectos viven en sociedad y, en condiciones normales, la colonia o enjambre consta de una reina que es la hembra reproductora, diploide; de miles de obreras o hembras no reproductoras, diploides; y de centenares de zánganos o machos, haploides.

A continuación, mostramos el ciclo biológico, en el que intervienen los tres tipos de individuos de un enjambre:



- La reina se aparea con un **zángano** de otra colmena y almacena los espermatozoides, que son haploides, en la espermateca, una cavidad de su cuerpo encargada de recibir y almacenar estos gametos.
- Los óvulos, también haploides, son fecundados diariamente a medida que pasan por la espermateca, y dan lugar a **cigotos** diploides.
- Por sucesivas divisiones mitóticas, los cigotos originan las **larvas**, que son diploides.

- Las larvas son alimentadas por las obreras hasta el momento en que sufren la metamorfosis. Esta dura unos doce días, después de los cuales se convierten en adultos.
- Los adultos serán una **reina** o a una **abeja obrera** según la alimentación que reciban durante la fase larvaria.
- No todos los óvulos de la reina son fecundados; de los óvulos no fecundados surgen los **zánganos**.
- Las **abejas obreras** presentan los órganos reproductores inhibidos, pero en ciertas ocasiones producen óvulos, aunque la anatomía de su aparato reproductor no permite la cópula. En situaciones excepcionales, el desarrollo de estos óvulos también puede dar lugar a **zánganos**.

En las abejas, como en otros invertebrados, se produce la **partenogénesis**, es decir, el desarrollo de un individuo adulto a partir de una célula sexual no fecundada. La combinación de esta variante reproductiva con la reproducción sexual es la causa de la determinación del sexo.

## Técnicas de reproducción

Desde hace miles de años, el ser humano ha mostrado gran interés por obtener el máximo rendimiento de las especies que cultivaba y criaba.

Por ello, ha intentado conseguir variedades de plantas de crecimiento rápido, que producen frutos grandes o con un contenido nutritivo mayor, y de la misma manera ha intentado obtener especies ganaderas más dóciles o que proporcionan más leche o mejor carne.

Así pues, la intervención humana en la reproducción de las especies que tienen interés económico es muy antigua, pero en los últimos años se han desarrollado intensamente diversas técnicas para aumentar el rendimiento de dichas especies.



# Experimento



**Tema:** Mitosis en células de raíz de cebolla

**Investigamos:**

Las células del tejido meristemático del extremo apical de la raíz de la cebolla se dividen constantemente; esto facilita la observación de células en diferentes fases del proceso de reproducción celular conocido como *mitosis*.

**Objetivo:**

- Realizar preparaciones para observar células eucariotas mediante el microscopio óptico.
- Reconocer el proceso de la mitosis y distinguir sus diferentes fases.

**Materiales:**

- un microscopio
- un papel de filtro
- un portaobjetos
- un cubreobjetos
- una lanceta
- una aguja enmangada
- pinzas de madera
- palillos
- tijeras
- un mechero
- un vaso de precipitados
- vidrio de reloj
- orceína A
- orceína B
- bulbos de cebolla

**Proceso:**

1. Antes de realizar la práctica, **llena** un vaso de precipitados con agua y **coloca** un bulbo de cebolla sujeto con dos o tres palillos.

El bulbo debe situarse de manera que la parte inferior esté en contacto con el agua. Transcurridos tres o cuatro días, aparecerán numerosas raíces de unos 3 o 4 cm de longitud.

2. **Corta** con las tijeras de 2 a 3 mm del extremo de las raíces, ya que en esta zona se encuentran las células en división.
3. **Vierte** en un vidrio de reloj 2-3 ml de orceína A y **deposita** en él los trozos de las raíces.
4. **Sujeta** el vidrio de reloj con las pinzas y **calientalo** suavemente con el mechero (es importante que se evite la ebullición retirando, si es necesario, el vidrio del reloj) hasta que se desprendan vapores tenues.
5. **Coloca** con la aguja enmangada uno de los extremos de las raíces en un portaobjetos, **añade** una gota de orceína B y **deja** actuar un minuto.
6. Con la lanceta, **corta** los extremos. **Coloca** encima el cubreobjetos y, con la ayuda de un papel de filtro, **realiza** una suave presión en la zona del cubreobjetos para que las raíces queden extendidas. Esta técnica es conocida como *squash*. Se ha de evitar que el cubreobjetos resbale, limpiando el exceso de colorante con el papel de filtro.
7. **Quita** el papel de filtro y **observa** al microscopio.

**Cuestiones:**

8. **Dibuja** las características morfológicas de las células vegetales.
9. **Indica** el porcentaje de células que se encuentran en mitosis.
10. **Dibuja** las diferentes fases de la mitosis que puedas identificar con el microscopio.
  - ¿Qué color presentan los cromosomas que observas?



## Resumen

1. Ciclo celular
2. Meiosis
3. Mitosis
4. Fecundación

La **célula**, a lo largo de su tiempo de vida, pasa por distintas etapas dentro de lo que conocemos como el **ciclo celular**. Las dos fases fundamentales son

la **interfase** y la **división celular**.

La **interfase** es el período más largo y consta de tres etapas: **G<sub>1</sub>**, **S** y **G<sub>2</sub>**. Durante la etapa **G<sub>1</sub>** de la interfase, la célula aumenta su tamaño y también aumenta su cantidad de orgánulos y estructuras celulares. Esto ocurre hasta que la relación superficie-volumen de la célula no puede mantenerse por lo que la célula debe entrar en división. Durante la etapa **S**, el ADN se duplica y en la etapa **G<sub>2</sub>** la célula comienza a prepararse para la división.

Después de esto, la célula puede entrar en división. Si se divide por **mitosis**, la célula pasará por cuatro etapas de división del núcleo y luego por **citocinesis**, o división del citoplasma. La primera fase se denomina **profase** y en ella se condensan los cromosomas y desaparece la membrana nuclear. Los centriolos se empiezan a separar hacia los polos.

La segunda fase de la mitosis es la **metafase**, en la que los centriolos, ya migrados en los polos de la célula, han creado el **huso mitótico**, al cual se anclan los cromosomas alineados en el centro y forman la placa ecuatorial.

Después, en la tercera fase o **anafase**, las cromátidas hermanas de los cromosomas se separan debido a la contracción de las

hebras. Por último, en **telofase**, los cromosomas se descondensan y se vuelven a formar las envolturas nucleares que envuelven a las cadenas de ADN.

Tras la división del material genético, tiene lugar la división del resto de la célula por el proceso denominado **citocinesis**. En células animales, ocurre una invaginación en la membrana plasmática que origina la citocinesis por estrangulación mientras que en las células vegetales se forman tabiques que separan las dos células.

Existe otro tipo de división celular llamado, **meiosis** en el que, en lugar de originarse dos células idénticas a la madre, se originan cuatro células diferentes y con la mitad de la información. Estas células son **gametos** y son necesarias para la reproducción sexual.

La meiosis ocurre como dos divisiones seguidas. La segunda división de la meiosis es muy similar a la mitosis. En la primera, sin embargo, existe un proceso de emparejamiento de cromosomas homólogos y recombinación, que permite que cada célula tenga distinta información genética al final de la división.

La reproducción sexual ocurre por la unión de dos gametos en un fenómeno conocido como **fecundación**, en el que se forma un cigoto. Este **cigoto** tiene un juego de información completa como resultado de la unión de la media información del gameto masculino y el femenino. El cigoto comenzará a dividirse por **mitosis**, dando lugar a un embrión que terminará convirtiéndose en un organismo adulto.



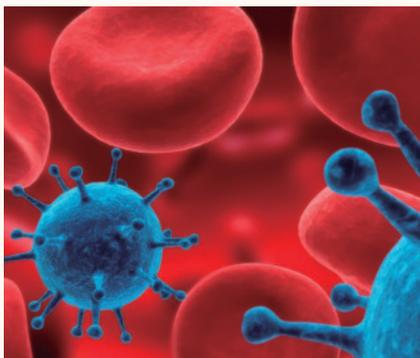
## BLOG

### Una triple barrera protege las células de convertirse en cancerosas

Un equipo de expertos ha descrito por primera vez un triple mecanismo que detiene la mitosis cuando la integridad de los cromosomas está amenazada. La activación de cualquiera de las tres vías de control detiene el proceso que podría dar lugar a una transformación maligna. La investigación se ha publicado en Plos Genetics.

Investigadores de la Universidad Autónoma de Barcelona (UAB) han identificado por primera vez el triple mecanismo que detiene la separación de los cromosomas en respuesta a situaciones que comprometen la integridad de la información genética. La pérdida de esta capacidad de respuesta es característica de las células cancerosas.

—Lee la noticia completa en el siguiente *link*: <http://goo.gl/nl4r2V>.



<http://goo.gl/440nOG>

## SOCIEDAD

### Serpiente en cautividad se reproduce sin aparearse con un macho

Una serpiente de agua de vientre amarillo se reprodujo por sí misma en 2014 y de nuevo este verano, indicaron los responsables del Centro de Conservación de Naturaleza del cabo Girardeau, dependiente del Departamento de Conservación de Misuri. La serpiente vive en cautividad y sin un compañero macho desde hace casi ocho años. Un becario que cuida de la serpiente encontró las cápsulas con las crías recién puestas en julio.

Estos nacimientos son poco comunes, señaló el herpetólogo del Departamento de Conservación Jeff Briggler, pero pueden producirse en algunas especies a través de un proceso llamado *partenogénesis*. Ocurre en algunos insectos, peces, anfibios, pájaros y reptiles, incluidas algunas serpientes, pero no en mamíferos.

—Lee este artículo en su totalidad en el siguiente enlace: <https://goo.gl/P4G4TZ>.

## SENTIDO CRÍTICO

### Película

En el siguiente vínculo podrás encontrar un documental sobre posibilidades de la reproducción asexual en humanos: <http://goo.gl/RkFqHs>.

## SI YO FUERA



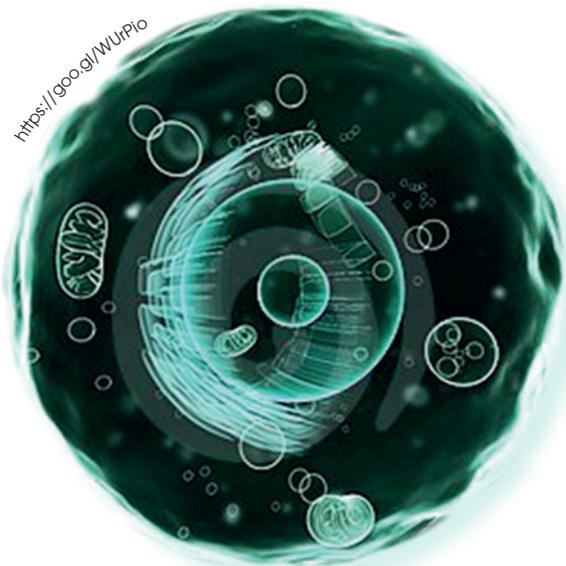
<http://goo.gl/6TV6k0>

Un **citogenetista**, analizaría los cambios en las células somáticas, que constituyen los diferentes órganos y partes de nuestro cuerpo, que llevan al envejecimiento y la muerte celular para prevenir enfermedades.

Prohibida su reproducción

# Para finalizar

1. **Lee** este texto sobre la división celular y **responde** las actividades que se plantean a continuación.



## La mitosis

Cuando alguien se corta, la herida sana; cuando se siembra una semilla, crece una planta; un organismo unicelular que vive en un charco puede producir tantos descendientes que el agua cambia de color en pocos días. ¿Qué tienen en común estos sucesos? En todos ellos las células se reproducen: las células forman nuevas células.

Todos los seres vivos estamos formados por células que provienen, a su vez, de otras células. Estas nuevas células se producen mediante un proceso llamado *división celular*. Cuando una célula se divide, lo hace también el núcleo y el resto de ella; es decir, el citoplasma. La célula que se divide se llama *célula madre*, y las células que se forman a partir de ella se llaman *células hijas*. Este tipo de división celular constituye la *mitosis*.

La **mitosis** provee células nuevas para el crecimiento, para curar heridas y para reemplazar partes dañadas del cuerpo; todas estas células reciben el nombre de *células somáticas*. En cambio, las células reproductoras o los gametos (el óvulo y el espermatozoide en el ser humano) se forman por otro tipo de división

celular llamado *meiosis*. Todas las células que poseen un núcleo definido por una membrana (células eucariotas) tienen en su interior los cromosomas, que contienen la información necesaria para el control de las actividades celulares. Durante la división celular, las nuevas células reciben el mismo material hereditario propio de la célula originaria.

Muchos tipos de organismos están formados por células que contienen un determinado número de pares de cromosomas. Estos pares de cromosomas iguales se llaman *homólogos*, y de la célula que los contiene, decimos que es diploide y representamos con el símbolo  $2n$ . Los humanos contamos con 23 pares de cromosomas homólogos, por lo tanto,  $2n = 46$ . Algunos otros ejemplos son: gato, 38, vaca, 60, perro, 78, mosca de la fruta, 8, mosca, 12, chimpancé, 48, cebolla, 16, pez rojo, 94 y arroz, 34.

Las células no crecen indefinidamente. Cuando una célula llega a cierto tamaño, se divide por mitosis. Este proceso se describe en términos de posición y movimiento de los cromosomas, y puede observarse con la ayuda de un microscopio. Para facilitar su estudio, los científicos dividen la mitosis en fases, aunque, de hecho, la mitosis constituye una serie de eventos consecutivos.

Hugo Gómez Cerón

(Extraído de: [benitobios.blogspot.com/2007/11/mitosis.html](http://benitobios.blogspot.com/2007/11/mitosis.html))

- Realiza** un resumen de cada una de ellas.
- Indica** cuál es el valor de  $n$  y  $2n$  en los organismos que se mencionan en el texto.
- A partir de una célula inicial, ¿cuántas células se forman después de diez mitosis sucesivas?
- ¿En qué fase de la división celular se encuentra la célula diploide de la mosca de la fruta que se describe a continuación?  
«...tiene ocho cromosomas, con dos cromátidas cada uno, colocados en el ecuador del huso acromático...».

—En un tejido vegetal de cebolla hay un 70% de células en fase  $G_1$ , un 5% en fase S y un 9% en fase  $G_2$ .

a. ¿En qué situación se encontrarán las células restantes?

b. ¿Qué puede deducirse sobre la duración de las diferentes etapas de la interfase?

2. **Indica** el número de cromosomas y de cromátidas que habrá en las siguientes células de gato:

- Célula nerviosa al término de la profase
- Célula hepática en anafase
- Célula intestinal en período  $G_1$
- Célula del epitelio bucal en período  $G_2$
- Gameto masculino (espermatozoide)

c. ¿Son genéticamente iguales todas las células de un mismo individuo? Razona la respuesta.

3. Determinado organismo posee dos billones ( $2 \times 10^{12}$ ) de células somáticas, de las cuales el 60% se encuentra en mitosis, el 30% en fase  $G_1$ , el 4% en fase S y el 6% en fase  $G_2$ . Sabiendo que las células en fases S y  $G_2$  tienen 60 pg de ADN (recuerda que 1 pg = 1 picogramo =  $10^{-12}$  g), **calcula** la cantidad de ADN nuclear existente en este organismo.

4. **Confecciona** un gráfico de barras en el que se refleje el número de cromosomas por célula según las especies que se mencionan en el texto. ¿Crees que el número de cromosomas está directamente relacionado con la complejidad de un organismo? **Razona** tu respuesta.

5. **Explica** las diferencias entre estos conceptos: *mitosis* y *citocinesis*, *cromosoma metafásico* y *cromosoma telofásico*, *cromatina* y *cromoso-*

*ma*, *núcleo* y *nucleosoma*.

6. **Dibuja** una célula con dos pares de cromosomas en anafase mitótica y **responde**: ¿Cuántas cromátidas se observan?, y ¿cuántos centrómeros?

7. En un organismo diploide, ¿se puede dar el caso de células somáticas con un número impar de cromosomas?

8. **Razona** en qué fase del ciclo celular se encontraría el cromosoma de esta microfotografía.



—**Describe** su morfología. ¿Cuál crees que es la función de los cromosomas en la célula?

9. **Clasifica** los veintidós cromosomas humanos, más el par X e Y, según la posición del centrómero.

10. Las células animales y vegetales son eucariotas, comparten muchas similitudes, pero también algunas diferencias. ¿Qué diferencias existen en la división celular de ambos tipos celulares?

11. **Explica** cuáles son las posibles causas que provocan la apoptosis de una célula.

12. La muerte de una célula puede ser por apoptosis o por necrosis. ¿Qué diferencia existe entre los dos procesos? ¿Tiene la apoptosis algún aspecto positivo para el organismo?

## AUTOEVALUACIÓN

Reflexiona y **autoevalúate** en tu cuaderno:

### • Trabajo personal

¿Qué tema me ha resultado más fácil y cuál más difícil de comprender?

¿He cumplido mis tareas?

¿Qué aprendí en esta unidad?

### • Trabajo en equipo

¿He compartido con mis compañeros y compañeras?

¿He respetado las opiniones de los demás?

• **Escribe** la opinión de tu familia.

• **Pide** a tu profesor o profesora sugerencias para mejorar y **escríbelas**.

# 3

# Genética

## CONTENIDOS:

- 1.** Los genes
  - 1.1. Genoma y dotación cromosómica
- 2.** La transmisión de los caracteres
- 3.** La expresión de los genes: la herencia
  - 3.1. Herencia dominante
  - 3.2. Herencia codominante y herencia intermedia
  - 3.3. Herencia del sexo y herencia ligada al sexo
  - 3.4. Herencia de los alelos múltiples
  - 3.5. Los árboles genealógicos
- 4.** Genética mendeliana
  - 4.1. Leyes de Mendel
  - 4.2. Primera ley
  - 4.3. Segunda ley
  - 4.4. Tercera ley
  - 4.5. La investigación de la herencia
- 5.** Enfermedades hereditarias
- 6.** Ingeniería genética
  - 6.1. Desarrollo histórico de la genética
  - 6.1. Aplicaciones de la ingeniería genética



### Noticia:

#### Un estudio internacional completa fragmentos del genoma humano

«Lo que se detalla en esta publicación son variaciones del genoma humano que no han sido tan analizadas debido a su complejidad, pero que tienen gran importancia por dos razones: una evolutiva, ya que son características genéticas que pueden haber aparecido en determinado momento para conferirle una ventaja a cierta población; y otra médica, debido a la posibilidad de sus portadores de ser susceptibles a sufrir o a resistir ciertas enfermedades», explica Bravi, que aportó al trabajo una muestra genética representativa de una comunidad indígena del norte argentino.

<http://goo.gl/NtRuuR>



### Películas:

#### El humano del futuro

Documental de Discovery Channel sobre las posibilidades de mejora y cambio genético en el ser humano en un futuro cercano.

<https://goo.gl/W0Gmv2>



### Web:

#### Virus genéticamente modificado sirve como tratamiento contra el cáncer

Científicos de la Universidad de Stanford han logrado modificar un virus para usarlo como agente terapéutico contra el cáncer. El avance fue hecho al retirar el mecanismo infeccioso del virus y convertir su interior en un vehículo de administración de fármacos dirigido a las células enfermas.

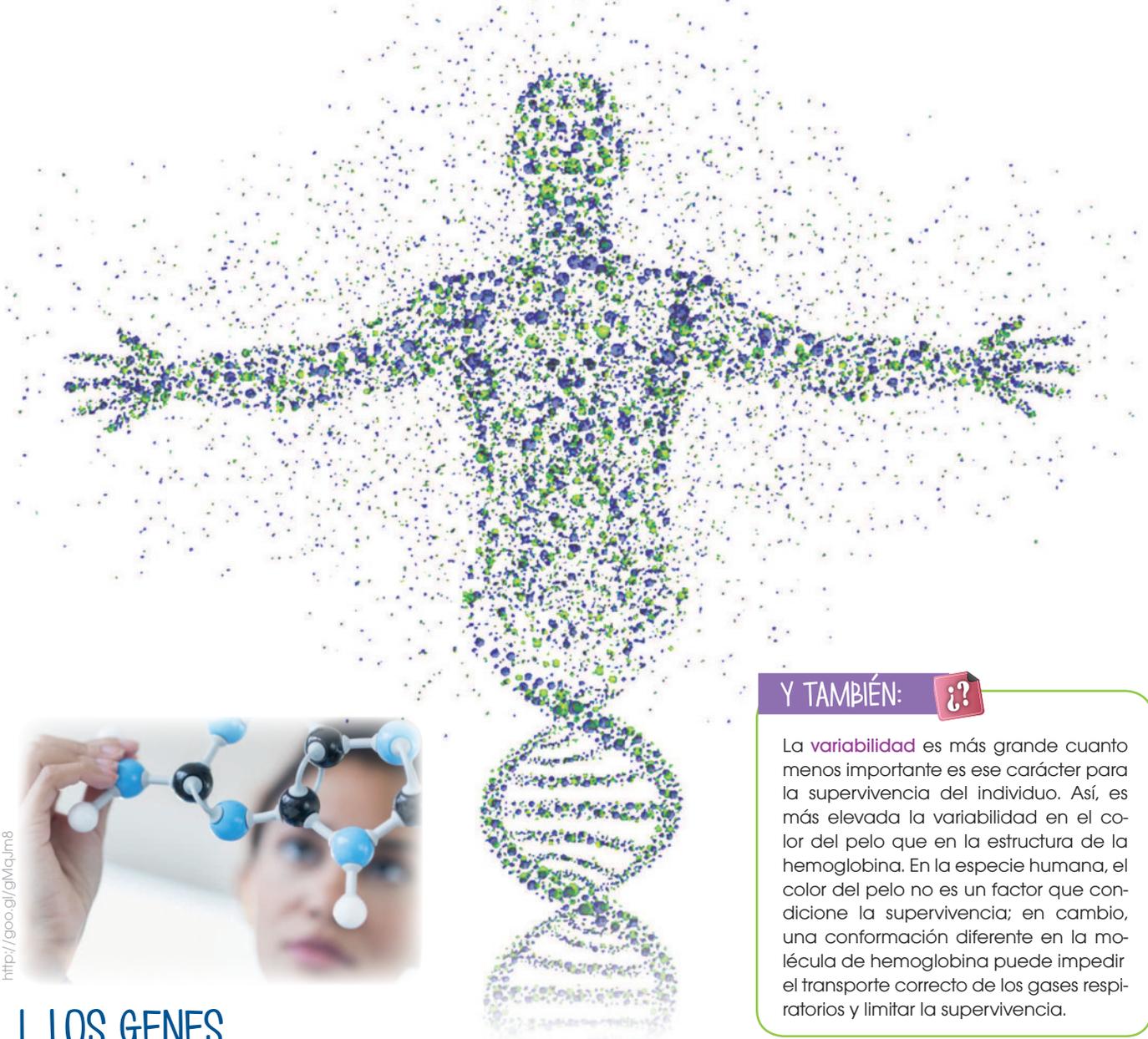
De esta manera, los investigadores modificaron el ADN del virus de la hepatitis B para rediseñar su sistema infeccioso, convirtiendo su núcleo en una partícula benigna. Esto lo ha transformado en un virus neutralizado que se puede utilizar en vacunas y terapias, ya que logra dirigirse a las células enfermas sin afectar al tejido sano. Es un gran avance ya que las terapias actuales, como la quimioterapia, afectan al tejido sano.

<http://goo.gl/QB2ggf>

## EN CONTEXTO:

Lee la noticia anterior y responde:

- ¿En qué consiste el proyecto del genoma humano?
- ¿Cuántos cromosomas tiene un ser humano?
- ¿Cuándo se inició este proyecto?
- ¿Qué utilidad tiene la secuenciación del genoma humano?



http://goo.gl/gMaum8

### Y TAMBIÉN:



La **variabilidad** es más grande cuanto menos importante es ese carácter para la supervivencia del individuo. Así, es más elevada la variabilidad en el color del pelo que en la estructura de la hemoglobina. En la especie humana, el color del pelo no es un factor que condicione la supervivencia; en cambio, una conformación diferente en la molécula de hemoglobina puede impedir el transporte correcto de los gases respiratorios y limitar la supervivencia.

## I. LOS GENES

Los seres vivos transmiten sus características a los descendientes, gracias a la información que contiene el ADN del núcleo celular. El ADN se organiza dentro del núcleo formando los cromosomas.

A lo largo de un cromosoma distinguimos diversos fragmentos de ADN. Cada uno de estos fragmentos, que contiene información para un carácter hereditario, recibe el nombre de **gen**.

De este modo, en los genes residen los diferentes caracteres hereditarios, es decir, todos los aspectos de los seres vivos que dependen de la información genética. El color de las flores de un geranio, el del pelaje de un caballo o la estructura de la proteína hemoglobina, son algunos ejemplos de caracteres hereditarios.

La zona del cromosoma donde se localiza un gen se llama *locus*, en plural **loci**.

Todos los individuos de una especie poseen información para los mismos caracteres hereditarios; es decir, todos tienen los mismos genes. No obstante, la información que contienen puede variar de un individuo a otro. Cada una de estas variaciones es un **alelo**; esto es, una de las diversas posibilidades que puede presentar un gen para la información de un carácter.

Así, pues, los individuos de una misma especie no son iguales, presentan diferencias que dependen de la información genética de cada uno.

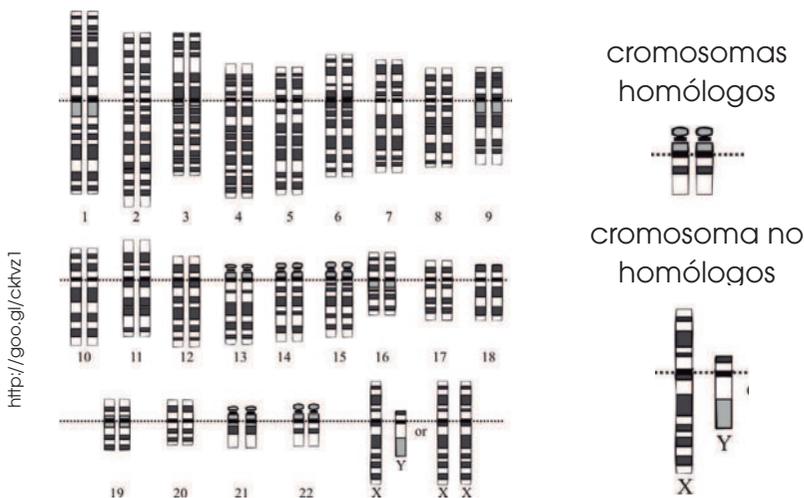
Estas diferencias (tanto de aspecto como de actividad del organismo) constituyen la **variabilidad** genética.

## 1.1. Genoma y dotación cromosómica

Al conjunto formado por toda la información genética de una especie lo llamamos **genoma**. Esta información se localiza en un número fijo de cromosomas, que constituye la **dotación cromosómica**. En el ser humano, corresponde a cuarenta y seis cromosomas, agrupados en veintitres parejas.

Las parejas que van de la 1 a la 22 son cromosomas **autosómicos**, cada uno es **homólogo** de su compañero de pareja, porque ambos poseen genes para los mismos caracteres situados en los mismos loci. La pareja 23 corresponde a los **cromosomas sexuales**: en las mujeres, la pareja está formada por dos cromosomas X, que son **homólogos**; en los hombres, está formada por un cromosoma X y un cromosoma Y, que **no son homólogos**.

Para observar la dotación cromosómica de un individuo, elaboramos un **cariotipo**:



### Y TAMBIÉN:

#### Trisomía del cromosoma 21

Algunas enfermedades genéticas se asocian a un número anómalo de cromosomas. Un ejemplo es la trisomía 21 o síndrome de Down que se caracteriza por la presencia de tres cromosomas (en lugar de dos) de la pareja 21.



Esta anomalía es fruto de un reparto incorrecto de cromosomas durante la meiosis que da lugar a los gametos parentales. Durante esta división celular puede pasar que se genere un gameto con una dotación de 22 cromosomas ( $n - 1$ ) y otro con 24 ( $n + 1$ ).

Si el gameto que participa en la fecundación es el  $n + 1$ , dará lugar a un cigoto  $2n = 46 + 1$  con tres copias del cromosoma 21.

—Tomamos células en metafase, añadimos colchicina para detener el proceso de mitosis y teñimos los cromosomas.

—Se fotografían al microscopio óptico y ampliamos la fotografía.

—A partir de la fotografía digital, recortamos los cromosomas y agrupamos por parejas pegándolos ordenadamente sobre una línea horizontal por el centrómero.

Los cariotipos permiten observar si un individuo presenta el número, la forma y el tamaño característicos de los cromosomas de su especie.

1. **Indica** si estas afirmaciones son verdaderas o falsas. **Transforma** estas últimas en verdaderas.

- Los caracteres hereditarios de un ser vivo están contenidos en los genes.
- La variabilidad genética es el conjunto de genes de un ser vivo.
- El genoma es la zona del cromosoma donde se localiza un gen.
- Dos cromosomas son homólogos si poseen genes para los mismos caracteres.
- El cariotipo es un estudio de la dotación cromosómica de una especie.

2. **Dibuja** dos cromosomas homólogos para explicar qué es un *gen* y qué es un *alelo*.

## Y TAMBIÉN:



### El ADN mitocondrial

Las mitocondrias tienen ADN propio que contiene información para sintetizar proteínas relacionadas con su funcionamiento.

El ADN mitocondrial solo se hereda a través de la madre, ya que el citoplasma del cigoto proviene exclusivamente del óvulo.

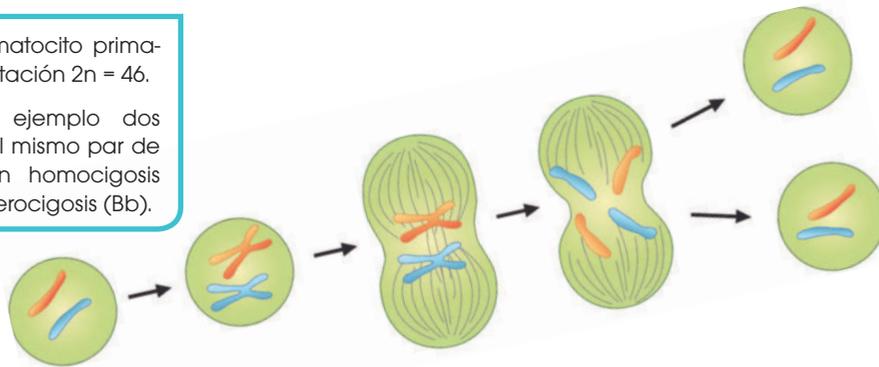
## 2. LA TRANSMISIÓN DE LOS CARACTERES

Los **gametos** son las células encargadas de transmitir la información genética a los descendientes. Los gametos son **haploides**, es decir, tienen la mitad del número de cromosomas, para poder mantener la dotación cromosómica de la especie de generación en generación. Como son haploides, solo disponen de un cromosoma de cada pareja de homólogos y, por tanto, de un solo alelo de cada gen.

El gen que transmita cada gameto para un carácter determinado dependerá de la información que tenga la célula precursora del gameto. Vamos a tomar como ejemplo la espermatogénesis humana.

Partimos del espermatocito primario que tiene una dotación  $2n = 46$ .

Tomaremos como ejemplo dos genes situados en el mismo par de homólogos, uno en homocigosis (AA) y el otro en heterocigosis (Bb).



<http://goo.gl/D9LnSI>

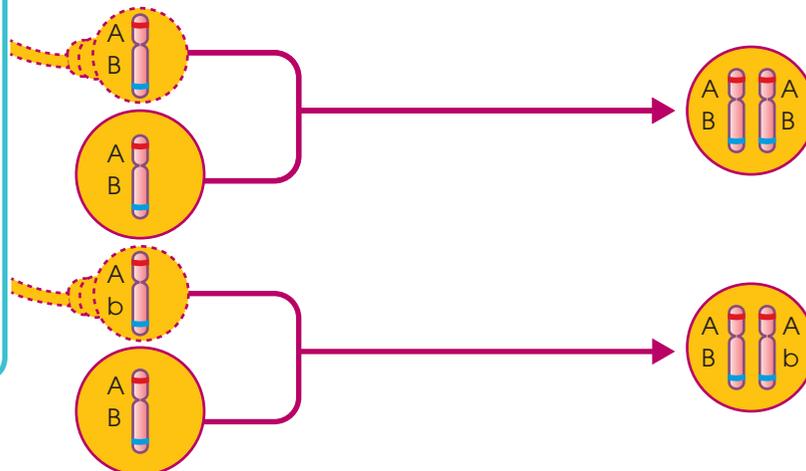
Durante la **fecundación** se unen las dotaciones cromosómicas de los dos gametos, óvulo y espermatozoide. El resultado será el **cigoto** que ya es diploide, es decir, presenta pares de cromosomas homólogos. El cigoto tendrá dos copias de cada gen, una en cada cromosoma del par de homólogos. Estos **genes** no tienen por qué contener la misma información, pueden ser dos alelos diferentes, ya que cada uno proviene de un progenitor.

Al final de la meiosis, obtenemos cuatro espermatozoides (dotación:  $n = 23$ ).

Para el carácter homocigoto, todos presentarán el mismo alelo. Para el heterocigoto, no.

Cualquiera de los espermatozoides puede participar en la fecundación.

Los gametos producidos por un individuo son diferentes entre sí, ya que presentan distintas combinaciones de alelos. La participación de unos u otros gametos en la fecundación es aleatoria.



El hecho de que el cigoto sea homocigoto o heterocigoto para un carácter determinado depende de los gametos que hayan participado en la fecundación.

### 3. LA EXPRESIÓN DE LOS GENES: LA HERENCIA

La **herencia** es la relación que existe entre los diferentes alelos que puede presentar un gen.

Llamamos **genotipo** a la combinación de alelos de un organismo para un determinado carácter. Ya hemos visto que el genotipo puede ser homocigoto o heterocigoto.

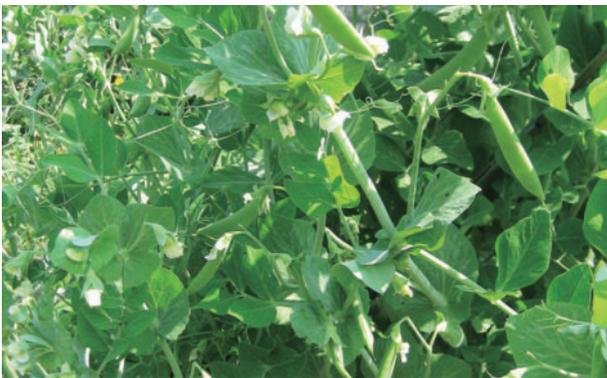
El **fenotipo** es la información que se expresa de un determinado carácter. Si recordamos el ejemplo del carácter «color de la semilla» de la planta de arveja, los individuos que tienen el genotipo **AA** presentarán las semillas de color amarillo; es decir, su fenotipo para este carácter será «amarillo». De igual forma, el fenotipo de los individuos **aa** será «verde». El fenotipo de los individuos **Aa** dependerá

del tipo de herencia que presente el carácter. A continuación, estudiaremos los diferentes tipos de herencia y conoceremos qué son y para qué sirven los árboles genealógicos.

#### 3.1. Herencia dominante

La herencia dominante se da cuando la información de un alelo, al que llamaremos **dominante**, domina sobre la información del otro, al que llamaremos **recesivo**. En la anotación, escribiremos en mayúscula el alelo dominante y en minúscula el recesivo.

En este tipo de herencia, el fenotipo del heterocigoto (**Aa**) se corresponde con la información del alelo dominante. Tomaremos como ejemplo el carácter «**color de la semilla**» de la planta de arveja de jardín. Podemos observar que el fenotipo del heterocigoto es «semilla amarilla», al igual que el fenotipo del homocigoto dominante (**AA**):



<http://goo.gl/KwsgAU>

#### Y TAMBIÉN:

##### Fenotipo y ambiente

El **fenotipo** de muchos caracteres no depende exclusivamente del genotipo, sino que también está influido por el ambiente en el que el individuo desarrolla su actividad vital: fenotipo = genotipo + ambiente.

Un ejemplo muy claro es la coloración de la piel, ya que esta dependerá de la información genética heredada (genotipo), pero también de las horas de exposición solar (ambiente).

		Homocigotos		Heterocigoto
Carácter: color de la semilla	Genotipos			
	Fenotipos			

**3. Completa** los espacios en blanco de la tabla teniendo en cuenta que todos los caracteres que aparecen presentan herencia dominante.

Carácter	Alelos	Genotipos	Fenotipos
Tamaño de las alas de una mosca.	Largas: L Cortas: l	_____ Ll _____ ll	Largas _____ Cortas
«Pigmentación de la piel en humanos»	Pigmentada: A Albina: a	AA _____ _____ aa	Pigmentada Albina



<http://goo.gl/qAPMdt>

### 3.2. Herencia codominante y herencia intermedia

En estos dos tipos de herencia, la información que presenta un alelo no es dominante sobre la que presentan los otros. Por tanto, no habrá ni alelos dominantes ni recesivos; decimos que los alelos son **equipotentes**. Los anotaremos en mayúsculas.

#### Herencia intermedia

En este tipo de herencia, el fenotipo de los heterocigotos (**RB**) es una mezcla del fenotipo de los dos homocigotos. Tomaremos como ejemplo el carácter «**color de la flor**» de la planta Dondiego de noche, en la que podemos apreciar que el heterocigoto presenta el fenotipo «flor rosa».

		Homocigotos		Heterocigoto
Color de la flor	Genotipos			
	Fenotipos			

#### Herencia codominante

Los heterocigotos manifiestan los fenotipos de los dos homocigotos a la vez. Un carácter que posee esta herencia es el aspecto de las plumas en cierta variedad de gallinas que presentan tres fenotipos diferentes: plumas lisas, plumas rizadas y combinación de plumas lisas y plumas rizadas. Se ha comprobado que este fenotipo intermedio corresponde a los heterocigotos para el carácter «**aspecto de las plumas**».

		Homocigotos		Heterocigoto
Grupo MN	Genotipos			
	Fenotipos			

TIC



Para saber más sobre genes, código genético y herencia, puedes consultar la siguiente página web:

<http://goo.gl/QnZyGL>

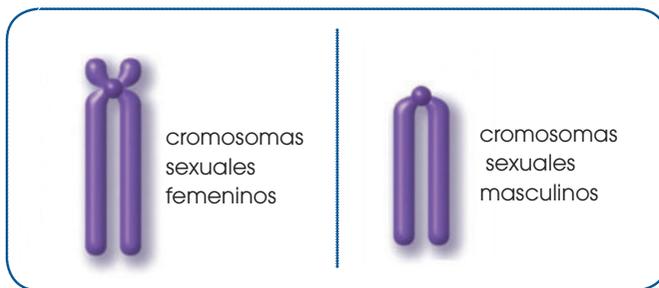
### 3.3. Herencia del sexo y herencia ligada al sexo

La mayoría de los organismos con reproducción sexual presenta dos sexos separados: el masculino y el femenino. Los factores que determinan el sexo de un individuo varían según la especie.

#### Herencia del sexo

El sexo de una persona depende de la pareja de cromosomas n.º 23 de su cariotipo. Son los llamados *cromosomas sexuales* (los demás cromosomas se llaman *autosomas*) y son diferentes en hombres y en mujeres.

- Las mujeres presentan dos cromosomas iguales y homólogos, porque tienen información para los mismos caracteres. los anotamos XX.



- Los hombres tienen dos cromosomas diferentes que no son homólogos. Uno de ellos es más pequeño y se llama Y. Anotamos XY.

#### Herencia ligada al sexo

Llamamos así a la herencia de los genes situados en el cromosoma X y que no se encuentran en el cromosoma Y. Estos genes se expresarán de forma diferente en hombres y en mujeres.

Vamos a tomar como ejemplo el daltonismo o ceguera para los colores. El gen que determina este carácter se encuentra en el cromosoma X y presenta dos alelos:

- X, que determina «no afectado de daltonismo». Es dominante.
- X<sup>d</sup>, que determina «afectado de daltonismo» y es recesivo.

#### Y TAMBIÉN: ¡?

##### Test de Ishihara

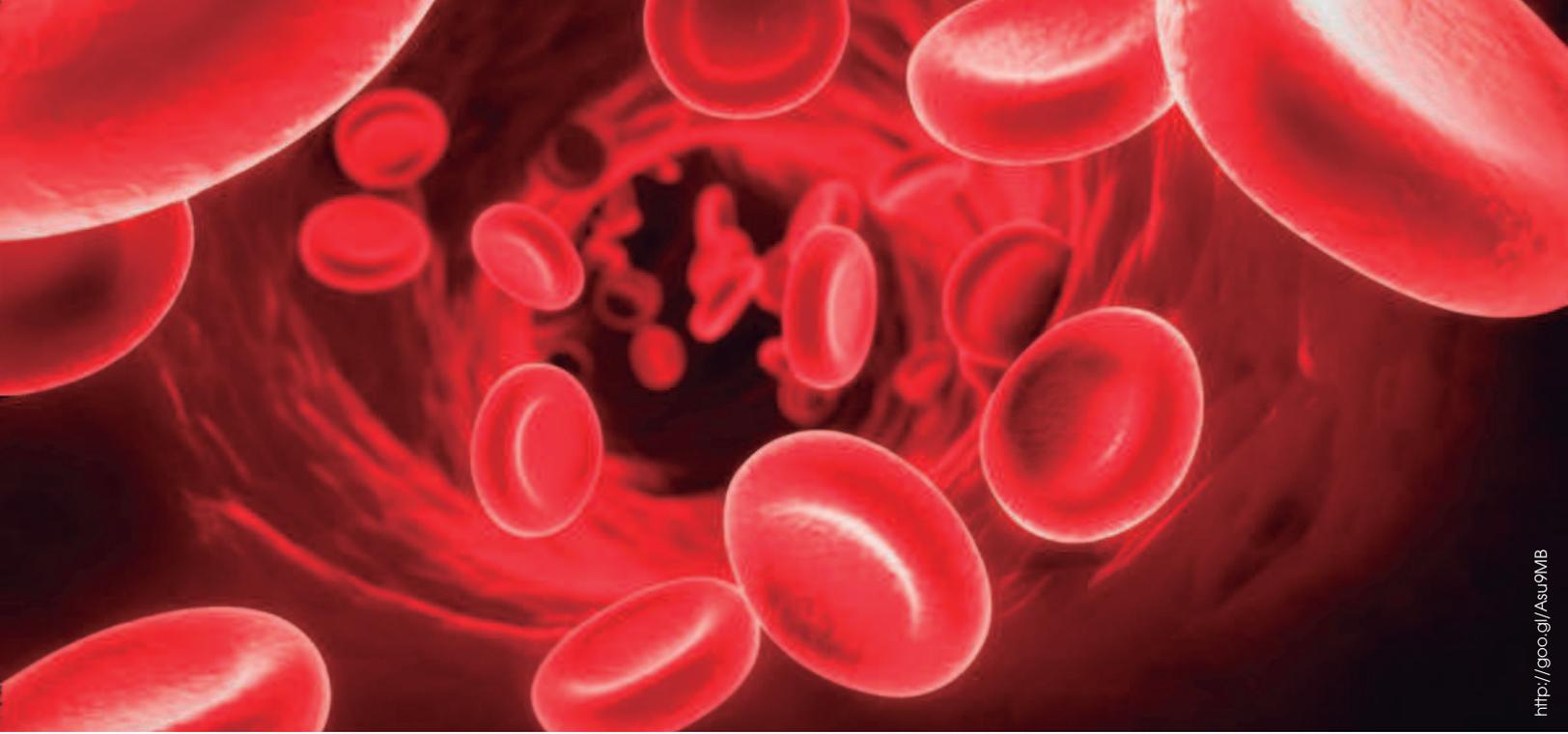
El daltonismo es una anomalía en la percepción del color. Hay diferentes tipos de daltonismo. El más común consiste en la imposibilidad de distinguir el color rojo del verde, ya que ambos colores se ven del mismo tono. El test de Ishihara consiste en una serie de láminas de colores que combinan figuras y números, y que permiten detectar el daltonismo.

		Herencia del daltonismo en la mujer			Herencia del daltonismo en el hombre	
Daltonismo	Genotipos		X <sup>d</sup>	X <sup>d</sup>		X <sup>d</sup>
	Fenotipos					

Siempre que un hombre presente el alelo X<sup>d</sup> será daltónico, mientras que una mujer lo será solo si tiene los dos alelos X<sup>d</sup>.

- ¿En qué cromosoma es probable que se encuentre un gen que determina un carácter que solo se expresa en personas de sexo masculino y nunca en las de sexo femenino? ¿Por qué?
- La **hemofilia** es una alteración que presenta el mismo tipo de herencia que el daltonismo. Especificando el tipo de anotación que utilizarás para los dos alelos posibles, **anota** todos los genotipos y fenotipos posibles en hombres y mujeres.

Actividades

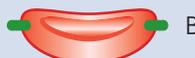
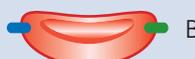


### 3.4. Herencia de alelos múltiples

Existen genes que pueden presentar más de dos variedades o alelos, entre los cuales puede haber diferentes relaciones de herencia. Vamos a estudiar un carácter heredable que presenta esta peculiaridad: el grupo sanguíneo AB0 en humanos.

#### El grupo sanguíneo AB0

Es uno de los principales parámetros que se tienen en cuenta en las transfusiones sanguíneas. Las personas pueden presentar cuatro fenotipos para este carácter: grupo A, grupo B, grupo AB y grupo 0. Los fenotipos afectan a los glóbulos rojos y al plasma sanguíneo. En la siguiente tabla observamos los diferentes fenotipos que puede presentar el ser humano para el carácter «grupo sanguíneo AB0».

	Aspecto de los glóbulos rojos		Plasma sanguíneo
Grupo A	Los glóbulos rojos de estas personas presentan la proteína A en la membrana.	A  B	Contiene anticuerpos que reaccionan con la proteína B (anticuerpos anti-B).
Grupo B	Los glóbulos rojos de estas personas presentan la proteína B en la membrana.	B  B	Contiene anticuerpos que reaccionan con la proteína A (anticuerpos anti-A).
Grupo AB	Los glóbulos rojos de estas personas presentan la proteína A y la proteína B en la membrana.	A  B	No contiene ni anticuerpos anti-A ni anticuerpos anti-B.
Grupo 0	Los glóbulos rojos de estas personas no presentan ni la proteína A ni la proteína B.		Contiene los dos tipos de anticuerpos: anti-A y anti-B.

Si, por ejemplo, se pone en contacto sangre del grupo A con el anticuerpo anti-A, el anticuerpo reaccionará con la proteína A de los glóbulos rojos y estos se aglutinarán, formarán grumos. Una persona del grupo B tiene anticuerpos anti-A en su plasma; por tanto, no puede recibir sangre ni del grupo A ni del grupo AB, ya que sus anticuerpos aglutinarían a los glóbulos rojos de la sangre del donante. Una persona del grupo A no podrá recibir ni del grupo B ni del grupo AB. Una persona del grupo AB puede recibir de todas y una persona del grupo 0 solo puede recibir de su mismo grupo.

Según lo anterior, podemos confeccionar una tabla de donantes y receptores posibles en función del grupo AB0:

		Receptores			
		Grupo A	Grupo B	Grupo AB	Grupo 0
Donantes	Grupo A	Sí	Aglutina	Sí	Aglutina
	Grupo B	Aglutina	Sí	Sí	Aglutina
	Grupo AB	Aglutina	Aglutina	Sí	Aglutina
	Grupo 0	Sí	Sí	Sí	Sí

Podemos saber a qué grupo sanguíneo pertenece una persona haciendo reaccionar dos muestras de su sangre, una con anticuerpos anti-A y la otra con anticuerpos anti-B. Si, por ejemplo, la muestra de sangre con anti-A aglutina y la muestra con anti-B no aglutina, significa que la persona es del grupo B.

### Herencia del grupo sanguíneo AB0

El gen que determina el grupo sanguíneo AB0 puede presentar tres alelos diferentes: A, B y 0. Entre ellos se establecen diferentes relaciones de herencia, de forma que:

- El **alelo A** es dominante frente al alelo 0 y codominante frente al alelo B.
- El **alelo B** es dominante frente al alelo 0 y codominante frente al alelo A.
- El **alelo 0** es recesivo siempre.

Por tanto, el grupo sanguíneo de una persona dependerá de los alelos que estén presentes en su genotipo.

Fenotipo	Genotipo (Alelos presente)	Polisacáridos de la superficie de los dos glóbulos rojos	Anticuerpos en plasma sanguíneo	Reacción con anticuerpos	
				Anticuerpos A	Anticuerpos A
0	ii	— 	 Anticuerpo A  Anticuerpo B	No	No
A	A A,  A, i	A 	 Anticuerpo A	Sí	No
B	B B,  B, i	B 	 Anticuerpo B	No	Sí
AB	A B	A,B 	—	Sí	Sí



https://google/pRL7v

**Thomas Hunt Morgan**  
(Lexington, 1866-Pasadena, 1945)

Es considerado el «padre de la genética moderna». Basándose en sus estudios sobre la larva de la *Drosophila melanogaster*, realizados en la Universidad de Columbia, demostró que los genes se localizan en los cromosomas y son los responsables de los caracteres hereditarios. Por su contribución a la ciencia recibió el Premio Nobel de Fisiología y Medicina en 1933.

6. ¿Las personas de qué grupo sanguíneo se consideran donantes universales, es decir, pueden donar sangre a todo el mundo? ¿De qué grupo serán las personas receptoras universales? **Dibuja** los glóbulos rojos de cada una de ellas.

7. ¿Podría ser que un niño de grupo AB tuviera un progenitor A de grupo sanguíneo 0? Razona tu respuesta.

Actividades

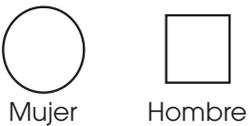
Prohibida su reproducción

### 3.5. Los árboles genealógicos

Para poder determinar el **tipo de herencia** de un carácter, debemos estudiar cómo ha ido pasando de generación en generación. El método más utilizado para tal fin es la elaboración de árboles genealógicos.

En el siguiente esquema, vamos a aprender cómo elabora árboles genealógicos en el caso del ser humano.

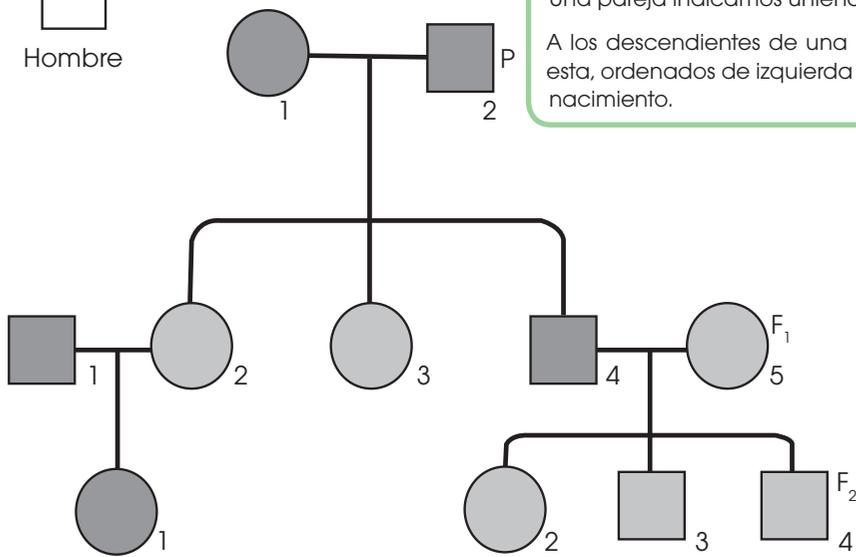
A mujeres y hombres representamos con símbolos diferentes.



Debemos indicar el fenotipo de cada individuo para el carácter que estamos estudiando. Tenemos dos posibilidades:

- En caso de alelos múltiples, anotaremos el fenotipo directamente sobre los símbolos.
- Para el resto de los fenotipos, sombrearemos o no el símbolo dependiendo del fenotipo.

Una pareja indicamos uniéndolos con una línea horizontal. A los descendientes de una pareja dibujamos debajo de esta, ordenados de izquierda a derecha según la fecha de nacimiento.



Cada fila horizontal de individuos es una generación. La primera es la generación parental y la anotamos con una P mayúscula. A las siguientes generaciones las anotamos con una F y un subíndice que indica el número de generaciones que los separa de la parental.

Para identificar a los distintos individuos, utilizamos la numeración arábica. Iniciamos la numeración en cada generación. Dentro de cada generación, numeramos todos los individuos que tengan relación con la familia, sean descendientes de la generación parental o no.

El estudio de los árboles genealógicos nos servirá para determinar el genotipo de los individuos de la familia. Para ello, debemos tener en cuenta cómo se transmiten los caracteres de progenitores a descendientes.

8. El gen que determina el carácter «pigmentación de la piel» presenta dos alelos: un alelo q, que determina «albinismo», y el alelo Q dominante, que determina «normalidad». Del siguiente árbol genealógico:

- Deduce los genotipos que faltan.
- Si el individuo F23 tiene un hijo con una mujer de genotipo QQ, ¿qué genotipo y qué fenotipo presentarán sus descendientes?

El árbol muestra:

- Generación P:** Pareja 1 (mujer) y 2 (hombre) con genotipo QQ. Pareja 3 (mujer) y 4 (hombre) con genotipo Qq.
- Generación F1:** Pareja 1 (hombre) con genotipo QQ. Pareja 2 (hombre) y 3 (mujer) con genotipo QQ.
- Generación F2:** Pareja 1 (mujer) con genotipo Qq. Pareja 2 (hombre) con genotipo QQ. Pareja 3 (hombre) sombreado.

Actividades

Prohibida su reproducción

A continuación, mostramos las características de otros caracteres hereditarios humanos, relacionados con diversos trastornos.

Trastorno	Descripción	Alelos y tipo de herencia
<b>Anemia falciforme</b>	Trastorno causado por una configuración tridimensional errónea de la hemoglobina, que deforma los eritrocitos, que se rompen y ocasionan anemia.	Alelo normal: HbA Alelo falciforme: HbS Son alelos codominantes.
<b>Albinismo</b>	Consiste en la ausencia de melamina, el pigmento que da color a la piel, los ojos y el cabello. Estas partes quedan despigmentadas y se produce una extrema sensibilidad a las radiaciones solares.	Alelo normal: A Alelo albino: a Normal domina sobre albino.
<b>Condrodistrofia</b>	Es un tipo de enanismo que consiste en un acortamiento de la longitud de las extremidades.	Alelo normal: c Alelo condrodistrofia: C Condrodistrofia domina sobre normal.
<b>Fenilcetonuria</b>	Deriva de un error en la reacción de degradación del aminoácido fenilalanina. La acumulación de este en el cerebro causa trastornos muy graves, como el retraso mental.	Alelo normal: F Alelo fenilcetonuria: f Normal domina sobre fenilcetonuria.

Actividades

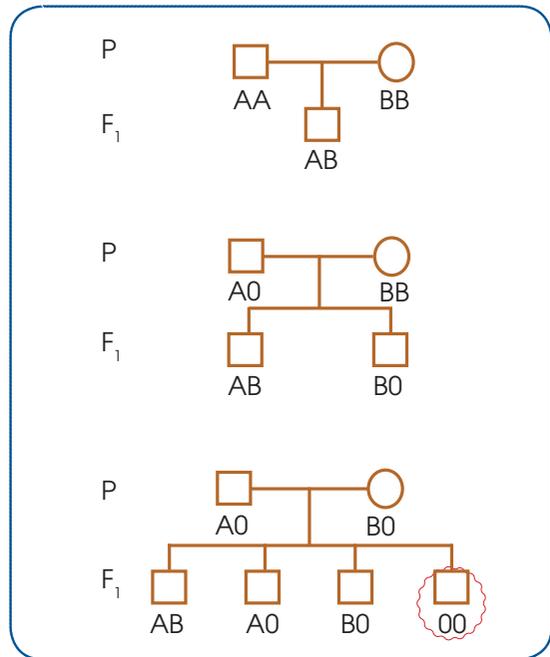
9. Un hombre de grupo sanguíneo O se somete a una prueba de paternidad de un niño de grupo sanguíneo AB. ¿Es posible que ese hombre sea el padre del niño? **Justifica** tu respuesta.
10. Cuál debería ser el genotipo de los padres de dos hermanos cuyos grupos sanguíneos son AB y O respectivamente?
11. **Escribe** los genotipos de un hombre albino y una mujer no albina que tienen un hijo albino.

Con las informaciones anteriores, podemos resolver cuestiones sobre la herencia de estos caracteres. **Fíjate** en el ejemplo siguiente:

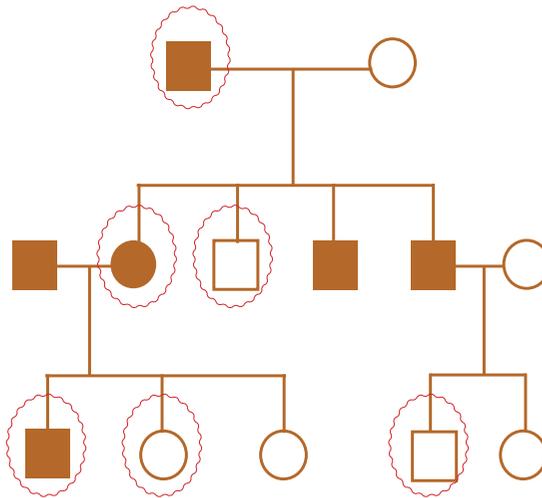
—¿Cuál es el genotipo de un hombre de grupo sanguíneo A y el de una mujer de grupo B que tienen un hijo del grupo O?

La representación de diversas posibilidades en los árboles genealógicos de la derecha puede ser de ayuda para resolver este caso.

Repasando las posibilidades representadas, los genotipos son A0 y B0. Si no fuera así, no podrían reunirse en el hijo dos alelos 0.



12. **Observa** este árbol genealógico, que representa la transmisión de la condrodistrofia en una familia. **Deduce** los genotipos de los individuos señalados.



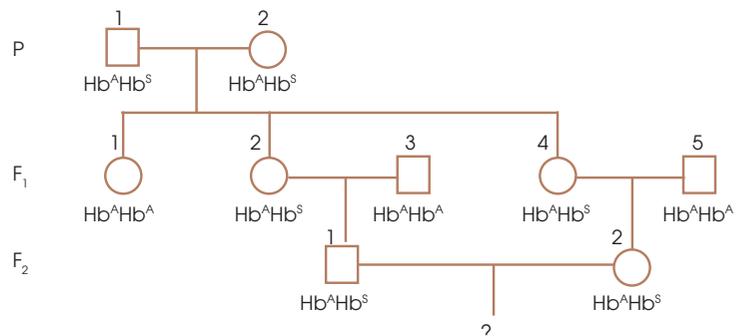
13. Después de realizar análisis durante tres generaciones de una familia, observamos la presencia de dos alelos diferentes respecto de la anemia falciforme:

- Hemoglobina normal (HbA)
- Hemoglobina falciforme (HbS)

—El árbol genealógico siguiente representa el parentesco entre los individuos. ¿Cuál es la probabilidad de que el matrimonio de F<sub>2</sub> tenga un hijo homocigótico para el alelo falciforme?



<http://goo.gl/xdSHWY>



# 4. GENÉTICA MENDELIANA

## 4.1. Leyes de Mendel

Gregor Mendel (Heizendorf, 1822-Brno, 1884) fue un monje agustino que actualmente está considerado el «padre de la genética». En la época en la que vivió Mendel, numerosos investigadores, llamados *híbridos*, se dedicaban a cruzar diferentes organismos y estudiar cómo eran los descendientes. Mendel fue uno de ellos, pero el éxito de sus observaciones reside en la simplicidad del diseño experimental que utilizó:



<http://goo.gl/fav5Y>

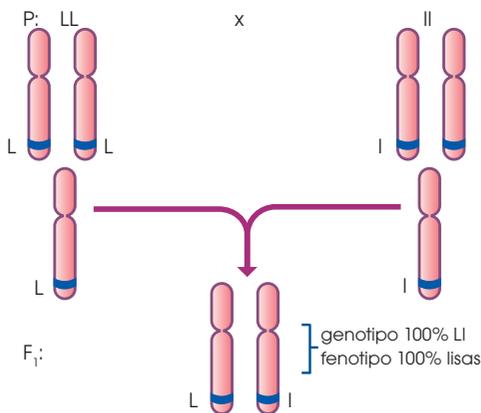
caracteres como máximo. Además, los caracteres estudiados eran fáciles de observar y el organismo utilizado (guisantero de jardín) era fácil de mantener y de controlar su fecundación, además de presentar un tiempo de generación relativamente corto.

- Para iniciar su estudio, partió de lo que él llamaba *razas puras* (se corresponde con lo que hoy llamamos *homocigotos*) para el carácter que estudiaba.

Cuando Mendel desarrolló su investigación, aún no se conocían ni el ADN, ni los cromosomas, ni la meiosis. Dedujo sus leyes a partir del estudio estadístico de los resultados que obtuvo.

## 4.2. Primera ley: ley de la uniformidad de la primera generación

Si cruzamos dos homocigotos diferentes para un determinado carácter, todos los descendientes serán heterocigotos e iguales entre sí.



Mendel estudió el carácter «aspecto de la semilla». Observó que había arvejas de semillas lisas y de semillas rugosas. Entonces cruzó plantas homocigotas de semillas lisas con plantas homocigotas de semillas rugosas.

El **alelo L** (lisa) es dominante frente al alelo l (rugosa).

- Todos los gametos del primer individuo tendrán el **alelo L**.
- Todos los gametos del segundo individuo tendrán el **alelo l**.

Por tanto, después de la fecundación, todos los descendientes serán **heterocigotos** y de aspecto liso para el carácter «aspecto de la semilla».

14. Para el gen que determina el carácter «altura de la planta» de la tomatera, existen dos alelos: un alelo que determina «alta» y otro alelo que determina «enana». Cruzamos dos tomateras, una de fenotipo «alta» y otra de fenotipo «enana», y obtenemos veintiocho descendientes, todos ellos de fenotipo «alta».

- ¿Cuál de los dos alelos será el dominante y cuál el recesivo?
- ¿Qué tipo de herencia presenta el carácter «altura del tallo»?
- ¿Cuál será el genotipo de los progenitores?

—**Realiza** un esquema del cruce en el que aparezcan las anotaciones para cada tipo de alelo, el genotipo y el fenotipo de los progenitores, los gametos producidos y el genotipo y el fenotipo de los descendientes con sus proporciones.

### 4.3. Segunda ley: ley de la segregación de los alelos

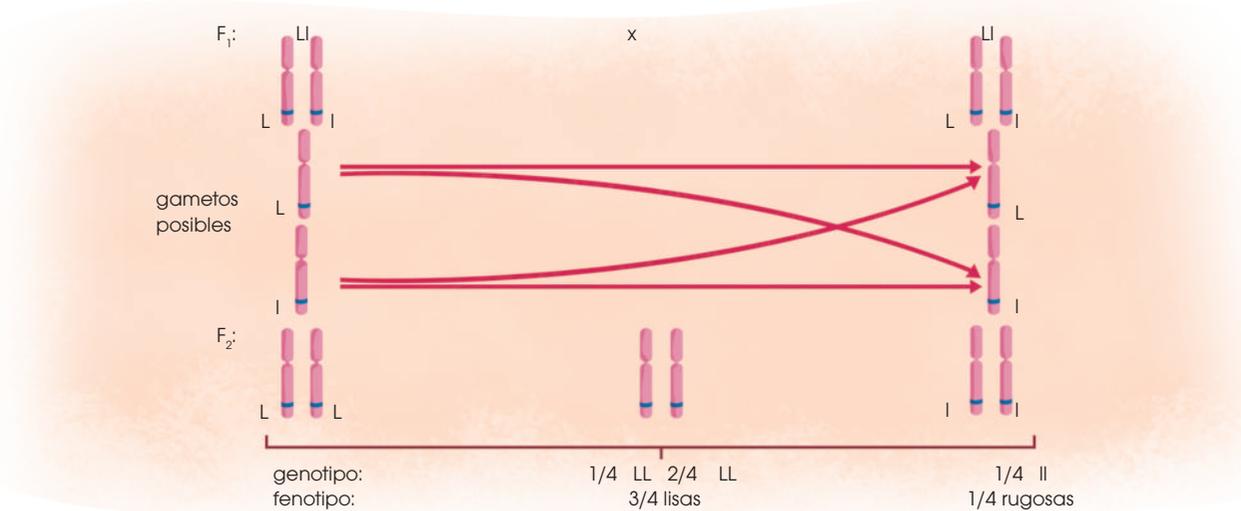
Si cruzamos dos heterocigotos de la  $F_1$  entre sí, veremos que en la descendencia ( $F_2$ ) obtenemos todos los genotipos y fenotipos posibles siguiendo unas proporciones concretas.

Para deducir su segunda ley, Mendel cruzó las plantas de la primera generación filial ( $F_1$ ) entre sí. Todas las plantas de la  $F_1$  son heterocigotas para el carácter «aspecto de la semilla» y su fenotipo es «semilla lisa».

Como son heterocigotas:

- Todos los individuos de la  $F_1$  generan dos tipos de gametos: gametos con el alelo L y gametos con el alelo l.
- Como todos los gametos tienen las mismas posibilidades de participar en la fecundación, tendremos en cuenta todas las posibles combinaciones.

Como resultado, la segunda generación filial ( $F_2$ ) presentará unas proporciones fijas tanto de genotipos como de fenotipos:



Combinaciones posibles

♀ \ ♂	L	l
L	LL	Ll
l	Ll	ll

15. Teniendo en cuenta que el color de la flor en el Dondiego de noche presenta herencia intermedia: **Realiza** un cruce entre flores blancas y rojas indicando las proporciones genotípicas y fenotípicas de la  $F_1$  y  $F_2$ .

16. Se han cruzado dos plantas de arveja de jardín heterocigotas para el carácter «aspecto de la semilla». Del cruce se ha obtenido un total de 184 plantas hijas. **Responde** las siguientes cuestiones:

- ¿Cuántas de ellas es probable que presenten el genotipo Ll?
- ¿Cuántas de ellas es probable que tengan las semillas rugosas?

## 4.4. Tercera ley: ley de la independencia de los alelos

Si estudiamos cómo pasan a la descendencia dos caracteres diferentes, veremos que estos se heredan de forma independiente cumpliendo con la primera y la segunda leyes.

Mendel tuvo en cuenta dos caracteres:

- «Aspecto de la semilla», con los alelos L (lisa) y l (rugosa).
- «Color de la semilla», con los alelos A (amarilla) y a (verde).

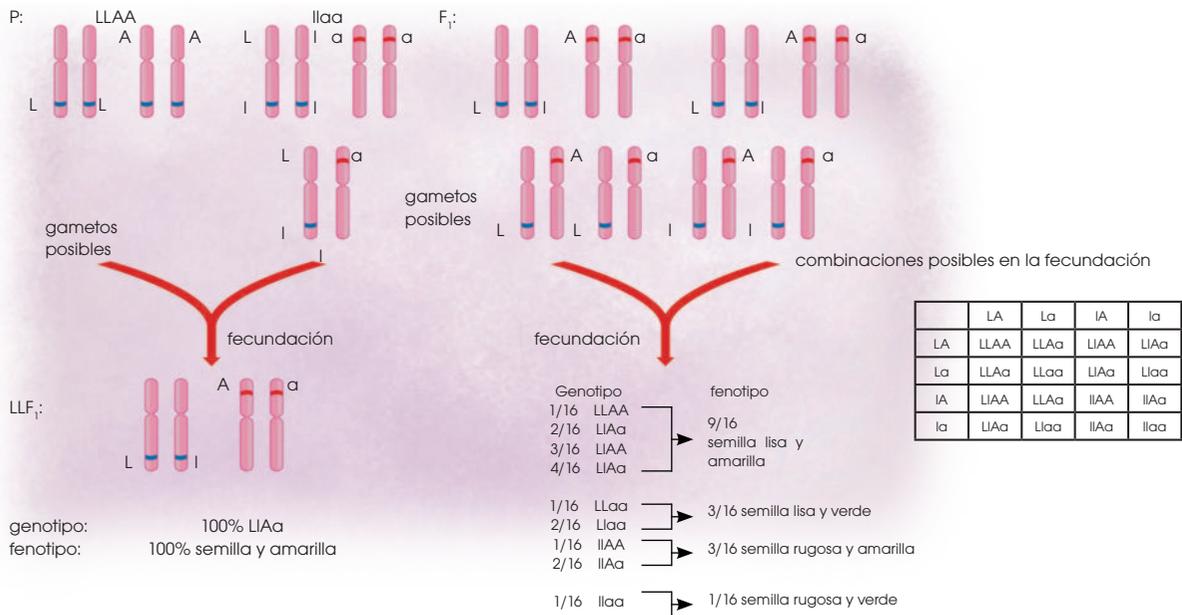
Después de cruzar a los homocigotos para los dos caracteres, vemos que, de acuerdo con la primera ley, toda la  $F_1$  es heterocigota e igual entre sí.

Si cruzamos los individuos de la  $F_1$ , se formarán diferentes combinaciones de alelos en

los gametos. Obtendremos una  $F_2$  donde se podrán observar todos los genotipos y los fenotipos posibles para los dos caracteres y en proporciones fijas.

Esta ley no se cumple cuando:

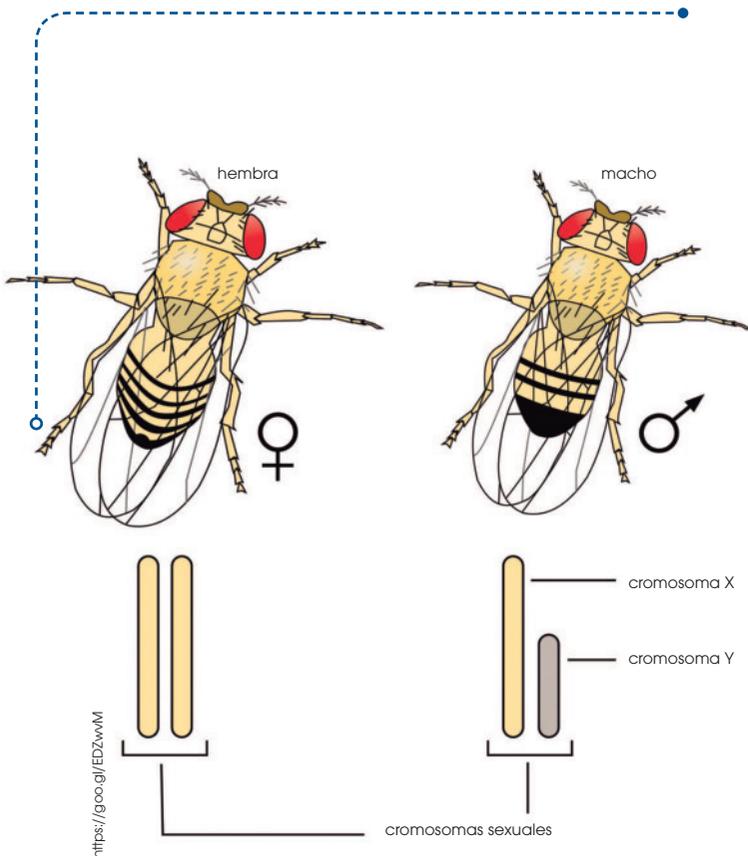
- Los caracteres estudiados están determinados por genes situados en el mismo cromosoma.
- Los caracteres estudiados están determinados por genes situados en los cromosomas sexuales.



17. El gen que controla el carácter «aspecto del tallo» en la tomatera presenta dos alelos: uno dominante, que determina «aspecto peludo» (P), y otro recesivo, que determina «aspecto sin pelos» (p). Para el gen del carácter «altura de la planta», presenta el alelo dominante «alta» (A) y el recesivo «enana» (a).

Se cruza una tomatera alta y peluda con una tomatera enana y sin pelos. En la descendencia observamos: plantas altas y peludas, plantas altas y sin pelos, plantas enanas y peludas, y plantas enanas y sin pelos, todas en la misma proporción. **Responde:**

- ¿Cuál es el genotipo de las plantas que se utilizaron en el cruzamiento?
- ¿Cómo debería ser el genotipo de las plantas iniciales para obtener todas las tomateras descendientes «altas y peludas»?



#### 4.5. La investigación de la herencia

El cultivo y la reproducción en el laboratorio de muchos tipos de seres vivos, y también de virus, han permitido investigar y conocer la herencia de un gran número de caracteres. Los mecanismos de control y expresión del ADN son universales y, por ello, las conclusiones de los estudios realizados contribuyen a descifrar los mecanismos básicos de la herencia en todos los seres vivos.

Una de las especies más utilizadas ha sido *Drosophila melanogaster*, la mosca del vinagre, que se encuentra a menudo en lugares donde hay fruta muy madura, ya que se alimenta de la levadura que fermenta los azúcares desprendidos por este tipo de alimentos.

Este insecto, de dimensiones reducidas, presenta características muy favorables para llevar a cabo este tipo de investigaciones:

- Se cría en el interior de botes de vidrio con un sencillo medio de cultivo.

- Cada dos semanas nace una nueva generación de moscas.
- De cada cruzamiento se obtienen muchos descendientes.
- Su dotación cromosómica es solo de ocho cromosomas.

A principios del siglo XX, T. H. Morgan, de la Universidad de Columbia, después de haber visitado a Hugo de Vries y de haberse puesto al corriente de sus descubrimientos, eligió la mosca *Drosophila* para realizar estudios similares a los de Mendel. Desde entonces, las experiencias llevadas a cabo con esta especie han servido tanto para la investigación como para la formación científica.

Los trabajos con *Drosophila* se basan en la selección de individuos que presenten alguna característica diferencial de origen hereditario y en el diseño de los cruzamientos para deducir el tipo de herencia de este carácter.

La manipulación de las moscas es un proceso sencillo:

- Anestesiarnos sustituyendo el tapón del frasco por un algodón impregnado de éter.
- Pocos minutos después, las moscas se han dormido y, entonces, las extendemos sobre una superficie de color claro para facilitar su observación.
- Con una lupa, si es preciso, observamos detalles del cuerpo de las moscas. Para moverlas o cogerlas sin dañarlas, utilizamos un pincel.

#### Y TAMBIÉN:



**Gregor Mendel** fue pionero en la investigación con seres vivos, pues trabajó con la planta del guisante y con la del dondiego. Los hongos *Neurospora* y *Aspergillus*, numerosas especies de bacterias, entre estas *Escherichia coli*, y muchos tipos de virus han sido objeto de una gran cantidad de estudios. En la actualidad, se ha conseguido descifrar la secuencia del genoma humano.

Los investigadores del equipo de Morgan estudiaron diversas poblaciones de moscas y encontraron un gran número de caracteres hereditarios.

**Observa** un ejemplo concreto de investigación con *Drosophila*.

Cruzamos una hembra con el cuerpo de color claro, el fenotipo normal, con un macho de cuerpo oscuro.	Cruzamos a los individuos de la F1 entre sí.
Observamos que todos los descendientes tienen el cuerpo de color claro.	En la F1 observamos que, de cada cuatro individuos, tres son de color claro y uno tiene el cuerpo oscuro.

Otro carácter hereditario muy característico en *Drosophila* es el color de los ojos. El fenotipo normal corresponde al color rojo brillante, pero existen muchos otros, por ejemplo, el de ojos blancos. **Observa** los resultados de las experiencias de Morgan sobre el alelo ojos blancos.

hembra ojos rojos	macho ojos blancos	hembra ojos rojos de F1	macho ojos rojos de F1	hembra ojos rojos de F1	macho ojos blancos de P

Al genoma de *Drosophila* lo conocemos detalladamente, porque se han conseguido identificar todos los genes y su situación en los cromosomas.

Actividades

- Representa** los cruzamientos anteriores respecto al color del cuerpo. Indica cual es el carácter dominante y recesivo.
- Establece** una hipótesis sobre la herencia del color de los ojos en *Drosophila*. **Representala** en un esquema en forma de árbol. **Expón** tu hipótesis oralmente a los compañeros y compañeras.

Prohibida su reproducción

## 5. HERENCIA DE ENFERMEDADES LIGADAS AL SEXO

Como ya hemos visto, existen ciertas enfermedades hereditarias ligadas al cromosoma X como la hemofilia o el daltonismo. Por lo tanto, estas enfermedades se expresan de forma diferente en hombres y mujeres. Ambas enfermedades son recesivas y los hombres presentarán la enfermedad si poseen el cromosoma X dañado mientras que las mujeres solo presentarán la enfermedad si tienen los dos cromosomas X dañados. Si una mujer solo tiene un cromosoma X afectado será portadora de la enfermedad, pero no la expresará. A continuación veremos un ejemplo sobre la herencia de la hemofilia.

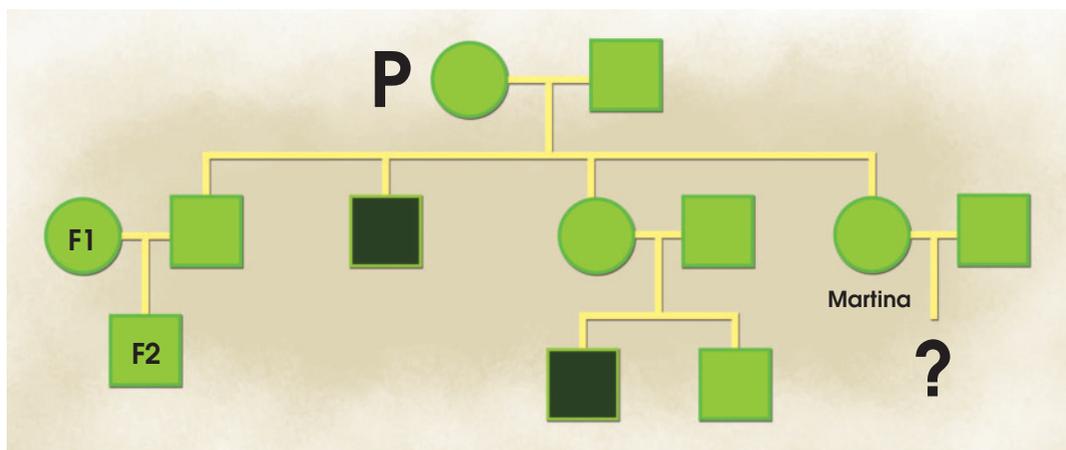
Martina va a tener una hija y está muy contenta, pero hay una cuestión que le preocupa. Aunque ella no la presenta, en su familia hay casos de **hemofilia**, una enfermedad que se

En Internet, Martina ha descubierto que la hemofilia es una enfermedad hereditaria ligada al sexo.

- ¿Qué significa la afirmación anterior?
- ¿Podemos saber en qué cromosoma está el gen de la hemofilia?
- Teniendo en cuenta este hecho, **determina** el genotipo de todos los componentes de la familia de Martina (los parientes externos no presentan casos de hemofilia en sus familias).

En casos como en el de la hemofilia, se habla de individuos sanos, enfermos y «portadores» de la enfermedad.

- **Explica** qué crees que indica cada una de estas categorías de individuos.



caracteriza por la ausencia de una proteína en el organismo que está implicada en la coagulación sanguínea. Las personas que padecen hemofilia pueden llegar a desangrarse ante heridas de poca gravedad aparente, de modo que deben evitar las situaciones de riesgo.

Martina ha estudiado los casos de su familia e intentará descubrir si su hija tiene probabilidades de padecer la enfermedad.

A continuación, te mostramos el árbol genealógico de la familia de Martina.

- ¿Qué representan los círculos y los cuadrados? ¿Qué significa el color negro?
- A la vista de este árbol, ¿crees que la herencia de la hemofilia es un caso de herencia dominante, intermedia o codominante? **Justifica** la respuesta.
- ¿El alelo «hemofílico» se comporta como dominante o recesivo respecto al alelo «sano»?

- **Anota** qué parientes de Martina son portadores de la hemofilia.

Ahora tendrás que ayudar a Martina a calcular la probabilidad de que su hija presente un alelo «hemofílico».

- **Señala** qué genotipos puede presentar Martina y, sin análisis genético previo, indica qué probabilidad presenta para cada uno.
- **Realiza** una tabla con las posibles combinaciones de genotipos resultantes de la unión de Martina con su pareja.
- ¿Existe alguna probabilidad de que su hija presente la enfermedad?
- **Calcula** la probabilidad de que la niña sea portadora o sana para la hemofilia.
- Si Martina tuviera un hijo varón, ¿qué probabilidad tendría de ser enfermo? ¿Podría ser portador?

## 6. LA INGENIERÍA GENÉTICA

### 6.1. Desarrollo histórico de la genética

Conocemos como **ingeniería genética** al conjunto de técnicas basadas en la manipulación del ADN. En ocasiones, también utilizamos la expresión **tecnología del ADN recombinante**, porque muchas técnicas se basan en la recombinación de fragmentos de ADN. Recordemos que durante el paquíteno de la profase I de la meiosis se produce una recombinación entre los cromosomas duplicados. La recombinación tiene como consecuencia la reorganización de los alelos. Por este motivo, al término de la meiosis aparecen combinaciones génicas diferentes de las de los cromosomas originales.

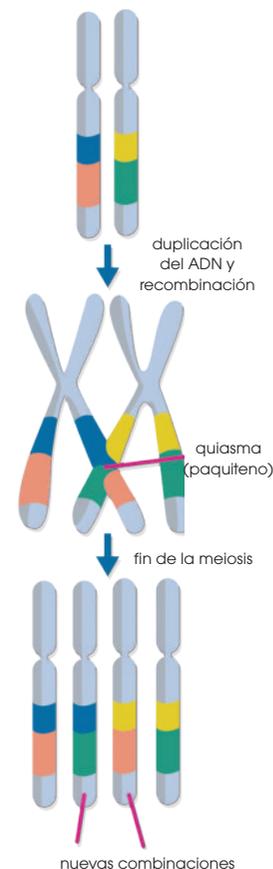
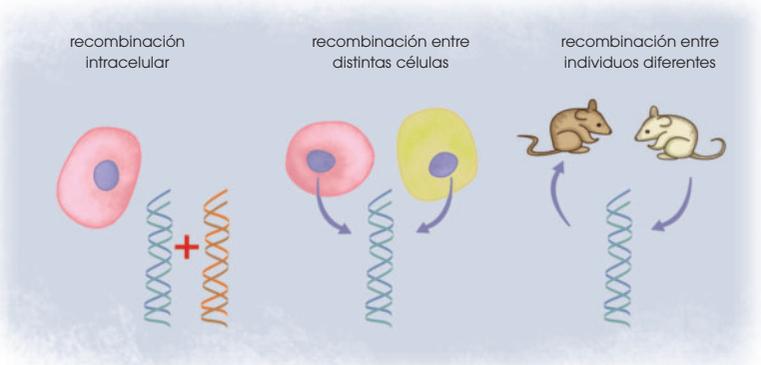
La recombinación génica en el laboratorio se realiza mediante la unión de fragmentos de ADN que originalmente están separados, porque corresponden a cromosomas distintos de la misma célula, a células diferentes o, incluso, a organismos distintos.

A la ingeniería genética la aplicamos con finalidades muy diversas: por ejemplo, todos los fenómenos que hemos descrito hasta ahora en esta unidad se han descifrado mediante la aplicación de técnicas de ingeniería genética.

Por otro lado, la tecnología del ADN recombinante abre todo un universo de posibilidades, algunas de ellas controvertidas. Mediante la manipulación del ADN podemos conseguir que una bacteria sintetice una proteína humana, o bien, que para fabricar una vacuna, un virus reduzca su capacidad infecciosa. Así, también se estudiamos la posibilidad de modificar la dotación genética de una persona para corregir una enfermedad hereditaria mediante la terapia génica. Pero también sería posible que, como cualquier otro avance científico, los aplicamos en situaciones en las que los objetivos primordiales no fuesen el bienestar de toda la humanidad y la mejora de las condiciones

del medioambiente para todos los seres vivos. Por esta razón, diversas organizaciones internacionales estudian el modo de regular la aplicación de estas técnicas.

A continuación, describiremos brevemente algunas técnicas usadas en los proyectos de ingeniería genética, hablaremos de los principales campos en los que se aplican estas técnicas y, finalmente, veremos un ejemplo de su aplicación.



## Instrumentos y técnicas utilizados en ingeniería genética

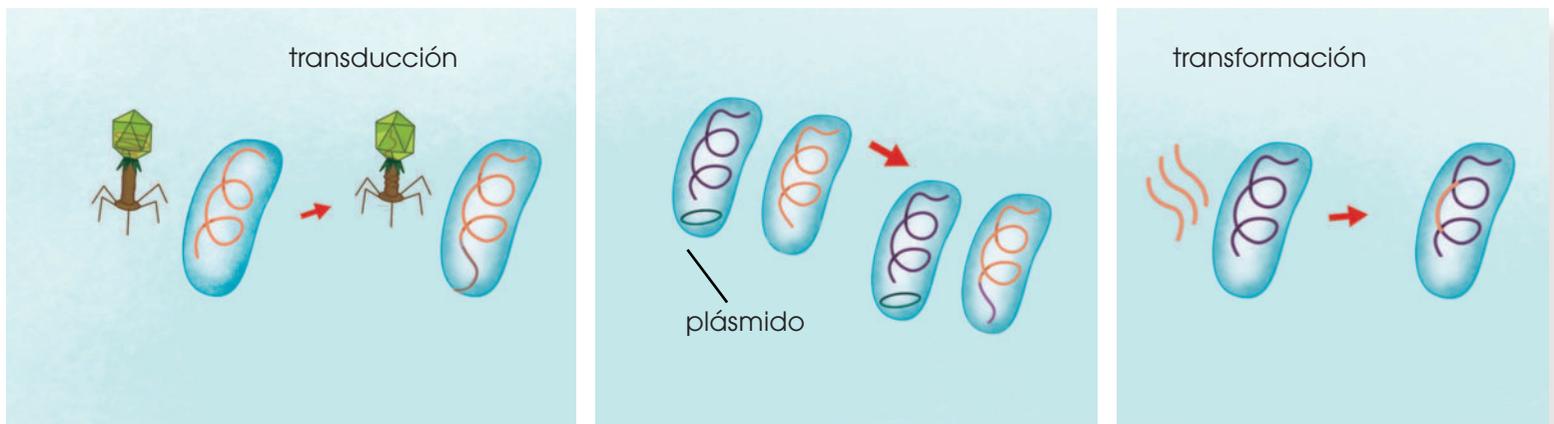
Para obtener nuevas combinaciones de genes, llevamos a cabo una serie de operaciones en las que utilizamos enzimas, microorganismos y virus como «instrumentos» imprescindibles.

### Enzimas

A partir de diversas especies de bacterias, levaduras y animales, y también de virus, se han aislado y catalogado numerosas enzimas que pueden utilizarse en el laboratorio

- Obtener, en poco tiempo, **numerosas copias** del ADN que les ha sido transferido, gracias a su elevada tasa de división.
- Favorecer la transferencia de ADN a otros organismos, ya que, de manera natural, los microorganismos y los virus participan en muchos intercambios de material genético. Los más habituales son la transducción, la conjugación y la transformación.

La **transducción** es un mecanismo de transferencia de genes entre bacterias que tiene un virus como vehículo.



a la hora de manipular el ADN. Estas enzimas permiten llevar a cabo muchas operaciones (cortar, copiar, pegar...), para obtener nuevas combinaciones de genes dentro de un organismo o bien transferir ADN de un organismo a otro.

Algunas de las enzimas más utilizadas son las **polimerasas** (añaden nucleótidos a los extremos de las cadenas de ácidos nucleicos), las **transcriptasas inversas** (procedentes de retrovirus, sintetizan ADN a partir de ARN) o las **enzimas de restricción** (rompen enlaces fosfodiéster entre nucleótidos en determinadas secuencias).

Algunas de estas enzimas son grandes polipéptidos, formadas por diversas subunidades con funciones diferentes. Por este motivo, tienen más de un tipo de actividad, como en el caso de la ADN pol I de *E. coli*.

### Microorganismos y virus

Utilizamos como receptores de fragmentos de ADN, lo cual permite:

Puede producirse en el interior de bacterias infectadas por un virus si, durante la formación de las nuevas partículas víricas, se obtiene un virus que contiene un fragmento del cromosoma bacteriano.

Cuando este virus infecta otra célula bacteriana, le transfiere el ADN procedente de la bacteria inicial.

La **conjugación** es un proceso de intercambio de material genético entre bacterias, que tiene lugar mediante plásmidos.

Un **plásmido** es un fragmento de ADN, cerrado sobre sí mismo y de pequeñas dimensiones, que tiene capacidad para pasar de una célula a otra. Al incorporarse a la célula receptora, los plásmidos pueden recombinarse con el cromosoma bacteriano.

Finalmente, la **transformación** es la incorporación a las células bacterianas de fragmentos de ADN libres en el medio de cultivo.

## 6.2. Aplicaciones de la ingeniería genética

Los numerosos avances técnicos en la ingeniería genética han permitido un amplio desarrollo de todas las áreas relacionadas directa o indirectamente con la genética. Fruto de todo ello han sido los grandes avances científicos y tecnológicos, tanto en el campo de la biotecnología aplicada a la alimentación y la industria como en el campo de las ciencias de la salud.

De entre todos ellos cabe destacar dos líneas de investigación por su renombre e implicaciones científicas, sociales y éticas: la genómica y la proteómica.

### Genómica

Definimos como *genómica* a la parte de la genética que se encarga del estudio del genoma de una especie. Ello incluye el estudio de la secuencia de bases de su ADN y la determinación y la ubicación de todos los genes que lo componen, ya que no todo el ADN es codificante. Algunas de las primeras especies de las que se obtuvo la secuencia de su genoma son *Haemophilus influenzae* (bacteria responsable de un tipo de gripe), *Saccharomyces cerevisiae* (levadura de la cerveza) y *Drosophila melanogaster* (mosca del vinagre). El proyecto de genómica más conocido es quizás el **Proyecto Genoma Humano (PGH)**, iniciado en 1990 por el Departamento de Energía y el Instituto de Salud de Estados Unidos y finalizado en 2003 con la colaboración de científicos de diversos países. Del análisis del genoma humano podemos derivar múltiples ventajas, muchas de ellas relacionadas con las aplicaciones médicas.

Las técnicas utilizadas son muy complejas y necesitan la colaboración de aplicaciones informáticas muy potentes. En resumen, se trata de dividir los cromosomas en pequeños fragmentos mediante enzimas de restricción. Estos fragmentos se clonan (se hacen múltiples copias) y se cartografían (se establece su situación relativa en el cromosoma). Seguidamente se identifican por computadora los

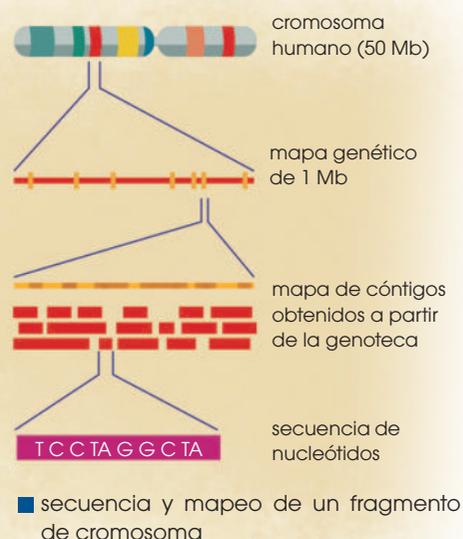
fragmentos que se han solapado, llamados *cóntigos* (*contigs* en inglés), que son los que permiten ordenar todos los fragmentos. Por último, se completan los espacios vacíos.

### Proteómica

Surge con posterioridad a la genómica y como consecuencia de esta. La **proteómica** se encarga del estudio del conjunto de proteínas funcionales que se expresan en una especie concreta.

La proteómica abarca tanto la identificación del gen que codifica cada proteína como el estudio de los procesos postraduccionales que esta padece y cómo estos cambios influyen en su funcionalidad posterior.

El Proyecto Proteoma Humano se considera el siguiente paso del camino iniciado con el PGH y tiene como objetivo la identificación del conjunto de proteínas humanas así como sus propiedades y sus funciones.



### Y TAMBIÉN:

#### PGH y bioética

Aparte de los nuevos conocimientos sobre biología humana y de sus aplicaciones médicas, se deben tener en cuenta las consecuencias éticas, legales y sociales que implica la realización de las pruebas genéticas. De esta manera, se deben preservar derechos como la intimidad, la no discriminación, el pluralismo y la libertad de investigación.

Dentro del PGH se ha creado el programa ELSI (Implicaciones Legales, Éticas y Sociales) formado por juristas, filósofos, científicos, médicos, políticos y líderes religiosos con el objetivo final de formular recomendaciones políticas y legales sobre el tema.

## Diseño de un proyecto de ingeniería genética

Para mostrar un ejemplo de utilización de las técnicas de ingeniería genética, proponemos seguir, de un modo sencillo, el desarrollo de un proyecto de clonación.

La **clonación** es un proceso de obtención de copias idénticas que puede aplicarse en ámbitos muy diversos: pueden clonarse fragmentos de ADN, células o individuos.

En nuestro caso describiremos un método de clonación de fragmentos de ADN, que se desarrollará en las cuatro fases: obtención de **fragmentos** de ADN, **unión** de los fragmentos obtenidos a un ADN **vector**, **introducción** del ADN recombinante en la **célula receptora** e **identificación** del ADN clonado.

### Obtención de fragmentos de ADN

Se produce mediante la utilización de **endonucleasas de restricción**. Estas enzimas rompen los enlaces fosfodiéster de una doble hélice de ADN por una secuencia específica, llamada **diana de restricción**.

Las dianas de restricción corresponden, en general, a secuencias de pocos nucleótidos, normalmente entre cuatro y ocho, y pueden dar lugar a extremos cohesivos o a extremos romos.

El tratamiento con endonucleasas de restricción origina fragmentos de ADN con características diversas según la enzima usada.

Se conocen más de cien enzimas de restricción, las cuales se comercializan para ser utilizados en ingeniería genética

### Unión de los fragmentos a un ADN vector

Después del tratamiento con enzimas de restricción, incorporaremos los fragmentos obtenidos a un ADN vector, normalmente un plásmido, que debe haber sido seleccionado previamente, ya que es importante que reúna estas características:

- Ha de tener **una sola diana de restricción** para la enzima utilizada. Si presentase más de una, el plásmido se partiría en diversos trozos, lo que dificultaría la unión posterior de todos los fragmentos de ADN.
- **No debe contener genes** que puedan tener **efectos virulentos** sobre la célula receptora.
- Es importante que contenga **dos genes** que le confieran resistencia a **dos antibióticos** diferentes, a los que, de forma genérica, llamaremos *antibiótico A* y *antibiótico B*.

Uno de estos dos genes, supongamos que el de resistencia al antibiótico A, ha de incluir en su secuencia la diana de restricción. Esta condición es imprescindible para poder identificar, posteriormente, las células que hayan incorporado el plásmido y garantizar que dicho plásmido contenga el fragmento de ADN.

Para facilitar la unión entre el fragmento de ADN y el plásmido conviene que ambos hayan sido cortados por la misma enzima de restricción.

### Y TAMBIÉN:

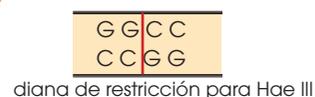
#### Dianas de restricción

La acción de una diana de restricción puede dar lugar a fragmentos de ADN con:

- **Extremos cohesivos:** Son extremos con un fragmento monocatenario que facilitan la unión con otro fragmento de ADN monocatenario complementario. **EcoR I** es una endonucleasa de restricción de *Escherichia coli* que genera extremos de este tipo:



- **Extremos romos:** El punto de corte está situado a la misma altura en las dos cadenas de ADN. Estos extremos no permiten la unión directa por complementariedad de otros fragmentos de material genético. **Hae III** es una endonucleasa de restricción de *Haemophilus aegyptius*, que origina cortes de extremos romos:



Dependiendo del tipo de diana sobre la que actúe la enzima de restricción, se deberán realizar diferentes procesos:

- Si se trata de una enzima como **EcoR I**, los extremos monocatenarios que se obtienen son cohesivos.
- Si se trata de una enzima como **Hae III**, podemos añadir a los extremos de los fragmentos de ADN un trozo de cadena sencilla formado por un solo tipo de nucleótido, mediante la **transferasa terminal**. A los extremos del plásmido añadiremos un fragmento formado por la repetición del nucleótido complementario del anterior para formar extremos cohesivos artificialmente.

Independientemente de la enzima de restricción usado, una vez que se han producido las uniones correspondientes por complementariedad de bases, la **ADN ligasa** sella las discontinuidades entre los diversos fragmentos.

### Introducción del ADN recombinante en la célula receptora

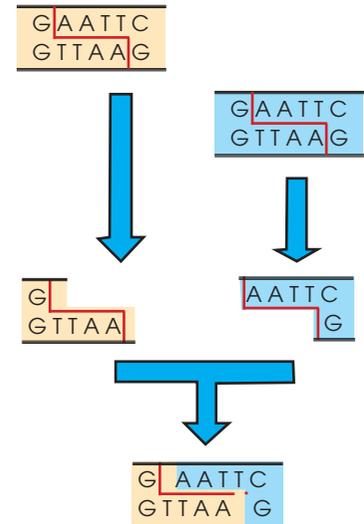
A continuación, se incuba el plásmido obtenido de la recombinación junto con el cultivo de bacterias específicamente seleccionados. En las condiciones adecuadas, el plásmido se incorpora a las células bacterianas.

### Identificación del ADN clonado

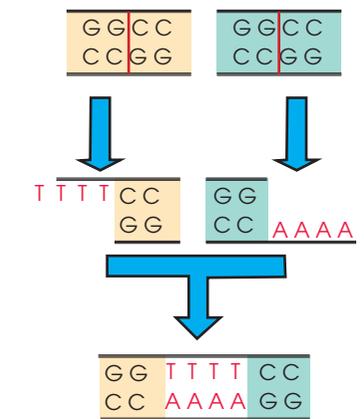
Aunque las condiciones sean las más favorables, en cada fase se produce un porcentaje de errores que afectan tanto a la unión entre el plásmido y el ADN que se tiene que clonar como a la incorporación del plásmido a las células bacterianas. Por este motivo, en el cultivo se encuentran:

- Células que han incorporado el plásmido que, a su vez, contiene el fragmento de ADN que se quiere clonar. Son resistentes al antibiótico A, pero sensibles al antibiótico B.
- Células que han incorporado un plásmido que no contiene el fragmento de ADN. Son resistentes a los dos antibióticos.
- Células que no han incorporado el plásmido. Son sensibles a los dos antibióticos.

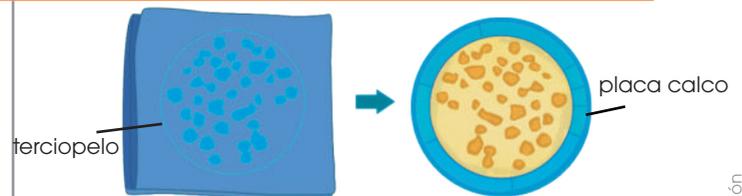
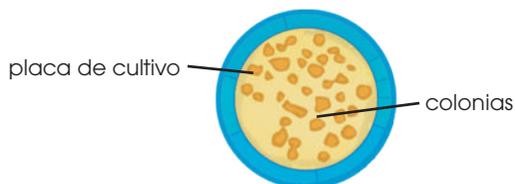
Para la correcta identificación se obtiene una placa de cultivo de bacterias así como su placa calco.



■ Unión de extremos obtenidos con EcoR I

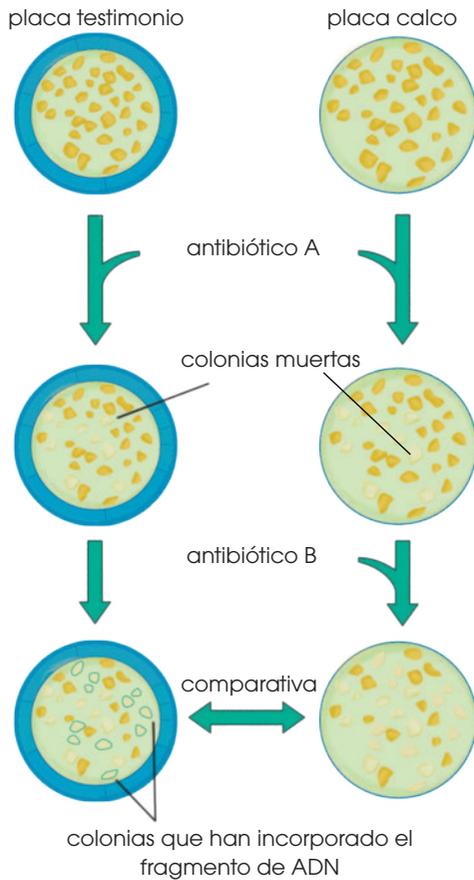


■ Unión de extremos obtenidos con Hae III



Diluyendo y extendiendo sobre placas el cultivo con las bacterias, las células quedan suficientemente separadas como para que, al reproducirse, cada una origine una colonia. Cada colonia corresponde a un conjunto de células con la misma dotación génica. Para seguir el procedimiento de identificación, necesitamos una placa calco, con las mismas colonias y en la misma posición.

Para obtener la placa calco se deposita un trozo de terciopelo encima de la superficie de la placa anterior. De este modo, bacterias de las diferentes colonias quedan adheridas a la superficie del tejido en la misma posición relativa que ocupaban. El trozo de terciopelo se coloca encima de otra placa, en la que crecerán colonias idénticas a las originales y en la misma posición.



A continuación, se deben identificar las colonias que hayan incorporado el plásmido con el gen que queremos clonar. Dichas colonias serán resistentes al antibiótico A pero sensibles al antibiótico B (el gen introducido interrumpe la secuencia del gen de resistencia al antibiótico B).

Para detectarlas trataremos las dos placas con antibiótico A para eliminar las colonias que no han incorporado el plásmido. Después, trataremos con el antibiótico B la placa calco para identificar las que tienen el plásmido con el gen. Compararemos la placa calco con la de referencia para identificar las colonias que nos interesan.

A partir de este momento, se dispone de diversas colonias de bacterias que contienen un fragmento de ADN procedente de otro organismo. En las condiciones adecuadas, se obtendrá un gran número de copias de este fragmento de ADN.

Con dicho método puede fragmentarse todo el ADN de un organismo e incluir los fragmentos en diversas colonias de bacterias, de manera que cada colonia contenga un fragmento del genoma y entre todas las colonias se almacene el genoma completo.

Así se constituyen las genotecas, que permiten estudiar el genoma de los organismos identificando los genes que contienen y descifrando su actividad.

### Organismos modificados genéticamente (OMG)

Los **OMG** son los organismos cuyo ADN ha sido modificado mediante ingeniería genética, es decir, organismos en los que se ha introducido uno o varios genes procedentes de otro individuo. Este ADN foráneo puede provenir de un individuo de la misma especie o bien de una especie diferente. En este último caso hablamos de *organismos transgénicos*.

Las técnicas para la obtención de OMG se han aplicado sobre todo en dos campos:



<http://google.com/axfJui>

- **Mejora de la producción agrícola y ganadera:** Los OMG han permitido disponer de múltiples especies de vegetales **resistentes a herbicidas**, de variedades con un **mayor valor nutritivo** (ej.: variedad de arroz con el gen de la provitamina A), con una mayor capacidad de adaptación al medio (ej.: variedad de maíz resistente a las bajas temperaturas por la introducción de un gen procedente de un pez ártico) o con un **crecimiento más rápido** (ej.: introducción del gen activado de la hormona de crecimiento en distintos animales, sobre todo en peces).

- **Investigación biomédica:** Los OMG han permitido la producción a gran escala de determinados compuestos como la insulina o la hormona de crecimiento. En ambos casos se trata de una proteína codificada por un gen humano, que es introducido en organismos con una elevada tasa de expresión génica como, por ejemplo, las levaduras o las bacterias.

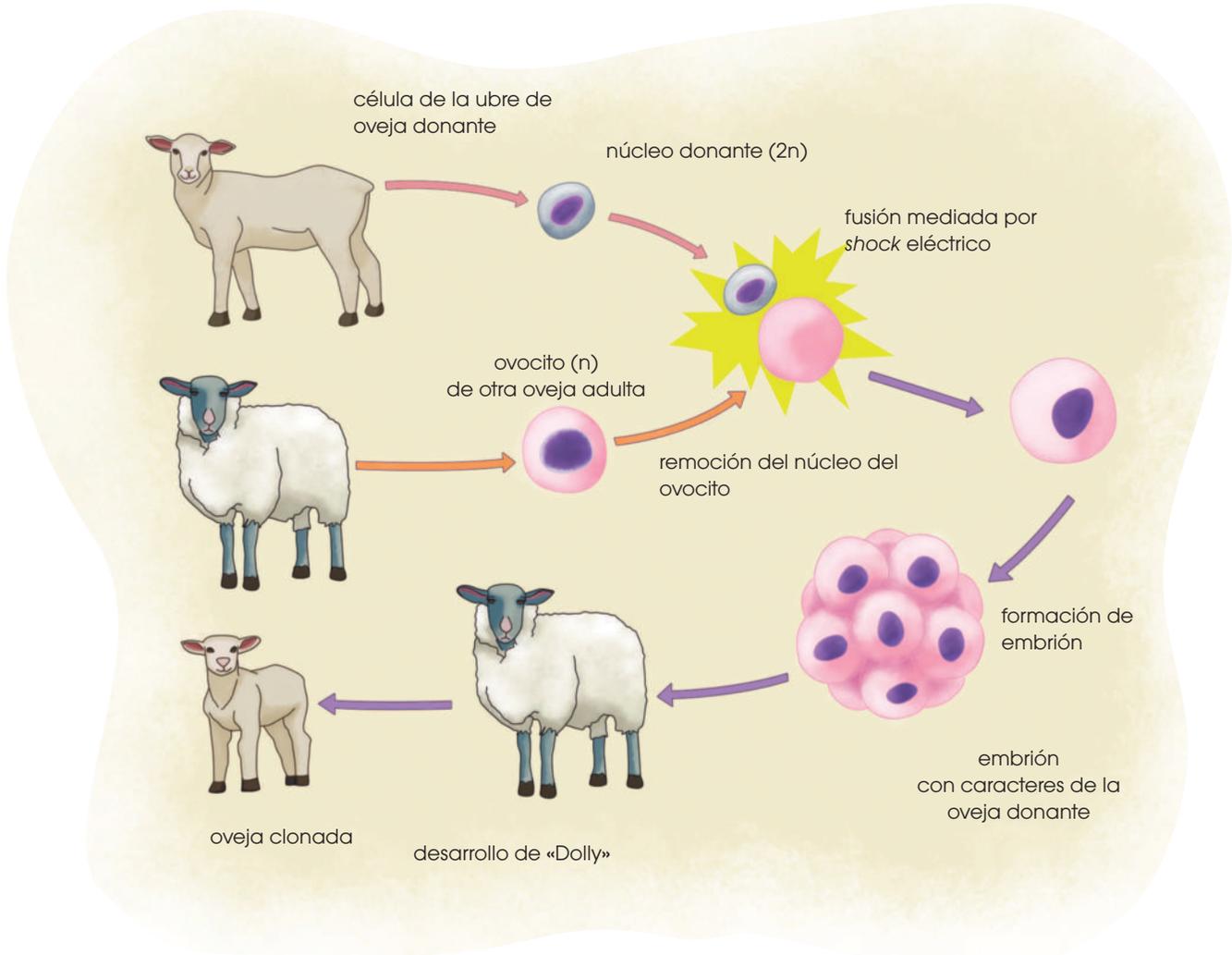
A pesar de todas estas ventajas, es necesario evaluar concienzudamente los posibles

**riesgos** que puede conllevar la utilización de transgénicos:

- **Ecológicos:** Se desconocen los efectos que el cultivo de OMG puede ocasionar a las poblaciones silvestres. La hibridación de unas y otras puede comportar la desaparición de las variedades salvajes adaptadas de forma natural al entorno.
- **Sanitarios:** Se desconocen las consecuencias a largo plazo que el consumo de ADN transgénico (diseñado para insertarse en un ADN genómico) puede tener sobre la salud de las personas.
- **Sociales:** El uso de patentes en las semillas transgénicas beneficia a empresas de los países desarrollados que poseen la tecnología necesaria, y empobrece a los agricultores que deben pagar las tasas o *royalties* por su utilización.

## La clonación de Dolly

El caso más famoso de clonación de individuos fue el de la oveja Dolly. Este proyecto de ingeniería genética se desarrolló en 1996 en el Roslin Institute de Edimburgo, Escocia; donde los investigadores Keith Campbell e Ian Wilmut llevaron a cabo con éxito la transferencia de un núcleo de célula somática de oveja y su implantación en un óvulo no fecundado de otra oveja. De esta forma nació Dolly, el primer mamífero clonado a partir de un individuo adulto.



El éxito del nacimiento de Dolly se basó en que los investigadores consiguieron coordinar los ciclos de replicación del ADN del núcleo de la célula de la oveja donante con el ciclo de producción de ARN del óvulo receptor. Conseguir esta sincronización no es sencillo por lo que este tipo de clonaciones todavía es difícil de conseguir. Además, la mayoría de los animales clonados que nacen mediante esta técnica sufren patologías, en algunos casos letales, lo que hace replantearse si es ético seguir clonando individuos con estas técnicas. Los avances en clonación han llegado ya a varios países de Europa, Asia, Norteamérica y Oceanía. En Latinoamérica, se empezaron a desarrollar estas técnicas en 2001 y en 2002 se anunció en Argentina la clonación de un ternero como parte de un proyecto dedicado a la producción de alimentos mediante la introducción de genes. De esta forma, en 2003 se anunció que una de las terneras clonadas estaba produciendo leche con hormona del crecimiento humano.



## Ingeniería genética y el cáncer

Cuando una célula pierde la capacidad de regular su ciclo celular, comienza a reproducirse de forma descontrolada transformándose en una célula cancerosa. No responden a los factores de crecimiento ni detienen su división por la presencia de otras células.

Un organismo puede generar numerosas células cancerosas a lo largo de su vida y que son eliminadas de forma natural por el sistema inmune. Algunas de estas células, si no son eliminadas, forman un tumor, esto es, una masa de células cancerosas que proliferan sin detener su división. En algunas ocasiones, estos tumores permanecen en una masa compacta sin moverse del tejido al que pertenecen y pueden extraerse por completo, por lo que se considera **tumor benigno**. Sin embargo, los tumores pueden invadir otros tejidos e impiden su funcionamiento normal. En este caso se habla de **tumor maligno**, y puede provocar que el órgano donde se encuentre deje de funcionar y provoque la muerte del individuo. En ocasiones, las células cancerosas pueden desprenderse y pasar al torrente sanguíneo, desde donde podrán invadir otros tejidos y formar nuevos tumores. A este fenómeno lo denominamos *metástasis*.

Los estudios más recientes sobre el cáncer han demostrado que existen unos genes denominados *oncogenes* que estimulan la división no controlada de las células. Estos genes

están implicados en la regulación del ciclo celular y, cuando se ven alterados, provocan la aparición de tumores. También se ha descubierto la existencia de genes supresores de tumores que son capaces de regular el ciclo celular y, por tanto, pueden detener la división celular y la formación de tumores. Dentro de este grupo encontramos el gen más estudiado en los últimos años, el **gen p53** y que se encuentra dañado en el 50% de los casos de cáncer en seres humanos.

Al descubrir la relación de algunos genes con la formación de tumores y el desarrollo de cáncer, la ingeniería genética está realizando investigaciones sobre estos genes para poder conocer cómo se desarrollan estas células cancerosas y encontrar así una posible solución para su división no controlada.

Aunque aún no existe un tratamiento definitivo para el cáncer, los avances en la detección de estos genes permiten mejorar los diagnósticos y detectar los tumores cuando todavía son pequeños y no ha ocurrido metástasis. La ingeniería genética también ha permitido mejorar el uso de anticuerpos que atacan a las células cancerosas (aunque todavía se debe mejorar, ya que estos anticuerpos también atacan a células normales). Actualmente, se trabaja en la síntesis de sustancias que inhiben el metabolismo de células cancerosas, lo que provocaría la muerte de este tipo de células y frenaría el crecimiento de los tumores.



# Experimento



**Tema:** La mosca de fruta

**Investigamos:**

La mosca de la fruta (*Drosophila melanogaster*) es uno de los organismos más utilizados en el laboratorio de genética y uno de los primeros de los que se obtuvo la secuenciación génica.

**Objetivo:**

- Observar el proceso de cruzamiento clásico con *Drosophila* para comprobar el tipo de herencia de un determinado carácter.

**Materiales:**

- botes de vidrio de boca ancha, con tapones de espuma que permitan el intercambio de gases y medio nutritivo en el fondo para alimentar las moscas y las larvas
- una tira de papel en zigzag para evitar que las moscas adultas se peguen al alimento
- una estufa de cultivo
- una lupa binocular
- un pincel fino
- éter y algodón en rama
- tres hembras vírgenes (con el abdomen de color blanquecino) homocigóticas de *drosophila* con las alas normales y tres machos homocigóticos con las alas vestigiales

**Proceso:**

El carácter longitud de las alas de *Drosophila* presenta dos alelos, uno salvaje, de alas normales, y otro mutante llamado *vestigial* (vg), que se caracteriza por una longitud de las alas bastante más corta.

1. Depositen en un bote de vidrio de boca ancha tres hembras vírgenes de alas normales (+), homocigóticas para el carácter longitud de las alas, y tres machos de alas vestigiales (vg), también homocigóticos. Trasladen el bote de cría a la estufa de cultivo, graduada a 25 °C.
2. Después de cuatro o cinco días, retiren los progenitores, que ya se habrán cruzado y habrán

realizado la puesta. Mientras tanto, los huevos ya habrán eclosionado y se encontrarán en fase de larva, alimentándose de los nutrientes del fondo.

3. Poco a poco, las larvas comenzarán a transformarse en pupas, de las que al cabo de cinco días más tarde saldrán los adultos de la FI. A continuación, duerman estos adultos, sustituyendo el tapón de espuma por uno de algodón en rama impregnado con éter, para contarlos y observarlos con la ayuda de la lupa binocular y el pincel. En la tabla siguiente observamos los fenotipos obtenidos.

**Cuestiones:**

4. A continuación, **resuelvan** estas actividades.
  - a. ¿Por qué crees que se ha generalizado el modelo de *Drosophila* en los estudios de cruzamientos?
  - b. A partir de la lista del material necesario, **determinen** cuáles son los requerimientos vitales de la *Drosophila*.
  - c. ¿Por qué crees que es imprescindible seleccionar hembras que sean vírgenes?
  - d. ¿Cuál es la duración del ciclo vital de *Drosophila*? **Hagan** un esquema sencillo de este ciclo y **digan** por qué crees que se retiran los progenitores del bote de cría una vez que han transcurrido los primeros cinco días.
  - e. ¿El gen que determina la longitud de las alas se encuentra en un autosoma o en un cromosoma sexual? **Razonen** la respuesta y **digan** qué proporciones se podrían esperar en cada caso.
  - f. A partir de los resultados obtenidos, **indiquen** cuál de los dos alelos es el dominante y cuál el recesivo. **Hagan** un esquema de los dos cruzamientos con las proporciones obtenidas en cada caso. **Relacionen** los resultados con la primera y la segunda ley de Mendel.
  - g. **Señalen** qué proporción podría esperarse de gametos con uno u otro alelo en cada uno de los dos cruzamientos realizados.
  - h. **Propongan** un posible método para la obtención y la selección de las hembras homocigóticas salvajes de la lista de material.



## Resumen

1. Reproducción sexual y asexual
2. Fecundación
3. Ingeniería genética

Durante la reproducción, la información genética contenida en los cromosomas pasa de una generación a la siguiente. Esto puede ocurrir de dos formas distintas: mediante reproducción sexual o asexual. Si los individuos tienen reproducción asexual, cada descendiente es genéticamente idéntico a su progenitor. Si los individuos tienen reproducción sexual, durante la meiosis se separan los cromosomas homólogos; por ello, todos los gametos son diferentes y los descendientes no son idénticos entre ellos ni respecto a sus progenitores.

En la fecundación, dos alelos se unen y, si ambos tienen la misma información, se presenta un individuo homocigoto mientras que, si tienen información diferente, es heterocigoto. En el caso en que un alelo se expresa por encima de otro, decimos que es dominante, mientras que el que no se expresa es recesivo. Por otro lado, si ambos se expresan, esto se debe a codominancia o a dominancia intermedia.

Un ejemplo de codominancia se encuentra en los grupos sanguíneos del ser humano donde el grupo A y el grupo B son codominantes, pero ambos son dominantes frente al grupo 0 que es recesivo.

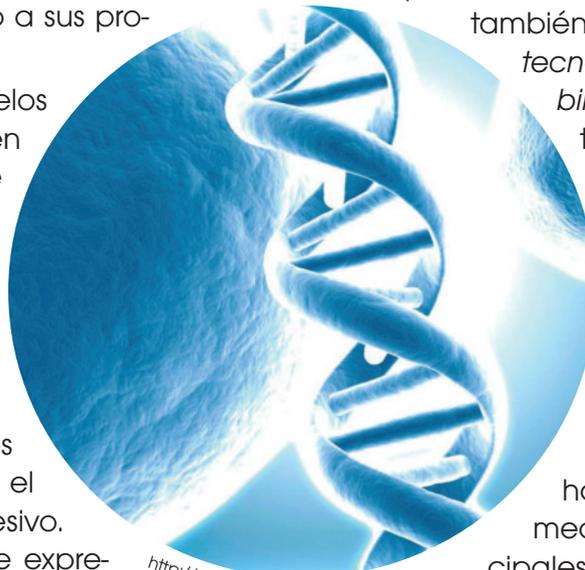
Otra forma es la herencia ligada al sexo que se define por los cromosomas X y Y. Debido a que las mujeres presentan los cromosomas XX y los hombres los cromosomas XY, puede existir diferente frecuencia de fenotipos y genotipos en hombres y mujeres para los caracteres cuya información se presente en estos cromosomas.

Mendel fue el primero en expresar las ideas de dominancia y recesividad al calcular frecuencias fenotípicas y genotípicas en generaciones de distintos cruces que realizó entre plantas de *Pisum sativum*. Gracias a esto fue capaz de enumerar tres leyes que no se cumplen siempre, solo en los denominados *caracteres mendelianos*; pero que sentaron las bases de la genética. Estas leyes se resumen en la uniformidad de la primera generación filial, la segregación de los alelos que permite que reaparezca un carácter oculto y la independencia de los alelos cuando se observan dos caracteres a la vez.

Conocemos como *ingeniería genética* al conjunto de técnicas basadas en la manipulación del ADN. En ocasiones, también utilizamos la expresión *tecnología del ADN recombinante*, porque muchas técnicas se basan en la recombinación de fragmentos de ADN.

La ingeniería genética se puede aplicar con finalidades muy diversas, desde sintetizar sustancias necesarias para el ser humano hasta corregir una enfermedad hereditaria. Los principales instrumentos usados en ingeniería genética son enzimas, virus y microorganismos gracias a los cuales podemos cortar, copiar y transformar distintos fragmentos de ADN.

Existen dos líneas principales de investigación en ingeniería genética: la **genómica**, que se encarga de la estructura del genoma; y la **proteómica** que se encarga del estudio de las proteínas que se expresan.

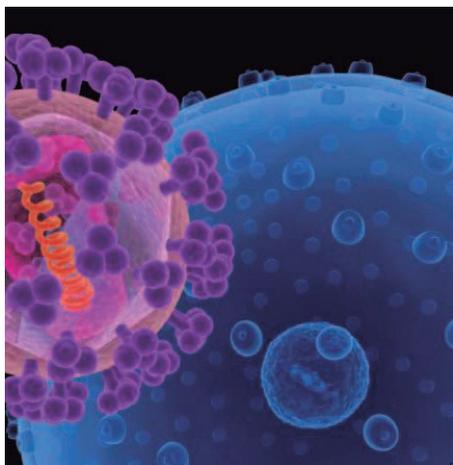


<http://goo.gl/OvrfckF>



## BLOG

### Este virus genéticamente modificado sirve como tratamiento contra el cáncer



<http://goo.gl/5hcqat>

Científicos de la Universidad de Stanford han logrado modificar un virus para usarlo como agente terapéutico contra el cáncer. El avance fue hecho al retirar el mecanismo infeccioso del virus y convertir su interior en un vehículo de administración de fármacos dirigido a las células enfermas.

De esta manera, los investigadores modificaron el ADN del virus de la hepatitis B para rediseñar su sistema infeccioso, convirtiendo su núcleo en una partícula benigna. Esto lo ha transformado en un virus neutralizado que se puede utilizar en vacunas y terapias, ya que logra dirigirse a las células enfermas sin afectar al tejido sano. Es un gran avance, ya que terapias actuales, como la quimioterapia, afectan al tejido sano.

—**Encuentra** la noticia completa en este enlace: <https://goo.gl/424juw>.

## SOCIEDAD

### Un estudio internacional completa fragmentos del genoma humano

Un consorcio internacional del que participan decenas de científicos de diversos países acaba de publicar su tercer trabajo, en el que describe nuevas variaciones genéticas que completan o mejoran ciertos fragmentos del genoma humano. Claudio Bravi, investigador independiente del CONICET en el Instituto Multidisciplinario de Biología Celular (IMBICE, CONICET-CICPBA), es el único autor argentino entre los firmantes de este último documento, que acaba de aparecer en la prestigiosa revista *Science*.

«Lo que se detalla en esta publicación son variaciones del genoma humano que no han

sido tan analizadas debido a su complejidad, pero que tienen gran importancia por dos razones: una evolutiva, ya que son características genéticas que pueden haber aparecido en determinado momento para conferirle una ventaja a cierta población; y otra médica, debido a la posibilidad de sus portadores de ser susceptibles a sufrir o a resistir ciertas enfermedades», explica Bravi, que aportó al trabajo una muestra genética representativa de una comunidad indígena del norte argentino.

**Mira** la noticia completa en este enlace: <http://goo.gl/45TwBH>.

## SENTIDO CRÍTICO

### Película

En este documental encontrarás un enlace sobre las aplicaciones de la ingeniería genética y el genoma humano: <https://goo.gl/PYgCP0>.

## SI YO FUERA



<http://goo.gl/mOeg5>

Un **genético**, analizaría a los cromosomas que causan mutaciones en la actualidad a los seres vivos que habitan en los alrededores de las diferentes haciendas donde se utiliza fungicidas.



## Para finalizar

Matemática

1. **Define** los siguientes conceptos: *genotipo*, *fenotipo*, *alelo dominante*, *alelo recesivo*, *alelo equipotente*.
2. Si una persona de grupo sanguíneo 0 tiene un hijo con una persona del grupo sanguíneo AB, ¿qué probabilidad hay de que sea del grupo 0? ¿Y de que sea del grupo A? **Haz** un esquema del cruce donde se especifiquen los genotipos y fenotipos probables del hijo.
3. Una mujer daltónica tiene un hijo con un hombre que no es daltónico. ¿Qué probabilidad hay de que el hijo sea daltónico si es niño? ¿Y si es niña? **Haz** un esquema del cruce anotando todos los genotipos y fenotipos.
4. Un hombre del grupo sanguíneo A tiene un hijo del grupo 0 con una mujer del grupo B. Razona los genotipos de los tres.  
—**Realiza** un esquema del cruce anotando todos los genotipos y fenotipos.
5. De las siguientes afirmaciones, **di** cuáles son falsas y cuáles verdaderas. **Reformula** las falsas para que sean verdaderas:
  - Si dos progenitores son del grupo sanguíneo A, todos sus hijos serán A también.
  - Un determinado gen con herencia ligada al sexo se encuentra en el cromosoma nº6.
  - Una persona que padezca el síndrome de Down tendrá 45 cromosomas en la mayoría de sus células.
  - Si al cruzar una planta de flores amarillas con una planta de flores rojas obtenemos todos los descendientes con flores a bandas amarillas y rojas, el carácter «color de la flor» en esta planta presenta herencia codominante.
6. El color de la flor de la guisantera de jardín presenta herencia intermedia con el alelo R, que determina flor roja, y el alelo B, que

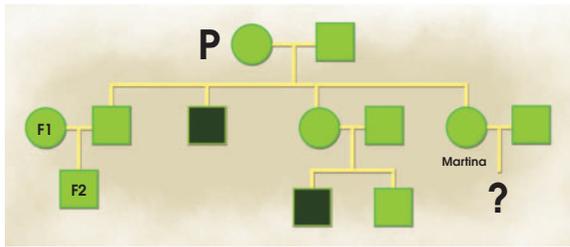
determina flor blanca. El color de la semilla en la misma planta presenta el alelo dominante A, que determina semilla amarilla, y el alelo recesivo a, que determina semilla verde.

Cruzamos una planta de arveja de flores rosas y semillas amarillas con una planta de arveja blanca y de semillas verdes. Obtenemos: plantas de arveja de flor rosa y semilla amarilla; de flor rosa y semilla verde; de flor blanca y semilla amarilla, y de flor blanca y semilla verde. Todas en idéntica proporción.

- **Determina** cuál será el genotipo probable de planta de arveja que hemos cruzado.
  - **Haz** un esquema de este cruce entre planta de arveja e **indica** los distintos genotipos de cada individuo.
7. En la cobaya se controla la herencia de dos caracteres simultáneamente: pelaje liso o rizado, y color blanco o negro. Los dos genes se encuentran en cromosomas diferentes.
    - a. A partir de los dos homocigotos opuestos, ¿qué resultado esperarás en la F2?
    - b. ¿Qué pasaría si los dos genes se encontrasen en el mismo cromosoma?
  8. **Confecciona** un esquema que justifique las tres leyes de Mendel y **acompañalo** de una explicación clara.
  9. ¿Cuál es la diferencia entre *codominancia* y *herencia intermedia*? **Indica** un ejemplo de cada caso.
  10. En la especie *Drosophila melanogaster*, el carácter tamaño de las alas presenta un alelo normal (V) y otro que provoca alas más cortas (v), y que es recesivo respecto del anterior. **Explica** todos los resultados que pueden producirse del cruzamiento entre:
    - Una mosca con alas normales y otra con alas cortas
    - Dos moscas con alas cortas
    - Dos moscas con alas normales

Ten en cuenta los posibles genotipos que corresponden a cada fenotipo.

11. El color de pelo oscuro (P) en los perros es dominante sobre el albino (p), y el pelo corto (C) domina sobre el largo (c). Si la herencia de estos caracteres cumple la tercera ley de Mendel, **escribe** todos los genotipos y fenotipos que pueden darse.
12. Siguiendo la genealogía de una enfermedad imaginaria, se observa la herencia de este carácter en este árbol genealógico.



- **Deduce** las características de este gen, cada alelo, el tipo de herencia y los genotipos y fenotipos de los individuos del árbol.
13. Cuando se cruza una planta de hojas amplias con una S de hojas estrechas, todos los descendientes presentan las hojas estrechas. Pero cuando se cruzan estas plantas entre sí, se obtienen treinta y dos plantas de hojas estrechas y once de hojas amplias.
    - **Elabora** un informe explicando cuál es tu hipótesis respecto de la herencia de este carácter y los genotipos de los individuos que han intervenido en los cruzamientos.
  14. Se ha cruzado una planta de la arveja homocigótica de vainas grandes y curvadas con otra de vainas pequeñas y rectas. En la generación F1, todas las plantas de la arveja tenían las vainas grandes y curvadas.

F1	Vaina curvada	Vaina recta
Vaina grande	3696	1256
Vaina pequeña	1241	415

A continuación, se cruzan entre sí dos individuos de la F1 y se obtienen estos resultados.

- **Justifica** los resultados de la F1 y la F2
- **Indica** qué alelos son dominantes y cuáles son recesivos.

— ¿Con qué ley de Mendel se relaciona?

15. Un chico hemofílico es hijo de padres no hemofílicos. Su sobrino, hijo de su hermana que no es hemofílica, también es hemofílico. Teniendo en cuenta estos datos, **elabora** el árbol genealógico de esta familia e **indica** los genotipos de los diferentes individuos.

16. **Indica** si estas afirmaciones son falsas o verdaderas. Después, **transforma** las falsas en verdaderas.

- A las zonas del cromosoma donde se encuentran los genes las denominamos *loci*.
- Al alelo lo definimos como cada una de las variedades mutadas que puede presentar un gen.
- Denominamos *genoma* a la representación de la dotación cromosómica de un individuo.
- Podemos observar la trisomía 21 en el cariotipo de una persona afectada.
- El número de cromátidas que podemos observar en una célula humana en anafase I es de 92.
- Las histonas son las proteínas que forman los centrómeros.

## AUTOEVALUACIÓN

Reflexiona y **autoevalúate** en tu cuaderno:

### • Trabajo personal

¿Qué tema me ha resultado más fácil y cuál más difícil de comprender?

¿He cumplido mis tareas?

¿Qué aprendí en esta unidad?

- **Escribe** la opinión de tu familia.

### • Trabajo en equipo

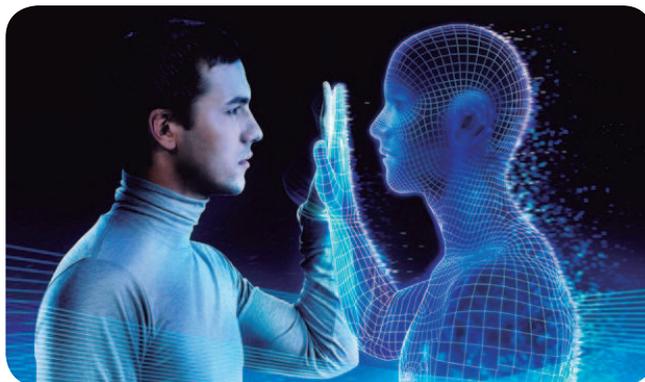
¿He compartido con mis compañeros y compañeras?

¿He respetado las opiniones de los demás?

- **Pide** a tu profesor o profesora sugerencias para mejorar y **escribelas**.

## INVESTIGANDO NUESTRO GENOMA

### OBSERVAMOS



<http://google/NrcINV>

1. **Observa** atentamente estas imágenes y **responde** las siguientes preguntas:
  - a. ¿Qué relación crees que tiene la imagen con la genética humana?
  - b. ¿Existen dos personas exactamente iguales? ¿Qué diferencias suele haber entre las personas? **Haz** una lista de características que son distintas entre los compañeros y compañeras de clase (el color de los ojos...).

### PLANIFICAMOS

El presente proyecto se plantea siguiendo las propuestas que tienes a continuación:

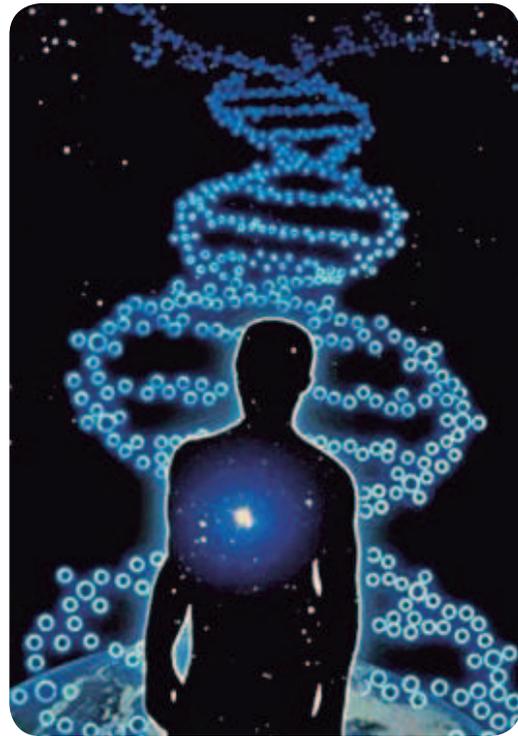
- La variabilidad humana:** ¿Qué rasgos determinan que los seres humanos seamos diferentes unos de otros? ¿Qué caracteres son más fáciles de medir y comparar? ¿Conocen cómo se heredan de padres a hijos?
- Trabajo de campo:** ¿Qué caracteres seleccionarán para llevar a cabo el estudio? ¿Cómo van a recoger los datos? ¿Qué personas y familiares analizarán? ¿Cómo plantearán la resolución de un caso de investigación sobre la herencia?
- Elaboración de fichas y tablas:** ¿Qué información incluirán en las fichas personales? ¿Cómo pondrán en común los datos recogidos por todo el estudiantado? ¿Cómo representarán la información?
- Exposición oral:** ¿Cómo se van a repartir la información que se ha de exponer? ¿Qué contenidos deberán tener las exposiciones? ¿Qué duración tendrá cada exposición? ¿Qué soporte utilizarán para acompañar las explicaciones?
- Elaboración de un árbol genealógico:** ¿Qué formato y diseño tendrá el árbol? ¿Hasta qué grado de parentesco será obligatorio investigar? ¿Cómo representaremos a las personas, su fenotipo y su genotipo?
- Debate sobre los grupos humanos:** ¿Cómo establecerán los grupos de debate? ¿Quién hará de moderador? ¿Cuál será el funcionamiento del debate? ¿Cómo se presentarán las pruebas que apoyen las argumentaciones? ¿Cómo estableceremos los puntos en común entre las diferentes posturas?

<http://goo.gl/AvyZLu>

<http://goo.gl/BuRz2l>

## DESARROLLAMOS

2. **Elabora** una lista de rasgos humanos que quieras estudiar. **Determina** los alelos presentes para cada rasgo.
3. **Recoge** información sobre los caracteres presentes en tus compañeros y familiares, y **ponlos** en común en la clase.
4. **Analiza** la herencia de los caracteres para determinar el genotipo de cada persona.
5. **Confecciona** una ficha en la que se muestre información sobre tu fenotipo y genotipo para los caracteres estudiados.
6. **Analiza** detenidamente el iris de varios estudiantes para comprender cómo está determinado y cómo se hereda.
7. **Investiga** un caso concreto de herencia familiar para anticipar cómo será el genotipo y el fenotipo de una persona.
8. **Elabora** un árbol genealógico en el que se represente tu familia y los alelos presentes de diferentes caracteres.
9. **Presenta** oralmente tus conclusiones sobre la herencia de determinados rasgos humanos que has estudiado utilizando el soporte que consideres necesario.
10. **Infórmate** sobre lo que los estudios científicos indican sobre la existencia de grupos humanos definidos y **debate** con fundamento sobre el tema con el resto de la clase.



## REFLEXIONAMOS

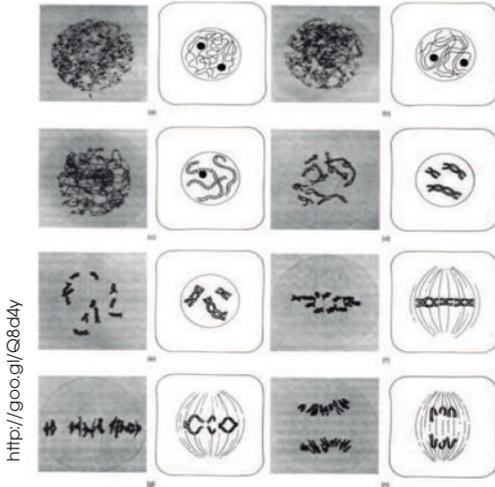
En este proyecto has tenido que trabajar toda una serie de actividades que te han permitido desarrollar habilidades como la atención, la concentración, la memoria, la comprensión y la expresión.

11. En tu cuaderno, **confecciona** una tabla anotando estas habilidades y debajo de ellas **marca** con una cruz las actividades en las que has practicado cada una de ellas. **Observa** el ejemplo.

	Atención	Concentración	Memoria	Comprensión	Expresión
Actividad 1	X				X
Actividad 2					

# Un alto en el camino

1. **Observa** estas fotografías e **identifica** en qué fase de la mitosis se encuentra cada una de las células señaladas.



—**Describe** las características principales de cada una de las fases identificadas.

2. **Enumera** de forma ordenada las fases de que consta la interfase y la división celular.

—Razona para cada fase la cantidad relativa de ADN que contiene la célula.

3. ¿Qué efectos sobre el ciclo celular provoca el cáncer?

—¿Por qué crees que una persona con cáncer no puede ser tratada con inhibidores de la replicación inespecíficos?

4. **Explica** en qué etapa del ciclo celular estarían las células que veríamos en una preparación microscópica proveniente de un cultivo de células de helecho que hayan sido tratadas con:

- Un inhibidor de las sustancias que determinan el paso por el punto de arranque.
- Un inhibidor de la producción de celulosa.

—¿Qué cantidad de ADN encontraríamos en cada caso y cómo estaría organizado? ¿Podríamos apreciar centriolos? Razona las respuestas.

5. Razona la necesidad de la existencia de procesos de apoptosis en las células de un organismo pluricelular.

6. **Observa** este esquema que hace referencia a un proceso de flujo de información genética y **responde** las preguntas que encontrarás a continuación.

3' ... A C A U A C A U G C G C ... 5'

5' ... T G T A T G T A C G C G ... 3'

- a. ¿Cuáles son las dos moléculas que participan?
- b. ¿Cómo se llama el proceso? ¿Qué enzima lo cataliza?
- c. ¿En qué tipo de organismo tiene lugar dicho proceso? **Pon** algún ejemplo de este tipo de organismo.

7. ¿Cuál es el objetivo de la replicación del ADN? **Explica** por qué en la replicación del ADN hablamos de una *cadena conductora* y de una *cadena retardada*.

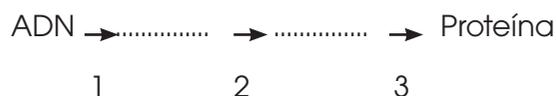
- a. ¿Cuál es el papel que lleva a cabo el cebador? ¿Qué tipo de molécula es el cebador? ¿Qué enzima cataliza su síntesis? ¿Y su degradación?
- b. ¿Qué son los *fragmentos de Okazaki*? ¿Qué enzima se encarga de su síntesis? ¿Y de su unión?

8. Al estudiar la estructura de los cromosomas eucariotas vimos que, a diferencia de los cromosomas procariotas, sus extremos presentaban secuencias altamente repetitivas.

a. ¿Cuál es la enzima responsable de este alargamiento? ¿Cuál es la función biológica de estas secuencias?

b. ¿Por qué el cromosoma procariota no presenta estas secuencias repetitivas?

9. **Completa** el siguiente esquema sobre la síntesis de proteínas en eucariotas y **responde** las preguntas planteadas.



—¿A qué procesos corresponden los números del esquema? ¿En qué compartimento celular se da cada uno de estos procesos?

—**Di** en cuál de los tres procesos anteriores participa cada una de las siguientes moléculas.

- ARNt
- cola poliA
- ribonucleótido trifosfato
- ARNpol II
- nucleótido de guanina metilato
- ARNr

10. ¿Qué es el *código genético*? ¿Por qué se dice que el código genético es degenerado? ¿Qué ventaja puede representar que el código genético sea degenerado?

14. **Menciona** las diferentes secuencias de ADN que podemos distinguir en un operón y **haz** un esquema ordenándolas como corresponda. **Elabora** una hipótesis sobre qué sucedería si:

- La primera secuencia de ADN del operón sufriese la delección de unos pocos pares de bases.
- La segunda secuencia de ADN del operón sufriese una inserción de unos pocos pares de bases.

11. Algunos tipos de diabetes se producen por la inexistencia de las células productoras de insulina del páncreas en el individuo afectado. **Explica** por qué el uso de células madre puede constituir una terapia para este síndrome.

a. ¿Qué tipo de células madre crees que se tendrían que utilizar en tal caso? Razona la respuesta.

12. **Confecciona** un esquema de un cromosoma metacéntrico y, con la ayuda de colores o bien utilizando diferentes tramados, **marca** varias zonas en cada brazo. **Representa** a su lado dos tipos distintos de mutaciones cromosómicas y **explica** en qué consisten.

13. La mosca *Drosophila melanogaster* tiene un cariotipo de  $2n = 10$ . **Explica** qué tipo de mutación ha sufrido un ejemplar que presente:

- once cromosomas
- cinco cromosomas
- quince cromosomas
- veinte cromosomas

# 4

# Histología y fisiología **vegetal**

## CONTENIDOS:

1. La organización pluricelular
2. El medio interno
3. El desarrollo embrionario y la diferenciación celular
  - 3.1. Desarrollo embrionario en las angiospermas
4. Tejidos vegetales
  - 4.1. Meristemos
  - 4.2. Tejidos conductores
  - 4.3. Tejidos protectores
  - 4.4. Parénquimas
  - 4.5. Tejidos de sostén
5. Captación y transformación de los nutrientes en vegetales
6. Excreción en los vegetales
7. La respiración de los vegetales
  - 7.1. Regulación del intercambio de gases
8. El transporte de sustancias en los vegetales
  - 8.1. Vías de conducción ascendentes
  - 8.2. Mecanismos de transporte por el xilema
  - 8.3. Vías de conducción de moléculas orgánicas
  - 8.4. Mecanismos de transporte por el floema
9. Hormonas vegetales
  - 9.1. Funciones y actividad de las fitohormonas
10. Movimientos de las plantas
  - 10.1. Los tropismos
  - 10.2. Las nutaciones
  - 10.3. Las nastias



### Noticia:

**Versión artificial de hoja vegetal para elaborar combustibles, a partir de energía solar mediante fotosíntesis**

Almacenar, de modo eficaz y rentable, energía renovable, como la solar o la eólica, es todavía un reto; ello representa una barrera que impide forjar una economía basada en las energías limpias. Elaborar combustibles, a partir de las energías renovables también ha sido un grave obstáculo. Una meta muy buscada por científicos de todas partes del mundo es dar con un método rentable de producir combustibles usando solo luz solar, agua y dióxido de carbono, el que imita el proceso natural de la fotosíntesis en las plantas y almacena la energía en forma de combustibles químicos para su uso, donde y cuando se necesite.

<http://goo.gl/Aj03IL>



### Película:

**La inteligencia de las plantas**

¿Quién se come a quién? La planta o el animal, a veces los papeles cambian. Descubre en el documental *En la mente de las plantas*, la propuesta que prestigiosos científicos realizan acerca de las plantas: si estas sienten e incluso si tienen memoria.

<https://goo.gl/4kzbuu>



### Web:

**UNAM busca autosuficiencia alimentaria con vida vegetal in vitro**

México, DF. De acuerdo con el investigador Víctor Manuel Chávez Ávila, el Laboratorio de Cultivo de Tejidos Vegetales (LCTV) del Jardín Botánico de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) es el lugar idóneo a partir del cual ese país lograría la autosuficiencia alimentaria gracias a la reproducción en serie y a gran escala de productos vegetales.

<http://goo.gl/xWnRs4>

## EN CONTEXTO:

Lee la noticia anterior y responde:

- ¿En qué consiste la fotosíntesis?
- ¿Por qué es mejor usar luz solar para generar combustibles?
- ¿Cuál es la función del agua en este proceso? ¿Por qué este método?



# I. LA ORGANIZACIÓN PLURICELULAR

Las células eucariotas tienen orgánulos que actúan como «compartimentos» dentro de la célula, en estos se desarrollan funciones específicas. Las sustancias que deben participar en cada función se concentran en estos compartimentos, lo que incrementa la eficacia de los distintos procesos.

Para desarrollar funciones más variadas y específicas debería aumentarse la cantidad y el tipo de compartimentos y, con ello el volumen del organismo. La manera más eficaz de conseguirlo, sin que se vea afectada la actividad celular, es mediante la presencia de muchas células que trabajan coordinadamente, a la vez que desarrollan funciones diversas, constituyendo un individuo.



Así se forman los seres pluricelulares, que presentan ciertas ventajas respecto a los unicelulares:

- **Mayor independencia del medio exterior:** Los seres unicelulares se ven muy afectados por cualquier cambio que sucede en su entorno.

En los seres pluricelulares, la presencia de muchas células hace necesaria la existencia de un medio interno, que presenta, como ventaja frente a los anteriores, características más constantes que el medio exterior.

- **Posibilidad de desarrollar funciones** más complejas.

En los seres unicelulares, su célula realiza las funciones vitales propias de esta, y que son las mismas que desarrolla el individuo.

En los seres pluricelulares, cada célula, de manera individual, desarrolla sus funciones vitales; pero, al mismo tiempo, se produce una especialización; de modo que diferentes tipos de células llevan a cabo funciones específicas dentro del individuo.

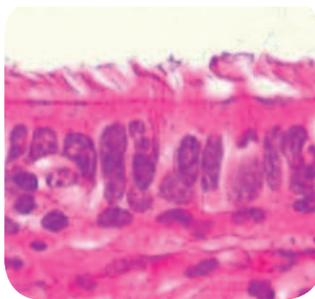
En un organismo pluricelular complejo, como el ser humano, podemos observar diferentes niveles de organización celular: La **organización pluricelular estricta** es propia de una gran diversidad de organismos y se caracteriza por la presencia de:

- Un **medio interno** distinto del exterior.
- **Distintos tipos de células** que, a lo largo del proceso evolutivo, adquieren funciones especializadas.



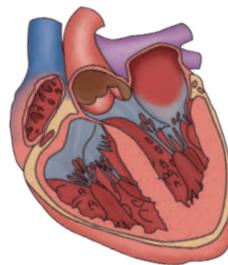
<http://goo.gl/FlgkAk>

**Nivel tisular:**  
tejido epitelial

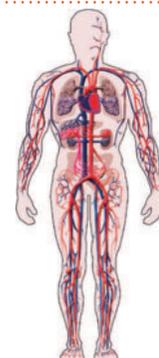


<http://goo.gl/3RF58L>

**Nivel celular:**  
célula epitelial



**Nivel de órgano:**  
corazón



<http://goo.gl/PMLR4c>

**Nivel de aparato o sistema:**  
sistema circulatorio

## 2. EL MEDIO INTERNO

Es el conjunto de líquidos y fluidos que rodea las células de un organismo pluricelular. Las células realizan todos los intercambios que necesitan en él.

En las plantas superiores, el medio interno está formado por la **savia bruta** y la **savia elaborada**, que circulan por la planta transportando agua, sales minerales y los productos de la fotosíntesis, respectivamente.

En los animales acuáticos, que tienen organización simple, el medio interno es, a menudo, agua del exterior del cuerpo. En los más complejos y de mayor tamaño, como los animales terrestres, el medio interno mantiene una composición distinta de la del medio exterior. Como componentes del medio interno distinguimos:

- **El líquido circulante** que comunica entre sí a todas las células, como la hemolinfa, la sangre y la linfa.
- **El líquido intersticial** en el que viven inmersas las células.

En los invertebrados, el líquido circulante recibe el nombre de *hemolinfa* y tiene un componente líquido, con pigmentos respiratorios disueltos.

En los vertebrados, el líquido circulante constituye un sistema doble. Hay un sistema circulatorio que transporta sangre y un sistema complementario de conducción de la linfa.

La **sangre** está compuesta por plasma, un líquido formado por agua y diversas sustancias disueltas (glúcidos, lípidos, péptidos, sodio, potasio, calcio). En él se encuentran inmersas las células sanguíneas: glóbulos rojos, glóbulos blancos y plaquetas.

La **linfa** es un líquido de composición similar al plasma que contiene sustancias y células especializadas en la defensa del organismo, como los linfocitos.

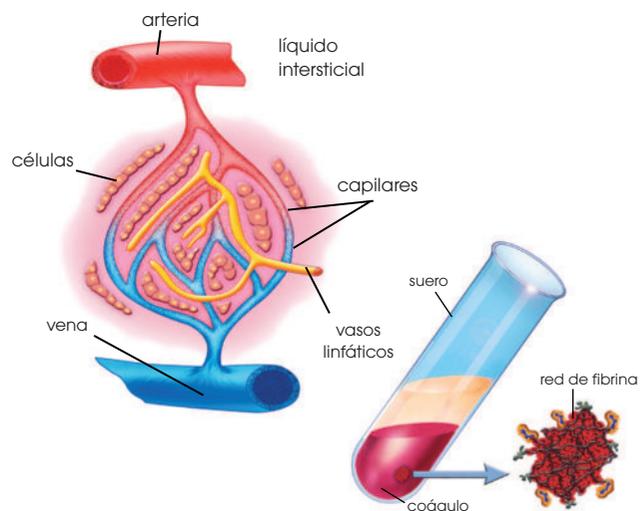
El líquido intersticial, de composición similar al plasma, rodea a las células de la mayoría de los tejidos, con las cuales intercambia sustancias.

Posteriormente, se reabsorbe y vuelve a la sangre y a la linfa.

El sistema circulatorio sanguíneo y el linfático permiten:

- Llevar a las células las sustancias que estas deben utilizar.
- Recoger, de las células, las sustancias que producen, para su excreción o para su transporte a otras células del organismo. Establece comunicación entre distintas células.

En todos los seres pluricelulares, el medio interno se mantiene en unas condiciones físicas y químicas relativamente constantes. El mantenimiento del equilibrio del medio interno recibe el nombre de **homeostasis**.



### Y TAMBIÉN:



El **plasma** es la parte líquida de la sangre y contiene tres tipos de sustancias disueltas: **proteínas** (albúminas, fibrinógeno y globulinas); **sales inorgánicas** (cloruros, bicarbonatos, sodio, potasio, calcio, magnesio, etc.), y **otras moléculas** transportadas por la sangre; estas pueden proceder de la digestión, como la glucosa o los aminoácidos, o bien del metabolismo celular, como la urea, el ácido úrico o el  $\text{CO}_2$ .

El **suero** se diferencia del plasma porque no tiene fibrinógeno, una proteína que al transformarse en fibrina es la responsable de la coagulación de la sangre. Así, cuando la sangre se coagula aparece un líquido amarillento (el suero) alrededor del coágulo. Este está constituido por una red de fibrina que atrapa las células sanguíneas y taponan las heridas.

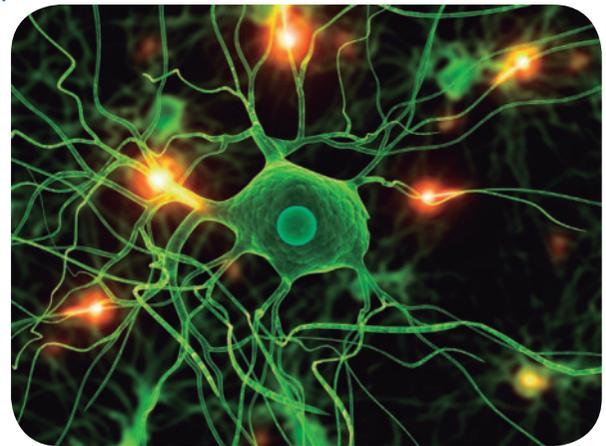
Los mecanismos que permiten la homeostasis son diversos y van desde la presencia de cubiertas protectoras, como la cutícula de los vegetales o la piel de los vertebrados, hasta los más sofisticados mecanismos bioquímicos. Así, la regulación de los niveles de glucosa en la sangre del ser humano (**glucemia**) viene determinada por la secreción de insulina, una hormona que estimula la entrada de glucosa a las células, o bien, por la secreción de glucagón, que degrada el glucógeno de reserva celular, permitiendo la salida de glucosa a la sangre.

La insulina y el glucagón son hormonas antagónicas, es decir, que ejercen funciones opuestas, esto es necesario para mantener los niveles de glucosa en la sangre estables (80-120 mg/100 ml). Ambas hormonas son sintetizadas en el páncreas, en los islotes de Langerhans, donde se encuentran las células  $\alpha$  y  $\beta$ .



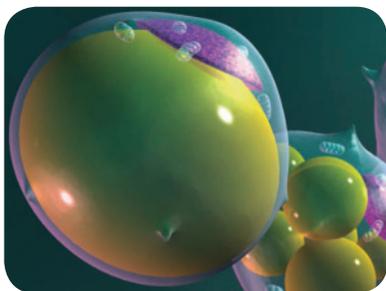
## Presencia de distintos tipos de células

La morfología de las diferentes células que pueden formar parte de un mismo organismo es muy variada y está relacionada con la función que desempeñan. Así, los espermatozoides tienen una estructura adaptada al movimiento; la morfología de las células ciliadas ofrece la máxima superficie de intercambio posible; los adipocitos han simplificado su estructura para contener una vacuola de reserva de gran volumen, y la morfología de las neuronas está adaptada a tener numerosas conexiones con otras células.

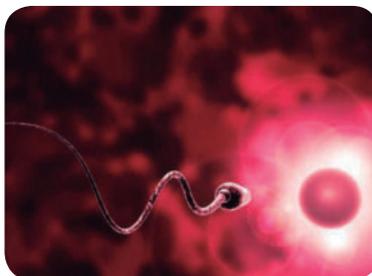


<http://goo.gl/mCh0Hb>

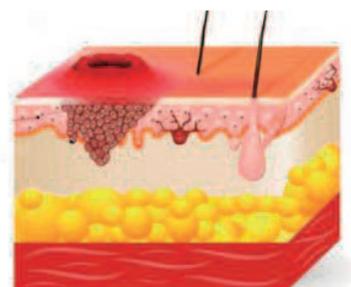
Prohibida su reproducción



<http://goo.gl/GzNks7>



<http://goo.gl/mG4IBZ>



<http://goo.gl/z0EyxQ>

## 3. EL DESARROLLO EMBRIONARIO Y LA DIFERENCIACIÓN CELULAR

Todas las células de un organismo pluricelular derivan, por mitosis, de una sola célula original.

El **desarrollo embrionario** es el proceso por el cual, a partir de una sola célula inicial, se constituye un organismo pluricelular completo.

Durante este desarrollo se producen la **multiplicación** y la **diferenciación celular**, es decir, la aparición de distintos tipos de células que presentan diferencias morfológicas y de funcionamiento y que irán constituyendo los distintos tipos de tejidos, órganos y aparatos o sistemas.

Este proceso es muy diferente según se trate de vegetales o de animales.

### 3.1. Desarrollo embrionario en las angiospermas

Vamos a presentar un ejemplo de cada uno. Los **espermatófitos** son las plantas más numerosas de la Tierra y se clasifican en gimnospermas y angiospermas. En las plantas con flor o angiospermas, después de la fecundación, se forma la **semilla**. La semilla está formada por el embrión, encargado de originar la nueva planta; el endosperma, que es el tejido que nutre el embrión durante el proceso de la germinación; y por unas capas protectoras de todo el conjunto, normalmente endurecidas, llamadas **testa**.

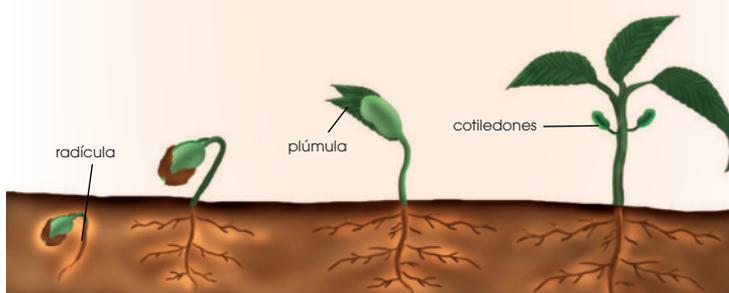
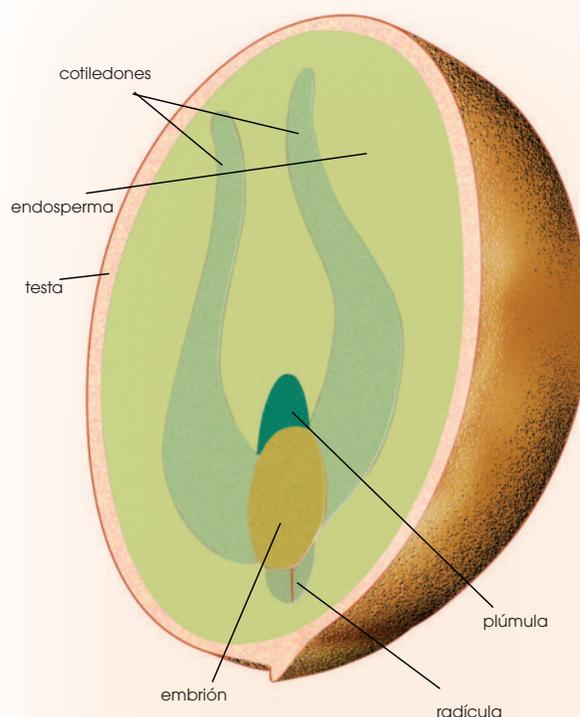
En el caso de las **plantas dicotiledóneas**, además de la radícula y la plúmula, en el embrión también pueden distinguirse los **cotiledones**.

Estos son unas hojas modificadas, denominadas *primordiales*, que sirven para alimentar a la plántula una vez ha germinado hasta que dispone de verdaderas hojas que puedan realizar la fotosíntesis.

En las primeras fases del desarrollo del embrión se produce la diferenciación en este de tres tipos de tejidos.

- **Meristemos primarios:** Son tejidos especializados en el crecimiento de la planta. Posteriormente, se diferenciarán en otros tipos de tejidos.
- **Tejidos vasculares:** Tienen la misión de conducir la savia.
- **Tejidos epidérmicos:** Forman la cubierta externa y protectora de la planta.

Estos tejidos constituyen las partes de un embrión. Durante la germinación, a partir del embrión, se desarrolla la planta adulta.



## 4. TEJIDOS VEGETALES

En el reino vegetal distinguimos dos grandes modelos estructurales:

- **Los talófitos**, constituidos por un talo, es decir, una masa de células indiferenciadas en la que no distinguimos tejidos. Poseen un órgano de fijación, el rizoide; un órgano de sostén, el cauloide y un filoide que tiene una estructura laminar fotosintética, que recuerda a las hojas. Las algas, los musgos y las hepáticas son talófitos.
- **Los cormófitos**, constituidos por un cormo, es una estructura en la que las células están agrupadas en tejidos y constituyen diferentes órganos, como la raíz, el tallo y las hojas. Los pteridófitos y los espermatófitos son cormófitos. Los espermatófitos, o plantas con semilla, se dividen a su vez en angiospermas y gimnospermas.

A continuación, vamos a describir las principales características de los tejidos vegetales de las plantas cormófitas.



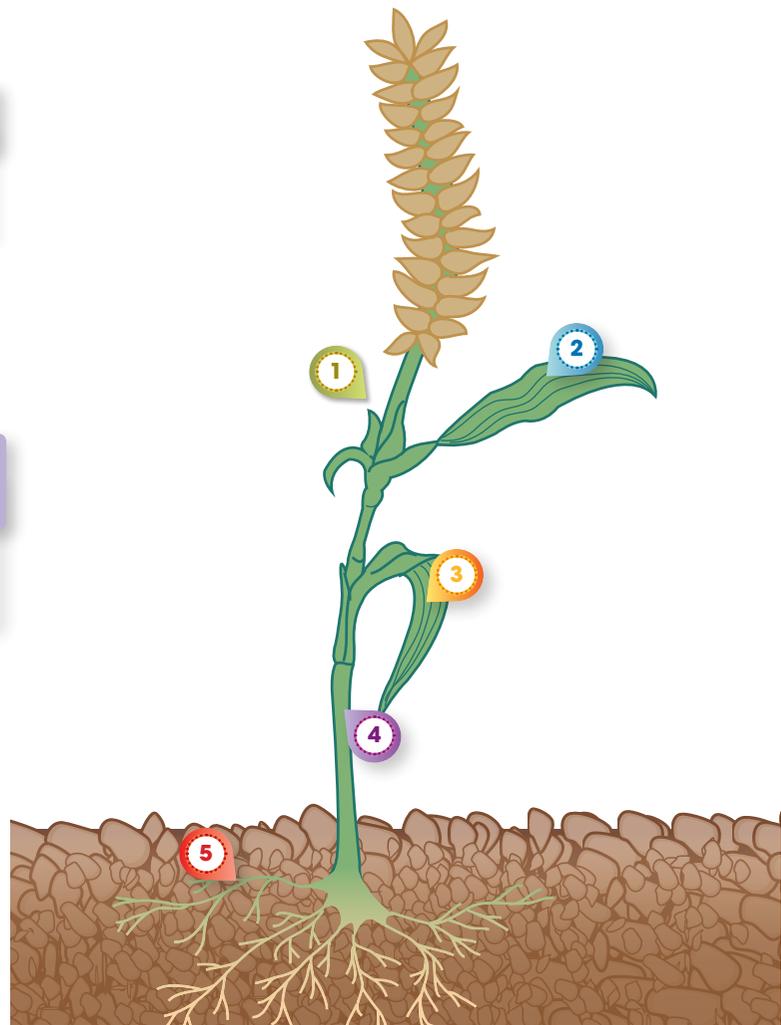
**1**  
**Meristemos**  
Embrionario  
Primario  
Secundario  
Cámbium  
Felógeno

**2**  
**Parénquimas**  
Clorífico  
de reserva

**3**  
**Tejidos protectores**  
Epidérmico  
Suberoso  
Cutículas  
y pelos

**4**  
**Tejidos de sostén**  
Colénquima  
Esclerenquima

**5**  
**Tejidos conductores**  
Xilema o leño  
Floema o líber

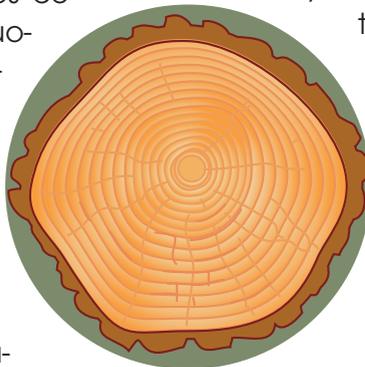


## 4.2. Meristemos

Se caracterizan por estar poco diferenciados y por su gran capacidad de división. Son los responsables de la multiplicación celular. Sus células presentan paredes celulares finas, con pocas vacuolas, de pequeño tamaño y núcleos grandes.

Distinguimos los siguientes tipos de meristemos:

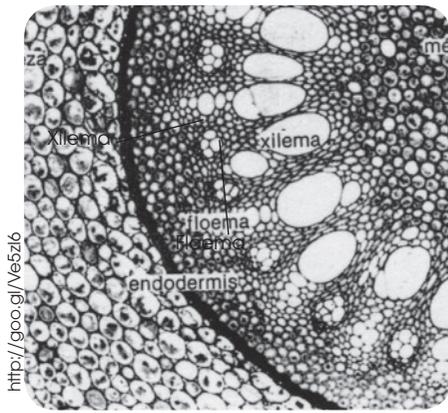
- **Embrionario:** Forma el embrión, en la fase de semilla, y puede permanecer en reposo durante mucho tiempo.
- **Primario o apical:** Está especializado en el crecimiento en longitud de la planta. Se localiza en los extremos de la raíz (cofia) y el tallo (yemas terminales y axilares).



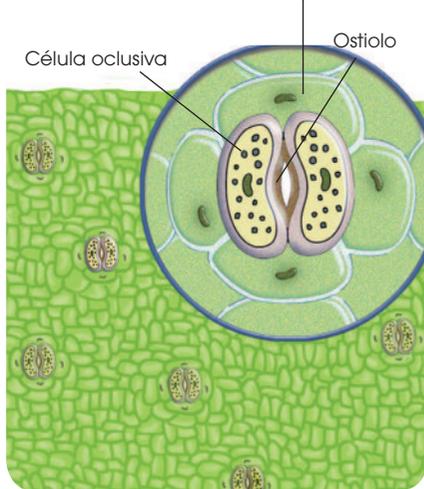
- **Secundario:** Produce el crecimiento en grosor de la planta. Se localiza en toda la planta (partes gruesas del tallo y raíz) y está formado por células que, en determinadas épocas del año, recuperan la capacidad de dividirse para diferenciarse en tejidos concretos. Distinguimos:

—**El cámbium:** Se encuentra intercalado entre los tejidos que conducen la savia y los regenera periódicamente.

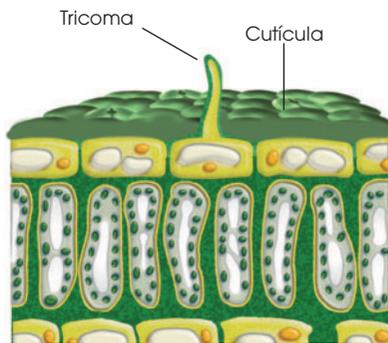
—**El felógeno:** Está bajo la epidermis y produce, entre esta y el propio tejido una nueva capa de células que forman un tejido, protector, denominado *suberoso*. Produce el crecimiento en grosor de tallos y raíces.



■ Corte transversal de un tallo de planta monocotiledónea visto al microscopio óptico. La tinción permite distinguir los diferentes tejidos. Los conductores se agrupan en pequeñas zonas distribuidas por el interior del tallo. Célula epidérmica



■ Los estomas regulan el intercambio gaseoso mediante la obertura o cierre de su ostiole gracias a la presencia de dos células oclusivas.



■ Corte del tejido epidérmico de una hoja

## 4.2. Tejidos conductores

Son los tejidos que se ocupan de la función de transporte de la savia. Sus células tienen forma alargada. Los tabiques de separación entre ellas están ausentes o bien están dispuestos de manera oblicua para favorecer la circulación a través de ellos. Pueden ser de dos tipos:

- **Xilema o leño:** Transporta **savia bruta** en sentido ascendente (desde la raíz hasta las hojas) y procede de la división y especialización de las células del cámbium, los que proliferan hacia la parte interior de la planta. Está formado por células muertas situadas una sobre otra sin tabique de separación y, por tanto, constituyen estructuras tubulares. Las células que forman estructuras tubulares se llaman *traqueidas* y *tráqueas*. Se trata de células muertas recubiertas de lignina; la lignina no recubre uniformemente los vasos en su totalidad.
- **Floema o líber:** Transporta la **savia elaborada** que resulta de la fotosíntesis, tanto en sentido ascendente como descendente, y procede de la especialización de las células del cámbium que se dividen hacia el exterior. Sus células se disponen del mismo modo que las del xilema, pero están vivas, con las paredes celulares de separación entre ellas perforadas por numerosos orificios. Las denominamos *células cribosas* o *tubos cribosos* y son alargadas.

## 4.3. Tejidos protectores

Recubren la planta protegiéndola de la acción de agentes externos y evitando la pérdida de agua. Las características de sus células varían según el tipo de tejido protector de que se trate:

- **Epidérmico:** Forma la epidermis y está constituido por una sola capa de células vivas, sin clorofila, adosadas unas a otras. La epidermis se encuentra perforada generalmente por unos orificios llamados **estomas**, que tienen capacidad para regular su grado de apertura, según las condiciones ambientales. Este tejido puede presentar algunas modificaciones:
  - **Cutícula:** Es una capa formada por sustancias ceras, principalmente cutina, que impregna la pared de las células que está en contacto con la atmósfera.
  - **Pelos o tricomas:** Son prolongaciones de la epidermis, formadas por una o varias células. Pueden ser absorbentes, como los de las raíces; o secretores, por ejemplo, de sustancias urticantes como los de las hojas, los tallos, etc.
- **Tejido suberoso o súber:** Se origina a partir de la especialización de las células del felógeno y sustituye a la epidermis para reforzar las partes de la planta que crecen en grosor.

La pared de sus células está impregnada de suberina (de naturaleza lipídica) totalmente impermeable. Este aislamiento hace que sean células muertas.

El súber presenta unos orificios denominados **lenticelas**, por donde los tejidos adyacentes intercambian gases.

## 4.4. Parénquimas

Son tejidos que dan cuerpo a las distintas partes de la planta, a la vez que se especializan en funciones diversas. Sus células son vivas, grandes, con numerosas vacuolas y cloroplastos. La pared celular está bien desarrollada. Entre cada célula y las contiguas existen uniones denominadas *plasmodesmos*, por donde se establece el transporte de sustancias entre las células. Según la función, a los parénquimas los clasificamos en:

- **Clorofílico:** Es el principal tejido fotosintético; por ello, sus células contienen abundantes cloroplastos. Se localiza en las partes verdes: hojas y tallos herbáceos. Distinguimos dos capas:

—La capa más próxima a la epidermis está formada por el **parénquima clorofílico en empalizada**, que tiene células prismáticas y muy juntas, para un aprovechamiento más eficaz de la luz.

—Debajo de este se encuentra el **parénquima clorofílico lagunar**, formado por células más redondeadas que dejan huecos entre unas y otras. Por ellos circulan gases como  $\text{CO}_2$ ,  $\text{O}_2$  y vapor de agua.

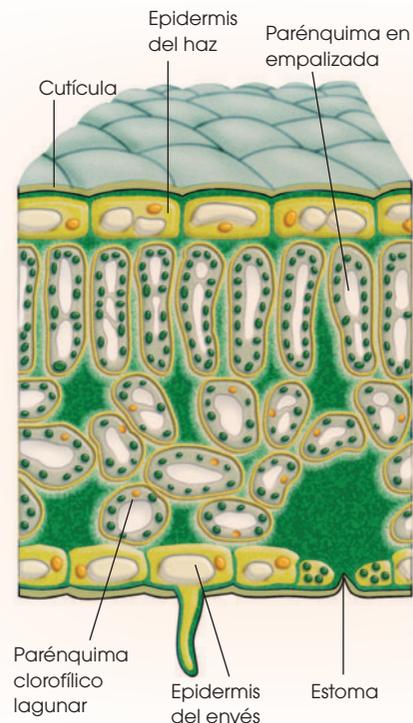
—**De reserva:** Sus células tienen grandes vacuolas que acumulan productos elaborados por la planta (almidón, disacáridos,

ácidos y más). Se localizan en ciertos órganos específicos como los tubérculos.

## 4.5. Tejidos de sostén

Confieren a la planta solidez y consistencia. Están formados por células de paredes gruesas y adosadas estrechamente. Existen dos tipos:

- **Colénquima:** Lo constituyen células vivas que han engrosado los ángulos de sus paredes celulares con depósitos de celulosa. Esto le confiere gran resistencia y, a la vez, flexibilidad. Se localiza en las partes de la planta que están en crecimiento.
- **Esclerénquima:** Está formado por células muertas que han sufrido un proceso de lignificación. Se localiza en la cáscara de algunos frutos, como las nueces, o en fibras flexibles, como el lino y el cáñamo.



1. **Relaciona** los siguientes conceptos:

- |   |               |
|---|---------------|
| • Produce el crecimiento en grosor de tallo y raíces.                                   | a. xilema     |
| • Proceden de las células del cámbium que se dividen hacia la parte exterior.           | b. floema     |
| • Se encuentra perforada por unos orificios que permiten el intercambio gaseoso.        | c. felógeno   |
| • Tejido formado por células vivas con gran cantidad de vacuolas que almacenan almidón. | d. epidermis  |
| • Proceden de las células del cámbium que se dividen hacia la parte interior.           | e. parénquima |

2. **Explica** qué se entiende por *intercambio gaseoso*. **Describe** por dónde se realiza y cómo se regula.

Actividades

Y TAMBIÉN:



En determinados tejidos se localizan células o grupos de células con actividad secretora.

En la epidermis, se pueden intercalar células que segregan esencias, como sucede en la planta del romero o la menta.

En otros casos, existen tubos y bolsas que producen y segregan otras sustancias, como la resina de los pinos o el látex de las higueras.

## 5. CAPTACIÓN Y TRANSFORMACIÓN DE NUTRIENTES EN VEGETALES

Desde el punto de vista cuantitativo, los vegetales son los productores más importantes. Se encuentran en la base de las pirámides de biomasa y de producción de los ecosistemas y, por tanto, su proceso de nutrición es imprescindible para la vida del resto de los organismos.

Los nutrientes vegetales pueden ser **micronutrientes**, si se necesitan en poca cantidad: calcio, magnesio, azufre, hierro o macronutrientes, si se precisan en grandes cantidades, como agua, dióxido de carbono, oxígeno, nitrógeno, fósforo, potasio; estos nutrientes se captan de modo diferente, según se trate de plantas **talófitas** o **cormófitas**.

Las talófitas viven en ambientes acuáticos o húmedos y no tienen tejidos diferenciados. Por tanto, captan los nutrientes a través de toda la superficie de la planta.

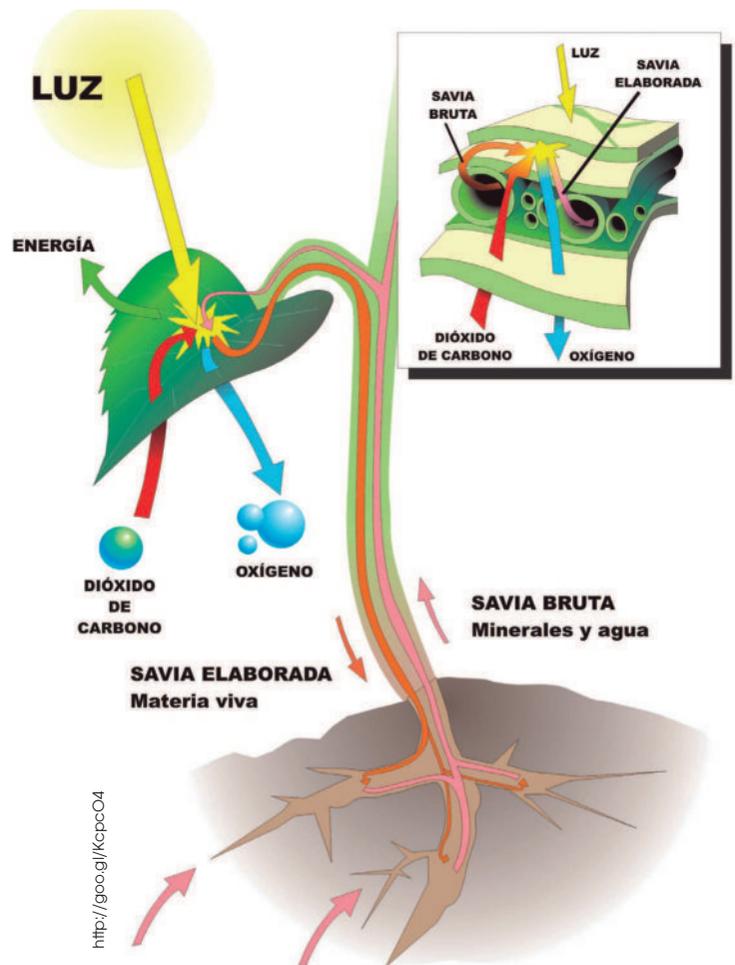
Las cormófitas viven en ambientes terrestres, poseen tejidos y órganos especializados en la captación de los diferentes nutrientes:

- Toman oxígeno y dióxido de carbono del aire. Lo hacen a través de los **estomas**, que son las aberturas que se encuentran en las hojas, especialmente en el envés.
- Absorben agua del suelo, a través de la zona pilífera de la raíz. Está formada por células con prolongaciones que se introducen entre las partículas del suelo.

En esta zona de la raíz se inicia el recorrido de los vasos conductores ascendentes.

- Incorporan micronutrientes por la raíz, ya que se encuentran disueltos en el agua del suelo.

Existen algunos factores que condicionan la captación de nutrientes: la **abertura** o el **cierre de los estomas** y las **características del suelo**.



3. Teniendo en cuenta las definiciones de *biomasa* y de *producción*, **determina** a cuál de los dos conceptos hacen referencia las siguientes frases:

- En un bosque hay 2700 g/m<sup>2</sup> de hojarasca.
- En un bosque se miden 269 g de hojas/m<sup>2</sup> y año.

4. **Contesta:** ¿Por qué las plantas talófitas no necesitan tener un sistema de transporte?

**Solución:** Los talófitos presentan una estructura sin diferenciación celular ni tejidos, mucho más pequeña y sencilla que los cormófitos, por lo que el agua y los nutrientes se pueden distribuir por toda la planta sin la necesidad de un sistema de transporte.

a. La **abertura** o el **cierre de los estomas** dependen, a su vez, de:

- **La intensidad luminosa:** Cuanta más luz reciban las hojas, mayor es la apertura de los estomas: la luz estimula la fotosíntesis y, por tanto, se incrementa el intercambio de gases.
- **La temperatura:** Al aumentar la temperatura, se agranda la apertura de los estomas: como el agua tiene una elevada capacidad calorífica, el incremento de la transpiración permite eliminar calor para evitar que se eleve la temperatura de las hojas.

La pérdida de vapor de agua, por los estomas de las hojas, es el motor que **impulsa la absorción de agua** en las raíces, ya que la salida de agua crea un déficit de presión en los vasos conductores que ascienden desde las raíces. Este déficit de presión se comunica a lo largo del vaso conductor hasta la zona pilífera de la raíz, donde, para compensarlo, entra agua desde el suelo.

b. Entre las **características del suelo**, destacamos sus propiedades físicas y químicas y los seres vivos que habitan en él.

#### • **Propiedades físicas**

—La **textura** es la proporción de arena, limo y arcilla que contiene un suelo.

—La **estructura** depende del tamaño y la forma de los grumos que configuran las partículas de humus, arcillas, arenas y limos.

En general, una textura **franca**, es decir, entre 30% y 50% de arena, 40% y 60% de limo y 15 y 30% de arcilla; y una estructura de **granos**, de diámetro entre 1 mm y 5 mm proporcionan características adecuadas al desarrollo de la mayoría de las plantas.

#### • **Propiedades químicas**

—El **pH** es el logaritmo negativo de la concentración de iones hidronio  $H_3O^+$  ( $-\log(H_3O^+)$ ). En general, los suelos aptos para el crecimiento de las plantas tienen valores de pH entre 5 y 10.

#### • **Presencia de seres vivos**

—La materia orgánica procedente de los seres vivos que mueren y de las sustancias que estos excretan se convierte en materia inorgánica que **enriquece** el suelo de nutrientes.

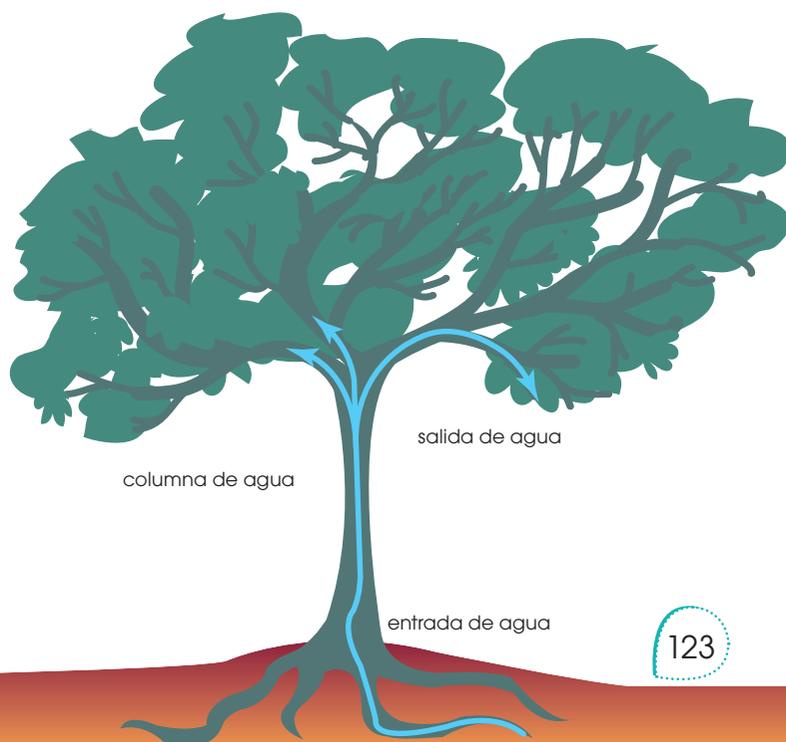
—La presencia de animales excavadores o el crecimiento de las raíces remueve el suelo y contribuye a su **aireación**.

Son especialmente importantes los microorganismos que intervienen en los procesos relacionados con el **nitrógeno**.

El nitrógeno del aire es el gas más abundante en la atmósfera (77%). Es un componente esencial de las proteínas y los ácidos nucleicos de todos los seres vivos. Sin embargo, únicamente las bacterias fijadoras de nitrógeno pueden utilizarlo. Dichas bacterias captan nitrógeno del aire y lo transforman en amoníaco ( $NH_3$ ); este proceso recibe el nombre de *fijación del nitrógeno*.

A continuación, las bacterias nitrificantes convierten el amoníaco en nitrito ( $NO_2^-$ ) y este en nitrato ( $NO_3^-$ ). A esta segunda fase del proceso la denominamos *nitrificación*.

Los nitratos son absorbidos por las raíces de las plantas, que satisfacen de este modo su demanda de nitrógeno. Así, el nitrógeno entra en las redes alimentarias de todos los ecosistemas y es utilizado por todos los seres vivos.



## 6. EXCRECIÓN EN LOS VEGETALES

Como resultado del procesamiento y la utilización de nutrientes, se producen sustancias diversas que deben ser eliminadas del organismo. Su excreción constituye una fase del proceso de nutrición.

A diferencia de lo que ocurre con los animales, muchas sustancias excretadas en los vegetales no son claramente perjudiciales para ellos. Los productos de excreción de los vegetales se acumulan en vacuolas o en el citoplasma, o bien, se expulsan al exterior mediante pelos secretores (como ocurre en las ortigas), conductos especiales como los resiníferos del pino o en bolsas de esencia, como en los frutos cítricos.

Los productos de excreción vegetales son el agua, las sustancias nitrogenadas y las sustancias no nitrogenadas.

**Agua:** Se excreta por dos mecanismos: la *transpiración* y la *gutación*. La *transpiración* es la eliminación de **vapor de agua** a través de los estomas de las hojas.

- Depende de la apertura o el cierre de los **estomas**; por ello, está directamente relacionada con la intensidad luminosa y la temperatura.
- Cumple en la planta **funciones** diversas:

- **Elimina el agua** producida durante la respiración celular.
- Asegura el **transporte** de agua y nutrientes desde las raíces hasta las partes verdes de la planta.
- **Aumenta la concentración** de los nutrientes en las hojas, ya que se captan del suelo muy diluidos.

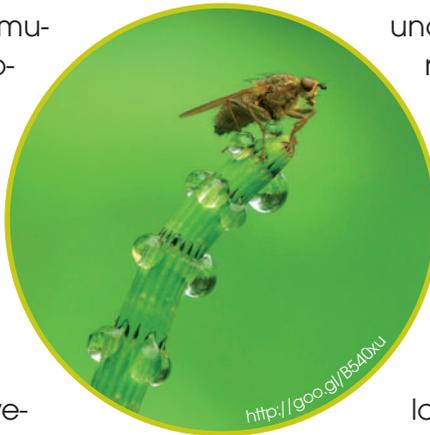
- Permite la **regulación térmica**, pues una parte de la energía solar que reciben las hojas se consume en la transpiración, con lo que se evita el aumento de temperatura de las hojas.

La **gutación** es la eliminación de agua en forma de **gotas**, a causa de la elevada presión de empuje que puede alcanzarse dentro de

los vasos conductores ascendentes.

- Se produce en plantas de porte pequeño, cuando la **humedad atmosférica** es muy **elevada**.
- El agua sale por unos **estomas acuíferos** especiales, situados en el extremo de los grandes nervios de las hojas.

**Sustancias nitrogenadas:** Los vegetales, debido a su reducido metabolismo catabólico de proteínas y aminoácidos, no necesitan órganos diferenciados para eliminar estas sustancias.



### Sustancias nitrogenadas

#### Alantoína

Se almacena en tallos y raíces para ser utilizada nuevamente en la síntesis de proteínas.

#### Arginina

Se transformará en **glutamina** y **asparagina**, que se almacenarán para la síntesis proteica.

#### Alcaloides

Se acumulan en las vacuolas de las células. Ejemplos: **cafeína**, **nicotina**, **codeína** o **morfina**.

#### Y TAMBIÉN:



En condiciones de disponibilidad de agua, un árbol de envergadura media puede perder más de 150 l de agua al día.

Una planta de maíz excreta de dos a tres litros de agua al día.

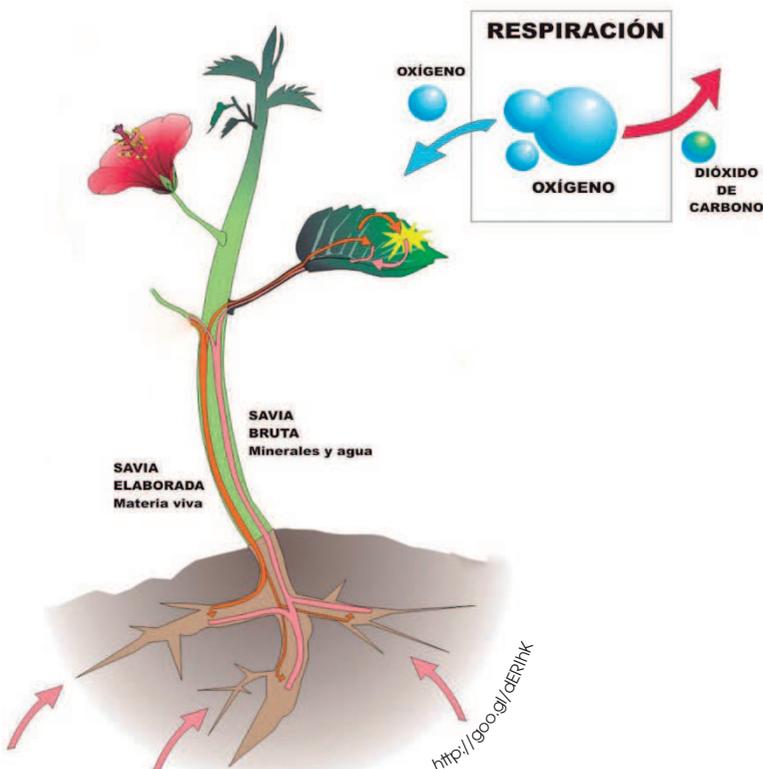
Un cactus grande, en una zona desértica, elimina tan solo unos 25 cm<sup>3</sup> de agua al día.

## Sustancias no nitrogenadas

Muchas de ellas se producen y se acumulan en frutos, hojas, tallos o raíces.

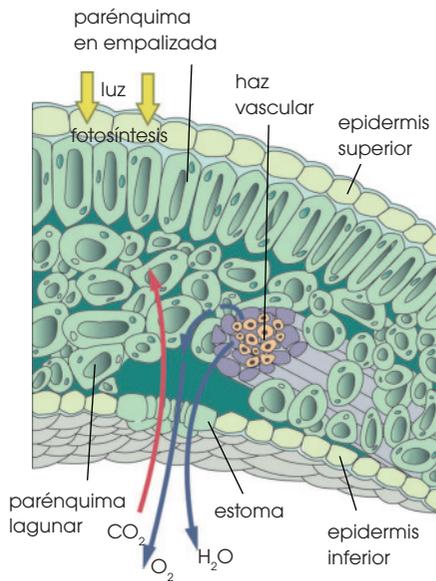


## 7. LA RESPIRACIÓN EN LOS VEGETALES



Las células de los vegetales también respiran; por tanto, en ellas podemos observar:

- **Respiración interna** en las células de la planta.
  - La glucosa reacciona con el oxígeno y se produce dióxido de carbono, agua y energía.
  - Los gases se intercambian a través de la membrana plasmática y la pared celular.



■ Corte transversal de una hoja: intercambio de gases en la fotosíntesis

### Y TAMBIÉN:

El intercambio de gases se realiza a través de los estomas. Este intercambio de gases, entre los espacios con aire y las células, se produce siempre por **difusión simple**, a favor del gradiente de concentración.

- La respiración externa o ventilación es el intercambio de gases con el medioambiente.
- El  $O_2$  del aire penetra a través de los **estomas**. También se capta una pequeña parte de oxígeno por los **pelos absorbentes** de la raíz.
- Los tejidos adyacentes a la epidermis de la hoja tienen **espacios intercelulares** por los que circulan los gases.
- El parénquima clorofílico lagunar en contacto con el envés de la hoja posee de un 50% a un 80% de volumen de aire.
- El parénquima clorofílico en empalizada en el haz de las hojas tiene entre un 10% y un 40% de su volumen ocupado por aire.

Dado que la respiración externa o ventilación es cualquier intercambio de gases con el medio, este incluye otros intercambios de gases relacionados con la fotosíntesis y la transpiración.

Respecto a la **fotosíntesis**:

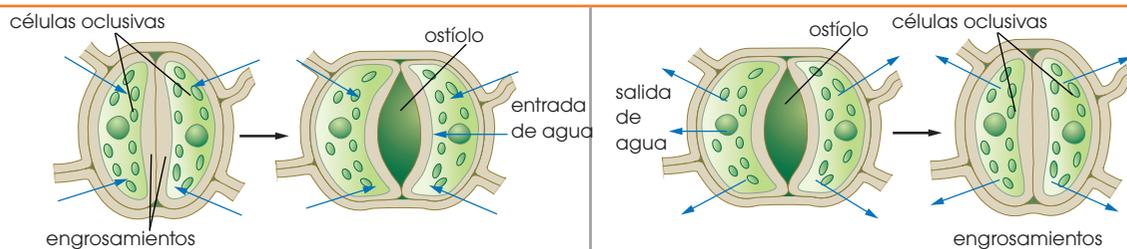
- Los vegetales toman  $CO_2$  del aire atmosférico o  $CO_2$  disuelto en el agua, en el caso de plantas acuáticas.
- Desprenden  $O_2$  a la atmósfera o al agua.

Respecto a la **transpiración**:

—Las plantas pierden hasta el 90% del agua absorbida por las raíces en forma de **vapor de agua**, a través de los estomas.

## 7.1. Regulación del intercambio de gases

Las plantas regulan el intercambio de gases ( $O_2$ ,  $CO_2$  y vapor de  $H_2O$ ) mediante la apertura y el cierre de los estomas. Los orificios estomáticos se encuentran delimitados por dos células oclusivas que tienen capacidad para regular la apertura.



Las células oclusivas tienen engrosamientos asimétricos en sus paredes celulares. Cuando aumentan su contenido en agua, toman una forma arqueada y dejan entre ellas un orificio central denominado **ostíolo**.

Si las células oclusivas reducen su contenido en agua, adoptan una forma alargada y ambas células contactan por el centro y cierran el ostíolo.

La entrada y salida de agua de las células oclusivas depende de las concentraciones de potasio y de sodio. Estas, a su vez, están controladas por el ácido abscísico, una hormona vegetal que modifica la permeabilidad de las membranas celulares para la entrada de iones.

## 8. EL TRANSPORTE DE SUSTANCIAS EN LOS VEGETALES

La obtención de nutrientes útiles, la excreción de productos tóxicos y los intercambios de gases son procesos que tienen lugar en zonas concretas del organismo, tanto en los vegetales como en los animales. Por ello, se requieren mecanismos de transporte que comuniquen estas zonas con el resto de las células del organismo.

Vamos a describir los mecanismos de circulación en los vegetales, teniendo en cuenta que, en las plantas, los líquidos circulantes no transportan los gases respiratorios ( $\text{CO}_2$  y  $\text{O}_2$ ), sino las sustancias necesarias para que tenga lugar la fotosíntesis y las que se obtienen como resultado de esta. Nos referiremos exclusivamente a las **plantas cormófitas**, ya que solo en ellas se da la especialización en tejidos que hace necesarios y, a la vez, permite estos transportes.

Normalmente, la raíz es el órgano de absorción, situado en el extremo opuesto a las hojas que tienen actividad fotosintética. Ambos órganos están comunicados por un sistema de circulación, de abajo hacia arriba, a través de las vías conductoras ascendentes. Desde las hojas y otras partes verdes, se reparten, mediante las vías de conducción de sustancias, las sustancias orgánicas que se obtienen en la fotosíntesis.

### 8.1. Vías de conducción ascendentes

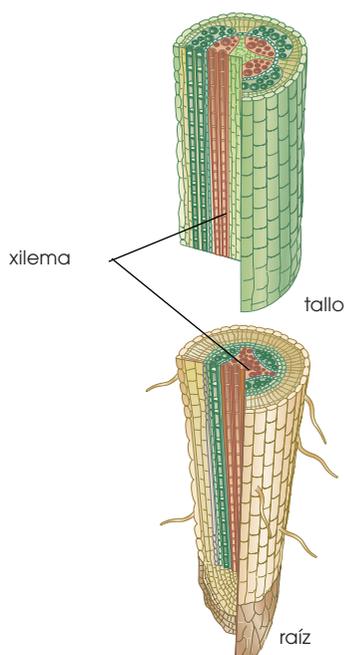
El conjunto de vías conductoras ascendentes recibe el nombre de **vasos leñosos** o **xilema**.

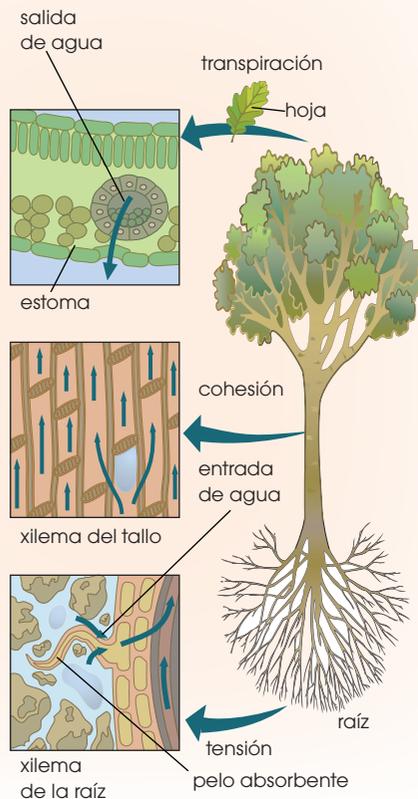
- El transporte tiene lugar entre los pelos absorbentes de la **raíz** y las zonas verdes fotosintéticas, en especial las **hojas**.
- Al líquido circulante en sentido ascendente lo solemos denominar **savia bruta**, compuesta por agua y sustancias minerales disueltas.
- Todos los vasos leñosos son aproximadamente del mismo calibre.

Están dispuestos en haces paralelos que discurren por la raíz, ascienden por el tallo y disminuyen de grosor a medida que algunos se desvían, para llegar a las hojas, donde forman sus nerviaciones. Pueden ser tráqueas o traqueidas:

- **Las tráqueas:** Son vasos rígidos que forman un tubo continuo. Se han formado a partir de células dispuestas una a continuación de otra, que han lignificado sus paredes celulares. Ello provoca la degeneración de los orgánulos citoplasmáticos y la desaparición de los tabiques de separación, hasta constituir un tubo continuo de **células muertas**.
- **Las traqueidas:** Son más finas; están formadas por **células muertas** con las **paredes lignificadas**, pero independientes entre ellas, ya que se conservan los tabiques de separación que presentan un gran número de orificios.

Las traqueidas son los vasos conductores más primitivos, propios de las plantas pteridófitas, como los helechos, y también de las plantas fanerógamas más antiguas evolutivamente, como las gimnospermas.





Las plantas fanerógamas, las más recientes desde el punto de vista evolutivo, es decir, las **angiospermas**, tienen el xilema formado en su mayoría por tráqueas, que se consideran vasos conductores más perfectos y evolucionados que las traqueidas. En un árbol se produce xilema periódicamente. El conjunto de vasos leñosos más recientes recibe el nombre de **albura** y son vasos funcionalmente conductores. La parte de xilema más vieja, con menor o nula función conductora, recibe el nombre de **duramen** y participa en el sostén del vegetal.

## 8.2. Mecanismos de transporte por el xilema

Algunas especies de árboles pueden alcanzar alturas superiores a los 100 m, como las secuoyas y los eucaliptos. En estos casos, el transporte ascendente a través del xilema supone un reto considerable. Es también notable, la velocidad de ascenso de la savia bruta detectada en algunas especies: 1 m/h en coníferas, unos 4 m/h en hayas y entre 20 y 45 m/h en algunos robles. Aunque no está totalmente aclarado, en la actualidad se acepta que el ascenso se debe a un meca-

nismo de **tensión-cohesión**, que se detalla a continuación:

- Los **pelos absorbentes** captan agua por ósmosis y minerales que penetran en los tubos conductores del **xilema** por transporte activo.
- La entrada continua de agua, por la raíz, hacia los vasos conductores provoca una **presión hidrostática** que empuja el líquido en sentido ascendente, en contra de la gravedad. Este hecho se ve favorecido por la longitud y el calibre de los vasos xilemáticos, ya que les hace funcionar como verdaderos capilares.
- Las moléculas de agua se comportan como **dipolos**: establecen fuerzas de cohesión muy fuertes entre ellas que impiden la interrupción de las finas **columnas de líquido**.
- A través de los estomas, tiene lugar la pérdida de vapor de agua, mediante la transpiración; esta crea una **fuerza continua de aspiración** a lo largo de los vasos leñosos que causa la entrada de agua en la raíz. De hecho, todo el mecanismo depende de la energía solar que motiva la transpiración.

## 8.3. Vías de conducción de moléculas orgánicas

Como resultado de la fotosíntesis, las plantas obtienen monosacáridos, como la glucosa, que luego pueden transformar en moléculas más complejas, como disacáridos, polisacáridos y aminoácidos. Las moléculas orgánicas son trasladadas y repartidas a otras partes del vegetal, disueltas en agua. Este proceso recibe el nombre de **translocación** y tiene lugar mediante los **vasos liberianos** o **floema**.

- El transporte se produce desde las hojas y otras partes verdes hacia el tallo y las raíces.

También puede haber translocación desde los tejidos de reserva (semillas, bulbos, tubérculos y más) a otras partes de la planta que lo necesitan. El almidón contenido en estos tejidos se degrada a sacarosa, que es la molécula utilizada para la movilización de la glucosa por la planta. Al llegar al órgano receptor, la sacarosa se degrada a glucosa para ser utilizada.

El desplazamiento puede ser en sentido descendente o ascendente, dependiendo de la posición del órgano fotosintetizador o de reserva, respecto al receptor.

- El líquido que se desplaza se ha denominado **savia elaborada**. Contiene agua y solutos, de los cuales un 90% es sacarosa, el resto son aminoácidos, ácidos grasos, vitaminas, hormonas e iones como K<sup>+</sup>.
- Los **vasos liberianos** son conductos finos que discurren por el tallo y la raíz. Están formados por **células vivas**, con tabiques de separación oblicuos y la pared celular sin lignina. Al madurar, pierden el núcleo, los orgánulos citoplasmáticos se disponen periféricamente y se forman **poros** en las paredes, que confieren a estas el aspecto de una **criba**. Por ello, también denominamos *vasos o tubos cribosos*.

Conectadas a las células de los tubos cribosos, se encuentran las **células acompañantes**, muy activas metabólicamente.

- La velocidad de transporte depende de la época del año y puede variar desde 30 cm/h a 200 cm/h en algunos casos.
- En invierno, la mayoría de las cribas se encuentra taponada por **calosa** y la circulación está muy **reducida**.
- En primavera, se reabsorbe la calosa y se **activa la circulación**.
- En un gran número de especies vegetales, los vasos liberianos solo son funcionales durante un año y son reemplazados por otros nuevos a partir del cámbium.

En plantas pteridófitas y gimnospermas no hay células acompañantes y los tabiques perforados de las células cribosas son muy inclinados.

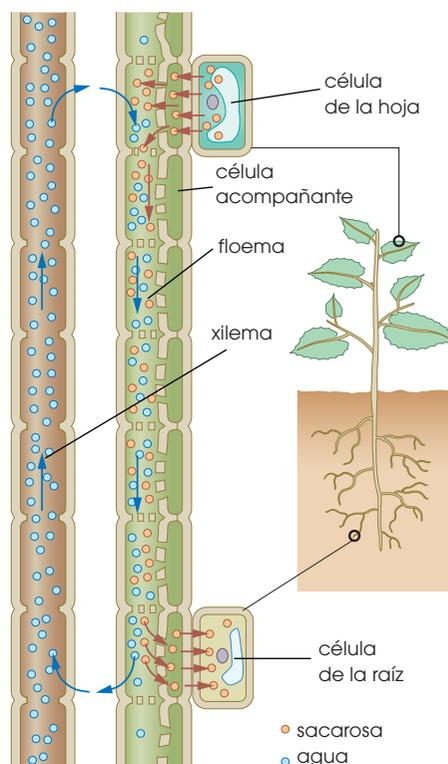
En las angiospermas, se encuentran células acompañantes y tubos liberianos con placas cribosas muy perpendiculares.

## 8.4. Mecanismos de transporte por el floema

La hipótesis del **flujo en masa** es la explicación más plausible de este proceso. Se basa en los puntos siguientes:

- En los órganos donde se produce la fotosíntesis, los glúcidos **salen** del citoplasma de las células en forma de **sacarosa**.
- Esta **entra** en los vasos liberianos por **transporte activo**, contra gradiente de concentración. El proceso se ve facilitado por la actividad de las **células acompañantes**.
- La **entrada** de sacarosa en los tubos cribosos provoca la **entrada de agua**, por ósmosis, procedente del **xilema**.
- Cuando el órgano consumidor **capta sacarosa** y esta abandona el vaso liberiano, disminuye la concentración de soluto en su interior.
- El **agua** también sale del tubo criboso, por el mismo proceso osmótico, y **vuelve** a los vasos del **xilema**.

La diferencia de presión del agua dentro del tubo floemático entre el órgano fotosintetizador y el receptor crea la corriente de flujo.



## 9. HORMONAS VEGETALES

Las **hormonas vegetales** o **fitohormonas** son los compuestos orgánicos responsables del crecimiento y desarrollo de las plantas. Se sintetizan en una parte de la planta y actúan normalmente en otra parte donde, a muy bajas concentraciones, producen una respuesta fisiológica.

No se sabe con exactitud a qué estímulos responden ni cómo se sintetizan; no obstante, los principales estímulos que afectan al desarrollo de los vegetales son el grado de humedad, la temperatura, la gravedad, las horas de luz y el contacto con los objetos.

A diferencia de los animales, en las plantas no se han determinado receptores de estímulos concretos, ni órganos diferenciados de percepción ni órganos de procesamiento de la información. A pesar de ello, se han reconocido algunos receptores especializados en captar determinados estímulos. Entre los receptores más conocidos destacan el **fitocromo**, los **estatocitos** y las **células sensibles al tacto**.

- **El fitocromo:** Es un pigmento sensible a la luz roja y a la infrarroja, y permite a las plantas detectar la duración del día y la noche. Induce la síntesis de hormonas que dan lugar a procesos como la floración. Según la época de floración distinguimos:
  - Las **plantas de día largo** florecen cuando hay más horas de luz y las noches son más cortas. Son ejemplos la lechuga, la papa, la espinaca y más plantas ornamentales como el clavel.
  - Las **plantas de día corto** florecen al principio de la primavera o el otoño, cuando las noches son largas. A principios de primavera florecen, por ejemplo, la fresa o el botón de oro; a principios de otoño, entre otros, los crisantemos o las onsenias.
  - Las **plantas de día neutro** florecen durante todo el año, como los geranios.
- **Los estatocitos:** Son células especializadas en detectar la gravedad.

Contienen **amiloplastos**, orgánulos llenos de almidón que actúan de modo similar a los estatolitos de los artrópodos; gracias a ellos, las plantas detectan la posición del tallo y la raíz, y se desencadena una respuesta hormonal que dirige su crecimiento en el sentido correcto.

- **Células sensibles al tacto:** Las células de las hojas de algunas especies captan estímulos táctiles que desencadenan respuestas hormonales o movimientos rápidos.

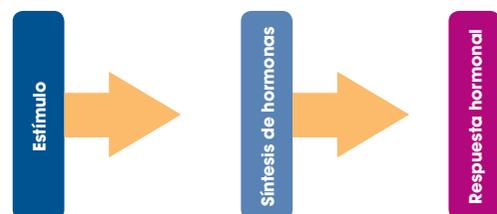
Además de su papel regulador, los especialistas suponen que algunas hormonas vegetales podrían actuar también como receptores, ya que parece que responden directamente a determinados estímulos.

### 9.1. Funciones y actividad de las fitohormonas

Son compuestos que se sintetizan en pequeñas cantidades como resultado de un estímulo, y regulan los procesos de crecimiento y desarrollo. Circulan por los vasos conductores del floema y el xilema, o de célula a célula por difusión o transporte activo. Algunas de las hormonas vegetales más conocidas son auxinas, citoquininas, etileno, ácido abscísico y giberelinas.



<https://google.com>



Hormonas	Lugar de síntesis	Funciones principales	Factores que influyen en su actividad
<b>Auxinas</b>	Brotes apicales	Regulan el crecimiento del tallo y la raíz.	La luz activa el mecanismo de acción.
<b>Citoquininas</b>	Raíces	Favorecen el crecimiento de las ramas laterales. Evitan el envejecimiento de las hojas porque retrasan la inactivación del ADN y estimulan la síntesis de clorofila.	Son activadas por la luz roja y la temperatura alta.
<b>Etileno</b>	Frutos	Es un gas que se libera al exterior de la planta y actúa sobre los frutos cercanos favoreciendo su maduración.	Es activado por las auxinas, el déficit hídrico y las heridas; y lo inhibe el ácido abscísico.
<b>Ácido abscísico</b>	En todo tipo de tejidos: hojas, tallos, frutos, semillas y raíces	Controla la apertura y el cierre de los estomas. Inhibe el crecimiento de la planta y el desarrollo de las semillas y los frutos.	Aumentan la concentración, la sequía, el encharcamiento de las raíces, el frío y la luz roja.
<b>Giberelinas</b>	Tallos y hojas jóvenes	Germinación de las semillas.	Activan su acción los fotoperíodos largos.

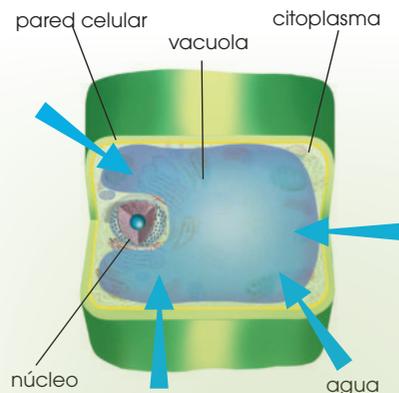
La actividad de las fitohormonas está todavía en estudio. Uno de los procesos mejor conocidos es el **mecanismo de acción de las auxinas**, que describimos a continuación:

—Las auxinas se producen en el extremo del tallo, provocan su alargamiento, y responden a los estímulos luminosos. El efecto de las auxinas permite la curvatura del tallo en dirección a la luz, sea cual sea la localización del foco luminoso (vertical o lateral). Este alargamiento de las células recibe el nombre de **crecimiento ácido**, y es posible gracias a un rápido aumento de la turgencia celular, que permite a la planta cambiar la dirección de su crecimiento en unas pocas horas.

—Desde el tallo, las auxinas migran hasta la raíz favoreciendo su crecimiento si se encuentran en bajas concentraciones, o inhibiéndolo si se encuentran a altas concentraciones. Las auxinas también son las responsables del

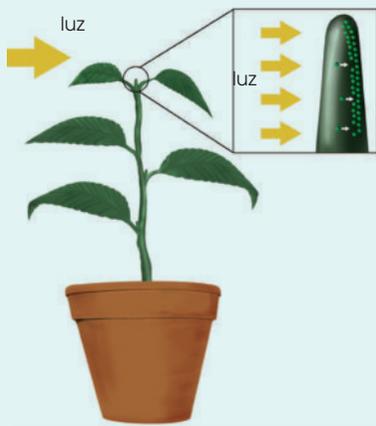
crecimiento de raíces adventicias en un tallo cortado.

A continuación, vamos a seguir los pasos del mecanismo de acción de las auxinas durante el crecimiento ácido del ápice del tallo, observando aquellos fenómenos que le ocurren a una planta que crece en sentido vertical después de cambiar su ubicación haciendo que la luz pase a incidirle lateralmente.

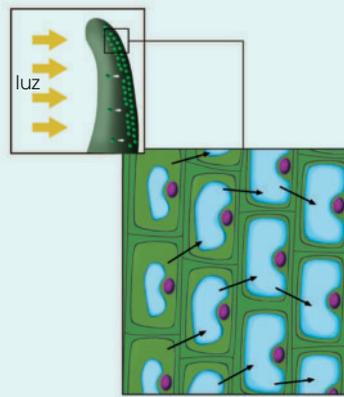


■ Principales zonas donde se sintetizan las hormonas vegetales.

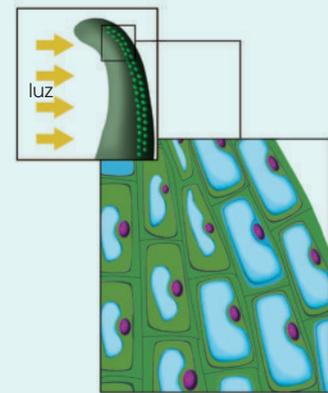
Prohibida su reproducción



Las auxinas presentes en el tallo, por la presencia de la luz, se desplazan en sentido opuesto al estímulo luminoso. En estas células se activan las proteínas transportadoras de H<sup>+</sup>, que transportarán los H<sup>+</sup> del citoplasma a la pared celular.



La acidez de la pared celular activa una enzima que rompe los enlaces entre las cadenas de celulosa de la pared, lo que le da mayor plasticidad. El agua penetra en la vacuola, y aumenta la turgencia celular de forma que la célula se alarga.



Las células de la zona afectada por las auxinas se alargan, mientras que el resto de las células no se modifica y el tallo crece curvado hacia la luz.

## 10. MOVIMIENTOS DE LAS PLANTAS

Las plantas presentan movimientos que responden a estímulos del medio, y que son posibles gracias a la actividad de las hormonas. Así, disponen de mecanismos para mover sus órganos y orientarlos en la posición más favorable.

Los movimientos se pueden basar en dos tipos de mecanismos: el crecimiento en extensión y alargamiento de una parte de la planta, como ocurre en los tropismos y las nutaciones; o bien, cambios reversibles de la turgencia de un grupo de células que producen el movimiento de un órgano de la planta, como es el caso de las nastias.

### 10.1. Los tropismos

Son movimientos de crecimiento dirigidos por estímulos externos. Pueden producirse en dirección al estímulo, y se denominan *tropismos positivos*, o bien ser opuestos a este; en este segundo caso se habla de *tropismos negativos*. Las auxinas son las responsables de estos fenómenos, mediante el proceso de alargamiento celular que hemos descrito. Los más conocidos son el fototropismo y el geotropismo.

- **Fototropismo:** El crecimiento se produce como respuesta a un estímulo luminoso.

El tallo presenta fototropismo positivo, las raíces tienen fototropismo negativo.

- **Geotropismo:** Es el crecimiento en función de la fuerza de la gravedad.

El tallo tiene geotropismo negativo y la raíz, geotropismo positivo. Los estatocitos son las células receptoras. En ellas se encuentran los amiloplastos, que contienen almidón y detectan la posición de la planta. De este modo, activan a las auxinas, cuya acción provoca el crecimiento de tallos y raíces en la dirección correcta.

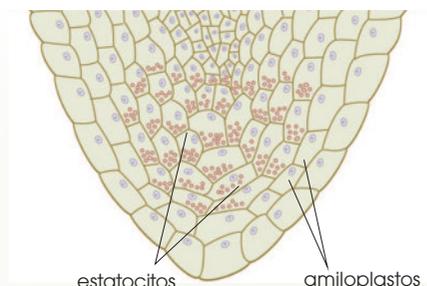
#### Y TAMBIÉN:

El fototropismo positivo de los tallos fue descrito por primera vez por Charles Darwin en 1881.

Darwin observó la curvatura del ápice de plantas en sus primeras fases de desarrollo, en dirección a la luz.

Si cubría la punta de la plantita con papel de estaño y la sometía a luz lateral, no se producía la curvatura hacia la luz.

De ello, concluyó que en el ápice de la planta había alguna sustancia (que más tarde se identificó como *auxina*) que se transmitía hacia la parte inferior y producía su curvatura.



■ Situación de los estatocitos en el extremo de la raíz

La acumulación de las auxinas en unas capas celulares u otras, en función de la dirección del estímulo, provoca el crecimiento ácido de las células que causa la curvatura del tallo o la raíz.

Veamos los procesos de fototropismo positivo del tallo y geotropismo positivo de la raíz, cuando una planta se coloca en posición invertida.

## 10.2. Las nutaciones

Consisten en un crecimiento desigual del tallo o de las hojas, que produce una forma helicoidal de estos órganos. Este fenómeno se da en las plantas trepadoras. Existen dos tipos básicos de nutaciones: los tallos volubles y los zarcillos.



Tallo voluble



<http://goo.gl/eo5F4p>

Los **tallos volubles** crecen en espiral, y cuando encuentran un soporte se enrollan sobre él. Los poseen plantas como el jazmín y el lúpulo.

Zarcillos de la arveja



<http://goo.gl/bcE1qX>

Los **zarcillos** son hojas modificadas que, al entrar en contacto con un objeto, se enrollan a su alrededor. La respuesta de los zarcillos es más rápida que la de los tallos volubles, ya que en unos minutos pueden enrollarse sobre un soporte. Poseen zarcillos plantas como la zapallo o la arveja.

Los tallos y las hojas poseen en su epidermis células que actúan como receptores, percibiendo el contacto con el soporte sobre el que se produce el crecimiento.

### 10.3. Las nastias

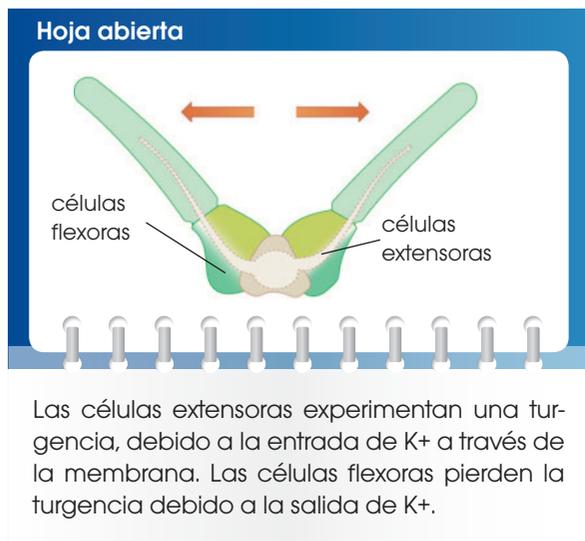
Son movimientos rápidos de una parte de la planta que, a diferencia de los casos anteriores, puede volver a la posición inicial cuando el estímulo que ha originado el movimiento, cesa. Las más conocidas son las fotonastias y las seismonastias.

- **Fotonastias:** Están provocadas por las variaciones de la luz entre el día y la noche; es el caso de los movimientos nictinásticos, que presentan algunas especies de hojas compuestas, como la acederilla y la mimosa. Los folíolos que constituyen las hojas se abren por la mañana y se cierran al anochecer. Estos movimientos están inducidos por el fitocromo, que actúa como receptor de los estímulos luminosos.
- **Seismonastias:** El movimiento brusco o el simple contacto con un objeto pro-

duce el cierre de las hojas. La mimosa posee células sensibles al tacto que captan los movimientos bruscos. Así, cuando se agita una rama, esta cierra sus hojas, desarrollando, de este modo, un sistema de defensa ante los depredadores.

Las nastias son posibles gracias a unos grupos de células de la base del pecíolo denominados *pulvínulos*, que actúan a modo de bisagra, y mediante un aumento o disminución de su turgencia provocan que unos folíolos se doblen sobre otros y luego se vuelvan a separar.

El mecanismo de acción, tanto en las fotonastias como en las seismonastias, se basa en un cambio de permeabilidad para los iones  $K^+$  de las membranas plasmáticas de las células que intervienen en estos movimientos. Al entrar  $K^+$  en una célula también entra agua y se produce la turgencia celular.



5. **Explica** qué diferencias encontramos entre las hormonas vegetales y las animales.
6. Los centros de integración y coordinación de la información están constituidos por el sistema nervioso y el endocrino. **Contesta:** ¿Qué diferencias hay entre ellos?
7. **Explica** qué hormona vegetal está implicada en los siguientes procesos:

- Aceleración del crecimiento de las raíces en un esqueje que acabamos de plantar
- Activación de la germinación de las semillas de avena
- Aceleración de la maduración de un plátano situado junto a otros plátanos maduros
- Inhibición de la germinación de las semillas



# Experimento



**Tema:** Observación de modificaciones de la pared celular



**Investigamos:**

La pared secundaria de las células vegetales puede impregnarse de diversas sustancias, entre ellas lignina. De esta manera, se constituyen tejidos como los que forman los vasos conductores.



**Objetivo:**

- Aplicar técnicas de microscopía a tejidos vegetales.
- Identificar modificaciones de la pared celular vegetal y relacionarlas con las características de diferentes tejidos.



**Materiales:**

- tallos jóvenes de una planta entre 5 y 7 mm
- un microtomo
- verde yodo
- hematoxilina
- un microscopio
- alcoholes de graduación creciente 60° a 96°
- bálsamo del Canadá
- una navaja histológica
- ácido acético
- hipoclorito sódico o lejía al 10%
- creosota de haya
- agua destilada



**Proceso:**

**Coloquen** un trozo de tallo en el microtomo y **ajústenlo** entre trozos de papa para fijar su posición. **Obtengan** cortes con la navaja y **seleccionen** los más finos que contengan leño.

2. **Introduzcan** los cortes en hipoclorito sódico o lejía al 10%, durante diez minutos, para destruir el contenido de las células, conservando las paredes celulares vegetales. Seguidamente, **laven** con agua destilada.
3. **Tiñan** los cortes con hematoxilina durante diez minutos hasta que adquieran color morado. A continuación, **laven** con agua destilada varias veces.
4. **Tiñan** con verde yodo de dos a tres minutos. **Laven** cuidadosamente con agua destilada.
5. **Coloquen** cada corte sobre un portaobjetos y **deshidraten** con la serie de alcoholes de graduación creciente, dejando caer gota a gota los diferentes alcoholes sobre el portaobjetos algo inclinado.
6. **Dejen** caer una gota de creosota sobre la muestra antes de que se evapore el alcohol. **Dejen** que se impregne durante dos minutos.
7. **Sequen** con cuidado la creosota sobrante y **coloquen** una gota de bálsamo del Canadá. **Cubran** con el cubreobjetos.
8. **Observen** al microscopio incrementando progresivamente el número de aumentos.



**Cuestiones:**

9. **Dibujen** las imágenes de la muestra que se observan a diferentes aumentos e **indiquen** las modificaciones de la pared celular vegetal que se distinguen.
10. **Expliquen** la relación entre la distinta tonalidad observada en los tejidos y su edad.



## Resumen

1. Organismos pluricelulares
2. Tejidos vegetales
3. Movimiento de la planta

En el caso de las plantas, en las primeras fases del desarrollo del embrión, se produce la diferenciación de tres tipos de tejidos: meristemos primarios, que son tejidos especializados en el crecimiento de la planta; tejidos vasculares, con la misión de conducir la savia; y tejidos epidérmicos, que forman la cubierta externa y protectora de la planta.

Los meristemos se caracterizan por estar poco diferenciados y por su gran capacidad de división. Son los responsables de la multiplicación celular. Sus células presentan paredes celulares finas, con pocas vacuolas, de pequeño tamaño y núcleos grandes.

Los tejidos vasculares son los tejidos que tienen la función de transporte de la savia. Sus células tienen forma alargada. Los tabiques de separación entre ellas están ausentes, o bien están dispuestos de manera oblicua para favorecer la circulación a través de ellos. Pueden ser de dos tipos: el xilema que transporta la savia bruta desde las raíces a las hojas; y el floema, que transporta la savia elaborada.

Los tejidos protectores recubren a la planta, protegiéndola de la acción de agentes externos y evitando la pérdida de agua.

Los organismos pluricelulares desarrollan una serie de tejidos en los que sus células se especializan y cumplen con funciones específicas.

Los parénquimas son tejidos que dan cuerpo a las distintas partes de la planta, a la vez que se especializan en funciones diversas. También existen tejidos de sostén que dan solidez y consistencia a la planta. Estos son el colénquima, con células vivas; y el esclerénquima, con células muertas.

Gracias a la especialización de sus tejidos, las plantas son capaces de cumplir funciones necesarias para la vida como la absorción de nutrientes para la nutrición, la excreción de productos de desecho o la regulación del intercambio de gases

a través de los estomas gracias a las células oclusivas. En los

vegetales también existe un sistema circulatorio que permite el transporte de sustancias

a través de haces vasculares que originan el xilema y el floema, también,

presentan un grupo de hormonas vegetales

denominadas *fitohormonas* que

son las responsables del desarrollo y crecimiento de la

planta. Igualmente regulan los movimientos

que tienen las plantas para responder a los estímulos del medio. En las

plantas distinguimos distintos tipos de movimiento: tropismos, que son

movimientos de crecimiento como el fototropismo (hacia la luz) o el geotropismo (en función de la fuerza de gravedad); o las nastias que son movimientos rápidos de

la planta y que pueden devolverla luego a su posición inicial como el seguimiento que presentan algunas hojas y flores de la

luz solar a lo largo del día o la respuesta de algunas hojas al cerrarse por un impacto o contacto brusco.



<http://googl/3cvb7w>



## BLOG

## UNAM busca autosuficiencia alimentaria con vida vegetal *in vitro*

De acuerdo con el investigador Víctor Manuel Chávez Ávila, el Laboratorio de Cultivo de Tejidos Vegetales (LCTV) del Jardín Botánico de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) es el lugar idóneo a partir del cual ese país lograría la autosuficiencia alimentaria gracias a la reproducción en serie y a gran escala de productos vegetales.

«La epidermis verde de México se está perdiendo. Nos parece que las plantas que son estudiadas y propagadas por los jóvenes e investigadores en este laboratorio pueden ser la fuente del nuevo abasto de vegetación del país», señaló.

En el centro auspiciado por el Instituto de Biología de la UNAM se rescatan *in vitro* plantas mexicanas en riesgo de extinción a través de la aplicación de métodos celulares.

—Mira la noticia completa en este enlace: <http://goo.gl/mSKqJq>.



<http://goo.gl/ssPvIR>

## SOCIEDAD

## Versión artificial de hoja vegetal para elaborar combustibles a partir de energía solar mediante fotosíntesis

Almacenar de modo eficaz y rentable energía renovable, como la solar o la eólica, es todavía un reto, y ello representa una barrera que impide forjar una economía basada en las energías limpias. Elaborar combustibles a partir de las energías renovables también ha sido un serio obstáculo tradicionalmente. Una meta muy buscada, por científicos de todas partes del mundo es dar con un método rentable de producir combustibles usando solo luz solar, agua y dióxido de carbono, imitando el proceso natural de la fotosíntesis en las plantas y almacenando la energía en forma de combusti-

bles químicos, para su uso donde y cuando se necesite.

En los últimos años, el equipo de Nate Lewis, del Instituto Tecnológico de California (Caltech) en Pasadena, Estados Unidos, ha realizado importantes avances hacia este objetivo tan ambicioso, y ahora ha culminado el desarrollo del primer sistema completo, eficiente, seguro, integrado y alimentado solo por energía solar, para descomponer agua con el fin de producir combustibles basados en el hidrógeno.

—Mira la información completa en este *link*: <http://goo.gl/eyhPPO>.

## SENTIDO CRÍTICO

### Película

En el siguiente enlace podrás encontrar un documental acerca de las características que adquieren las plantas por su desarrollo pluricelular: <https://goo.gl/DNL4s6>.

## SI YO FUERA



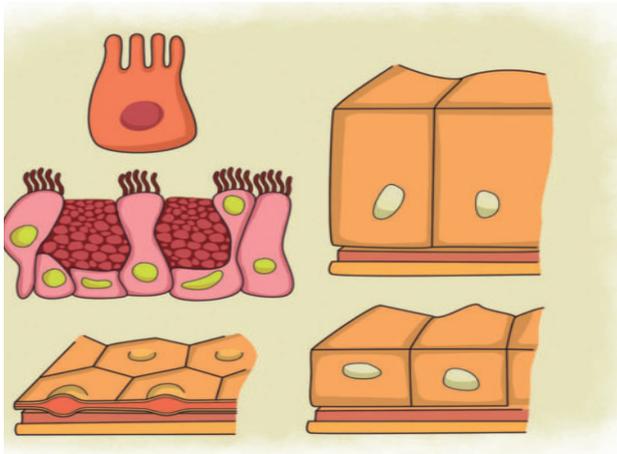
<http://goo.gl/DXFB6>

Un **botánico** analizaría e investigaría la correcta función de los órganos de las plantas para que se desarrollen de manera normal evitando así que dejen de dar sus frutos o lleguen a la muerte.

Prohibida su reproducción

# Para finalizar

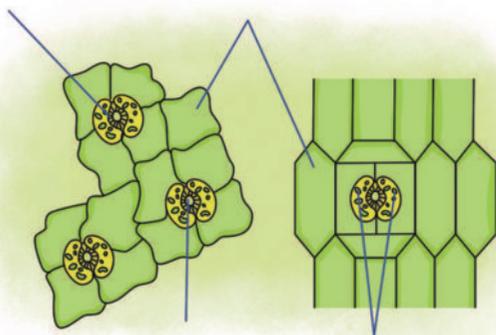
1. ¿Qué tipo de células del tejido conectivo se encargan de eliminar a través de la fagocitosis las bacterias y las células muertas? **Indica** cómo se llaman estos veintitrés tipos de células:



2. **Explica** cómo es la respiración externa de una planta.

—¿Podemos considerar la fotosíntesis como un tipo de respiración externa? ¿Y la transpiración? ¿Por qué?

3. **Observa** este dibujo. **Indica** de qué se trata, qué función desempeña e **indica** el nombre de las estructuras señaladas.



4. **Explica** gracias a qué mecanismos la savia bruta asciende a través del xilema.

5. **Explica** cuándo un tubérculo como la patata puede considerarse:

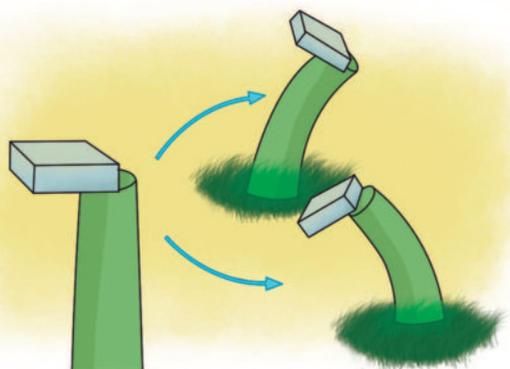
- un órgano productor
- un órgano consumidor

6. **Asigna** a la función descrita la hormona vegetal que la lleva a cabo:

- Inhibición del desarrollo de las semillas
- Estimulación de la síntesis de clorofila
- Retardo en el envejecimiento vegetal
- Aceleración de la maduración de los frutos
- Inhibición del envejecimiento de las hojas
- Regulación del crecimiento del tallo de la planta

7. En 1926, Friz Went realizó el siguiente experimento:

- a. Cortó el ápice de una planta en crecimiento y puso dicho ápice sobre un bloque de agar durante cuatro horas. Después colocó el bloque de agar centrado sobre el coleóptilo cortado tal y como mostramos en la siguiente ilustración:



b. Observó que la planta recuperaba su crecimiento.

—**Contesta** las siguientes preguntas:

- ¿Por qué el ápice se deja un tiempo encima de un bloque de agar?
- ¿Qué hormona es la responsable del resultado del experimento?
- Si colocáramos el bloque de agar la-deado en lugar de centrado, ¿la planta crecería según la opción A o según la opción B? Razona tu respuesta.

8. **Explica** el significado de los siguientes conceptos: *fotoperíodo*, *geotropismo negativo*, *fotonastia* y *nutación*.

9. En el siguiente esquema se representa la multiplicación vegetal por esquejes:

—¿A qué hormona corresponde el tratamiento del tercer paso?

—**Describe** el proceso que permite a una planta el crecimiento de sus raíces.

10. **Observa** la siguiente fotografía. **Comenta** que movimiento de la planta representan y **explica** en qué consiste dicho movimiento.



<http://goo.gl/jxC1u6>



<http://goo.gl/R76ico>

## AUTOEVALUACIÓN

Reflexiona y **autoevalúate** en tu cuaderno:

### • Trabajo personal

¿Qué tema me ha resultado más fácil y cuál más difícil de comprender?

¿He cumplido mis tareas?

¿Qué aprendí en esta unidad?

### • Trabajo en equipo

¿He compartido con mis compañeros y compañeras?

¿He respetado las opiniones de los demás?

• **Escribe** la opinión de tu familia.

• **Pide** a tu profesor o profesora sugerencias para mejorar y **escríbelas**.

# 5

## Fisiología animal

### CONTENIDOS:

- 1.** Desarrollo embrionario en los animales
- 2.** Tejidos animales
  - 2.1. Tejido epitelial
  - 2.2. Tejido conectivo
  - 2.3. Tejido muscular
  - 2.4. Tejido nervioso
- 3.** Sistemas animales
  - 3.1. Sistema digestivo
  - 3.2. Sistema respiratorio
  - 3.3. Sistema circulatorio
  - 3.4. Sistema nervioso
  - 3.5. Sistema osteoartromuscular
  - 3.6. Sistema endocrino



### Noticia:

#### ¿Y si todos tuviéramos un corazón de repuesto?

En España, solo el 5% de los que necesitan un trasplante de este órgano lo consiguen. La comunidad científica ya habla de «fabricarlos».

<http://goo.gl/v0aAxQ>.



### Película:

#### Células madre

Documental que nos explica los últimos avances en el campo de las células madre y cómo hemos llegado a poder reprogramarlas. Afortunadamente, hoy en día ya tenemos alternativas para beneficiarnos de las células madre adultas sin la necesidad de ser intervenidos.

<https://goo.gl/plG11b>



### Web:

#### Fabrican hueso solo con algunas proteínas de las células madre

El enfoque resulta tan eficaz como el tratamiento estándar actual con este tipo de células, en lo que a cantidad de tejido óseo creado se refiere. El uso de células madre para la fabricación de nuevos huesos parece prometedor, pero estas células, una vez implantadas en el organismo, pueden provocar tumores. Investigadores estadounidenses han encontrado ahora la manera de aprovechar las células madre eludiendo este riesgo: sacándoles las proteínas que fomentan el crecimiento de los huesos e implantándolas en ratones. El resultado fue la creación de tejido óseo en la misma cantidad que si se hubiese hecho el implante con las células madre completas, aseguran.

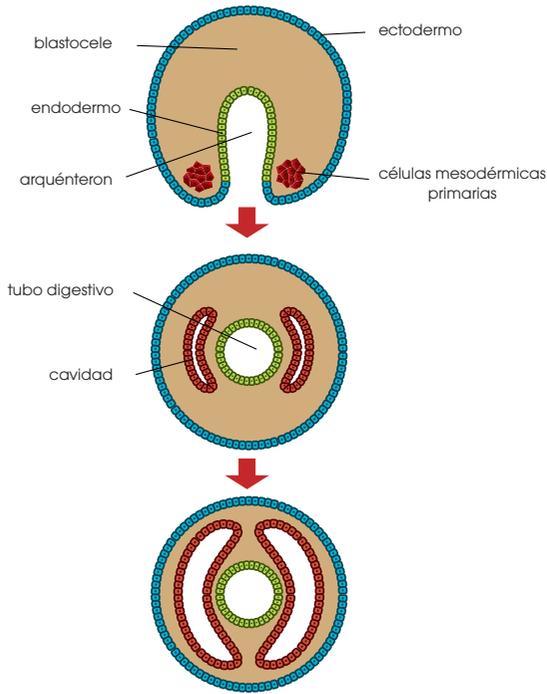
<http://goo.gl/Yy00ft>

## EN CONTEXTO:

Lee la noticia anterior y responde:

- ¿Por qué ha aumentado la esperanza de vida?
- ¿Qué limitaciones hay en las donaciones de órganos?
- ¿Qué significa que un donante sea *compatible*?
- ¿Cómo se puede «fabricar» un órgano?





## I. DESARROLLO EMBRIONARIO EN LOS ANIMALES

Es un proceso que se desarrolla de forma muy diversa, según el grupo de animales de que se trate. A pesar de ello, en la mayoría de los casos podemos distinguir dos etapas comunes.

- **Segmentación:** El cigoto que resulta de la fecundación se divide por mitosis y da lugar a una esfera que contiene 2, 4, 8... células, según progresan las sucesivas divisiones del cigoto.

Se forma una esfera maciza de células denominada **mórula**. Hasta ese momento, las células, por lo general, no están diferenciadas y cada una de ellas, denominada **blastómero**, puede dar lugar a un nuevo individuo si se separa de las demás.

A continuación, las células se desplazan y dejan en el centro de la esfera una cavidad, el **blastocelo**. Empiezan a especializarse y pierden, por tanto,

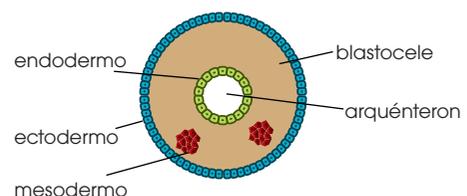
la capacidad de generar un individuo cada una. Es el estadio de **blástula**.

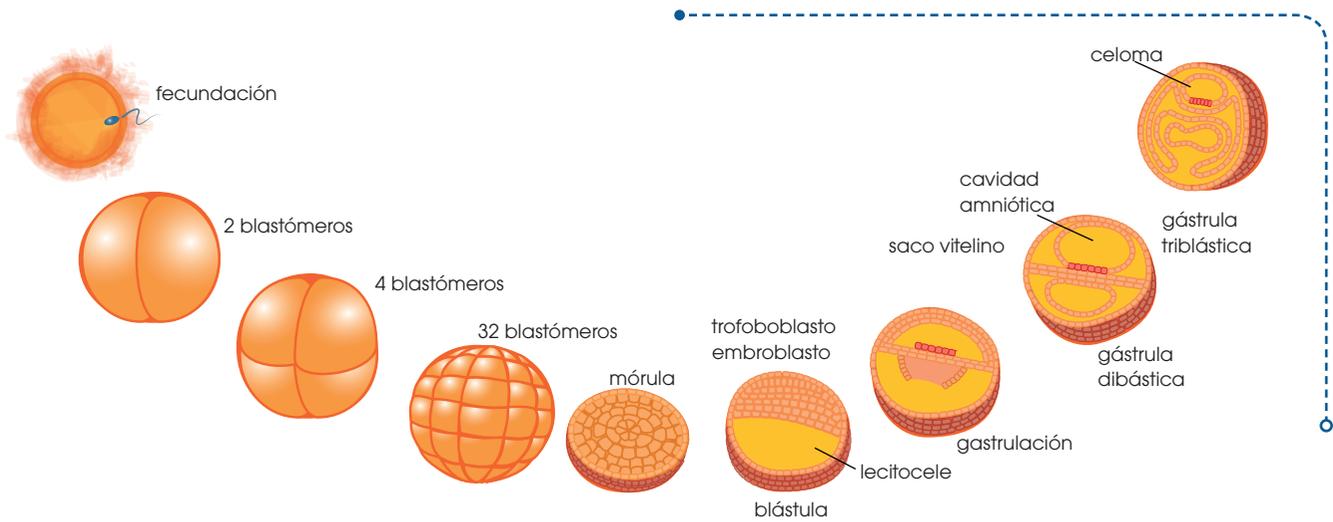
- **Gastrulación:** Se produce una invaginación hacia el interior del blastocelo que da lugar a la aparición de dos capas de células denominadas **ectodermo**, la exterior, y **endodermo**, la interior. En este estadio el embrión se denomina **gástrula** y la cavidad interna, **arquéteron**. Por la zona donde se produce la invaginación queda el **blastoporo**, que comunica el exterior con el arquéteron.

A partir de aquí, el desarrollo embrionario se produce según las características de cada grupo animal:

—**Animales diblásticos:** Proviene de una gástrula diblástica en la que no se desarrollan las células mesodérmicas primarias. Todas sus células provienen del ectodermo y del endodermo. El arquéteron actúa como cavidad digestiva. Las esponjas y los cnidarios son animales de este grupo.

—**Animales triblásticos:** La gástrula diblástica continúa su desarrollo y genera, a partir de las células del endodermo, unas células primarias que dan lugar al mesodermo, una tercera capa situada entre el ectodermo y el endodermo. Si entre mesodermo y endodermo no queda espacio vacío, se habla de animales **acelomados**, como los platelmintos. Si existe este espacio, lo denominamos *pseudoceloma* y son animales **pseudocelomados**.





Si la cavidad está totalmente rodeada por el mesodermo, la denominamos *celoma* y se trata de animales celomados, como los anélidos, los artrópodos y los vertebrados.

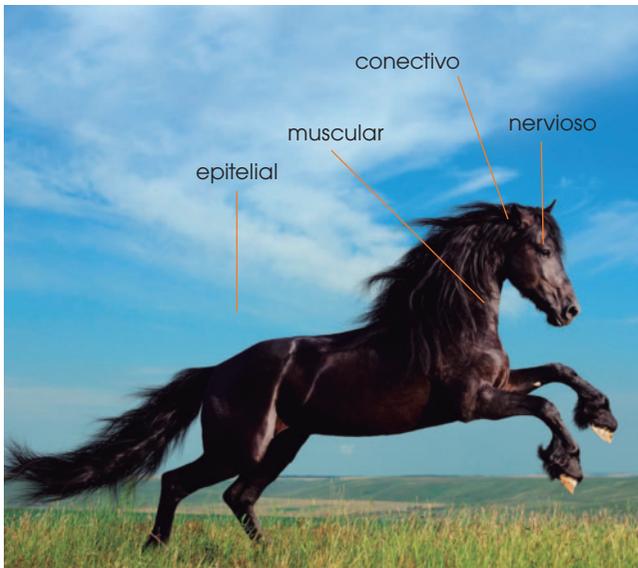
Después de la gastrulación, las células desarrollan plenamente su capacidad de diferenciación, y da lugar a las distintas partes y órganos de cada individuo. En el cuadro siguiente, mostramos la capa embrionaria de la que derivan diversas estructuras de los vertebrados.

Capa embrionaria	Partes que derivan
<b>Ectodermo</b>	Epidermis de la piel Órganos anexos a la piel (uñas, pelo...) Encéfalo y sistema nervioso
<b>Endodermo</b>	Revestimiento del tubo digestivo y del respiratorio Glándulas como el hígado, el páncreas...
<b>Mesodermo</b>	Dermis de la piel Revestimiento de cavidades internas Órganos excretores y reproductores Órganos circulatorios Músculos y esqueleto

**Actividades**

1. ¿Un solo embrión puede generar dos o más individuos? En caso afirmativo, **explica** qué estadio del desarrollo embrionario está implicado. Razona también si los individuos que provienen del mismo embrión tienen o no la misma información genética.
2. ¿La información genética del cigoto es la misma que la que se encuentra en una célula de la mórula? Razona la respuesta.
3. ¿Qué diferencias hay entre el *arquenteron* y el *celoma*?

**Solución:** El arquenteron es una cavidad con contacto al exterior por los dos extremos y que aparece en todos los animales cumpliendo la función de tubo digestivo mientras que el celoma solo aparece en algunos animales como artrópodos y vertebrados, no tiene contacto con el exterior y permite el desarrollo de órganos y sistemas.



## 2. TEJIDOS ANIMALES

<b>Tejido epitelial</b>	De revestimiento
	Glandular
<b>Tejidos conectivos</b>	Conjuntivo
	Adiposo
	Cartilaginoso
	Óseo
<b>Tejido muscular</b>	Estriado
	Cardíaco
	Liso
<b>Tejido nervioso</b>	Neuronas
	Células gliales

A continuación, vamos a describir las características de los principales tejidos que forman los animales, tomando como ejemplo a los vertebrados. **Observa** algunos órganos donde se localizan estos tejidos.

### 2.1. Tejido epitelial

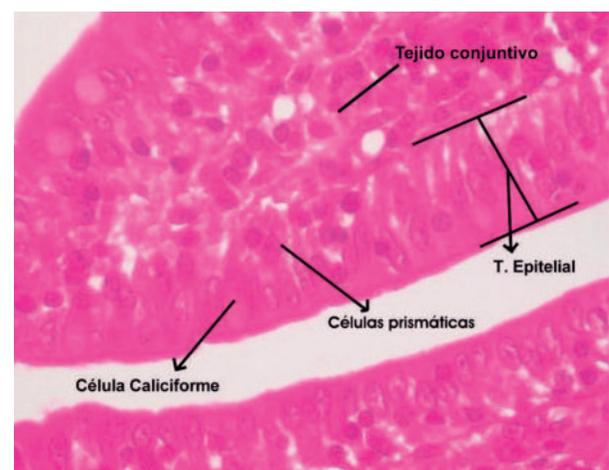
Agrupamos diversos tipos de tejidos que pueden tener función protectora, secretora o de absorción. El tejido epitelial recubre la superficie del cuerpo y las cavidades y conductos del organismo. Sus células son geométricas, más o menos regulares y están unidas íntimamente por desmosomas, hecho que provoca que el espacio intercelular sea muy pequeño. Por debajo del epitelio encontramos una membrana basal, formada por una red de fibras que conecta con el tejido conectivo.

Existen dos grandes grupos de epitelios: el epitelio de revestimiento, que tiene una función protectora y de absorción, y el epitelio glandular, cuya función es la secreción de sustancias.

- **Epitelio de revestimiento:** Está especializado en la protección de las estructuras que se encuentran por debajo de él. Las células del epitelio de revestimiento pueden constituir una o varias capas.

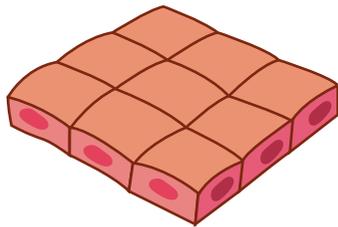
Según esto podemos distinguir:

- Epitelio simple:** Formado por una sola capa de células.
- Epitelio estratificado:** Formado por más de una capa de células.
- Epitelio pseudoestratificado:** Las células tienen una distribución irregular y en el microscopio da la impresión de que se trata de un epitelio estratificado.



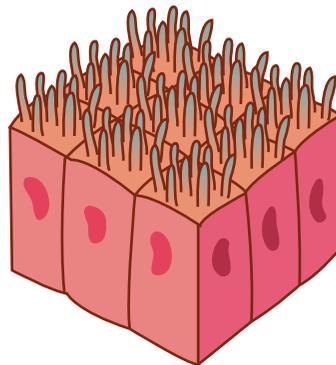
La **sangre** es un tejido formado por diversos tipos de células rodeadas de un medio líquido. Estas características lo diferencian del resto de los tejidos.

Las células, además, pueden presentar formas muy diversas: pueden ser planas, cúbicas o cilíndricas. Así, teniendo en cuenta la forma de las células y el número de capas que lo constituyen, podemos distinguir los siguientes tipos de epitelio de revestimiento:

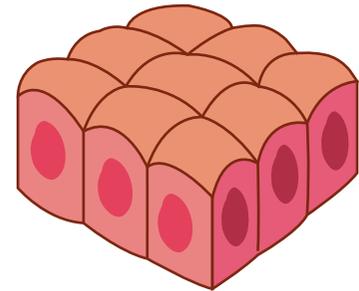


**Epitelio plano simple:** Tapiza la pared interna de los vasos sanguíneos y de órganos como el corazón. En este caso, la capa recibe el nombre de **endotelio**.

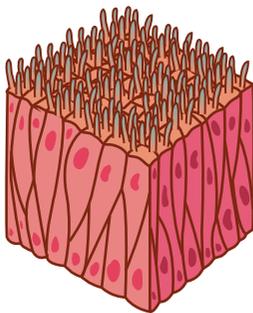
También tapiza cavidades internas procedentes del celoma, como la peritoneal y la pleural. En este caso, lo denominamos **mesotelio**.



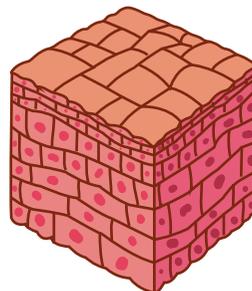
**Epitelio cilíndrico:** Es el epitelio que presentan las microvellosidades intestinales; permite aumentar la superficie de absorción.



**Epitelio cúbico:** Tapiza las glándulas salivares, el riñón, el páncreas y también las células pigmentadas de la retina.

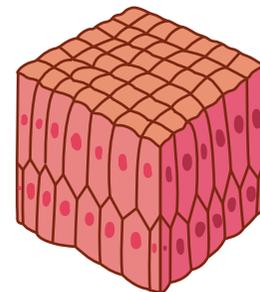


**Epitelio cilíndrico pseudoestratificado:** La disposición de los núcleos produce una imagen similar a la que se observa cuando existen varias capas. Presenta cilios, por lo que lo denominamos también *epitelio vibrátil*. Recubre la mayor parte de las vías respiratorias.



**Epitelio plano estratificado:** Recubre la superficie externa de la mayoría de los vertebrados, y forma la epidermis de la piel.

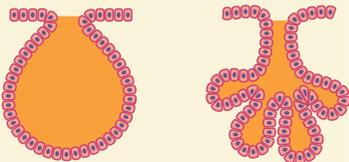
La parte superior de la epidermis es una capa córnea; cuando esta falta, la piel recibe el nombre de **mucosa**.



**Epitelio cilíndrico estratificado:** Recubre algunas zonas del aparato digestivo en los vertebrados inferiores; en los superiores está muy poco extendido, normalmente en zonas de transición entre epitelio pavimentoso pluriestratificado y cilíndrico pseudoestratificado.



■ Glándula caliciforme



■ Distintos tipos de glándulas pluricelulares

• **Epitelio glandular:** Constituye las **glándulas**, órganos especializados en la fabricación y secreción de sustancias.

Según su estructura, distinguimos dos tipos de glándulas:

—**Unicelulares**, como las glándulas **caliciformes**, que se encuentran en la pared del intestino delgado y segregan una sustancia, denominada *mucus*, que facilita el tránsito a lo largo del intestino y lo protege de la acción de las enzimas digestivas.

—**Pluricelulares**, como la glándula **tiroides**, que produce diversas hormonas, entre ellas la tiroxina.

Según dónde vierten sus productos, existen tres tipos de glándulas:

—**Exocrinas:** Vierten las sustancias que producen exclusivamente al exterior del organismo, como las **glándulas lacrimales**.

—**Endocrinas:** Segregan sustancias exclusivamente al medio interno, como la hipófisis, que produce la hormona del crecimiento.

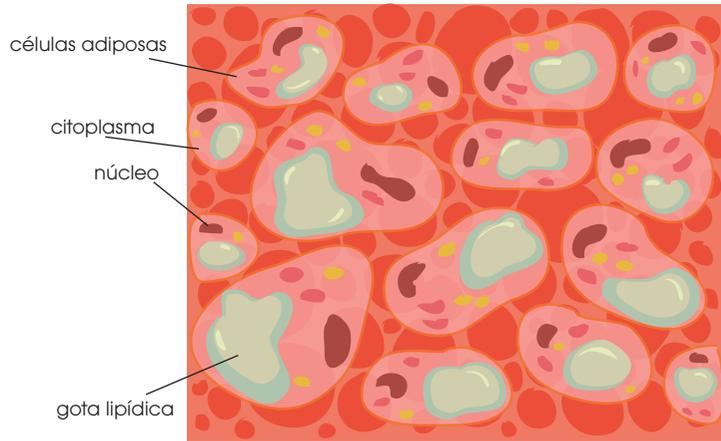
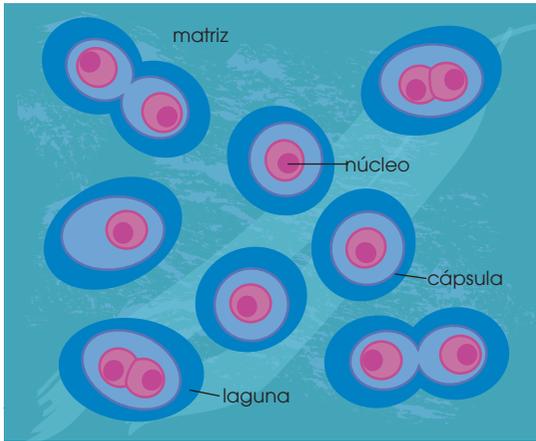
—**Mixtas:** Segregan dos tipos de sustancias diferentes, unas al exterior y otras al medio interno. Es el caso del **páncreas**, que segrega jugo pancreático al interior del tubo digestivo, una zona considerada exterior al cuerpo, y también segrega hormonas como insulina y glucagón a la sangre, para el control de la glucemia.

## 2.2. Tejido conectivo

Son un grupo de tejidos con funciones diversas: unen entre sí distintos órganos, llenan huecos y espacios entre los diferentes tejidos, y también constituyen elementos de soporte y de movimiento. Los tejidos conjuntivo, adiposo, cartilaginoso y óseo son variedades del tejido conectivo. Todos se caracterizan por tener gran cantidad de sustancia intercelular y pocas células.

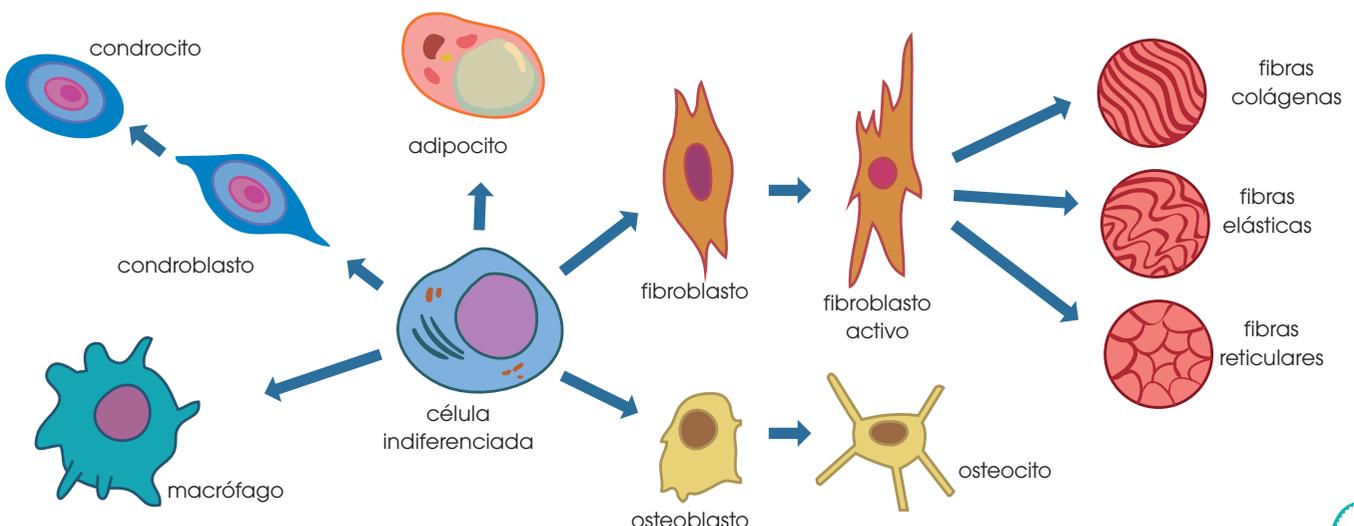
Vamos a conocer los componentes del **tejido conectivo básico**:

<b>Células</b>	Fibroblastos	Constituyen las fibras que forman la sustancia intercelular. Tienen forma alargada o estrellada.	
	Macrófagos	Son células de gran tamaño, fagocitarias y con capacidad migratoria.	
	Mastocitos	Células redondeadas que contienen gran cantidad de heparina y otras sustancias que intervienen en la coagulación de la sangre.	
<b>Matriz</b>	Fibras	Colágeno	Fibras consistentes y elásticas, en forma de haces. Las llamamos <i>fibras blancas</i> . Por cocción generan gelatina.
		Elastina	Proteína fibrosa que puede estirarse y recuperar su forma original. Las llamamos <i>fibras amarillas</i> . No se disuelven por cocción.
		Reticulina	Tienen la misma composición que las anteriores, pero se disponen como una red.
	Sustancias no fibrosas	Mucopolisacáridos	Compuestos formados por una parte proteínica y una parte glucídica.
		Sales	Diversas como fosfatos o carbonatos.
		Agua	



Vamos a conocer las características de los principales tipos de tejido conectivo:

- **Tejido conjuntivo:** Tiene la función de unir órganos y tejidos. Según la cantidad de fibras que lo constituyen puede ser laxo (pocas fibras) o fibroso (muchas fibras). El laxo recubre, principalmente, la superficie de los órganos y rellena los huecos entre ellos. El fibroso forma estructuras muy resistentes que, por su función, son sometidas a fuertes tensiones, como los tendones.
- **Tejido adiposo:** Es un tejido formado por unas células llamadas *adipocitos*, caracterizadas por poseer una gran vacuola llena de lípidos, que obliga al núcleo celular a desplazarse hacia un extremo de la célula. Este tejido constituye la principal reserva de energía de muchos organismos, aunque también lo encontramos realizando una función protectora bajo la piel, alrededor de los riñones, del corazón...
- **Tejido cartilaginoso:** Está formado por unas células llamadas *condrocitos*. En las primeras épocas de la vida, es el único componente de las estructuras esqueléticas; al avanzar el desarrollo, es reemplazado por tejido óseo. Recubre el interior de las articulaciones y evita su desgaste. También se encuentra en el pabellón auditivo y el extremo de la nariz.
- **Tejido óseo:** A las células de este tejido las llamamos *osteocitos*. Este tejido forma los huesos y, por tanto, participa en el movimiento y en la protección de diversos órganos. Si es denso y sin huecos, lo denominamos **compacto**; si presenta huecos, es **esponjoso**. Muchos huesos presentan ambos tipos de tejido.



## 2.3. Tejido muscular

Está formado por células denominadas **miocitos**. En su interior contiene las miofibrillas, formadas por **actina** y **miosina**, dos proteínas con capacidad contráctil. El tejido muscular puede ser:

- **Estriado:** Células grandes que han fusionado sus membranas celulares y presentan numerosos núcleos. Las miofibrillas están ordenadas y esto les da un aspecto estriado. La contracción es rápida y voluntaria (músculos que participan en la marcha).
- **Cardíaco:** Células estriadas mononucleadas, de contracción rápida e involuntaria. Se encuentran en el corazón y mantienen el latido cardíaco de manera constante a lo largo de toda la vida.
- **Liso:** Células pequeñas alargadas con un solo núcleo. Las miofibrillas se encuentran desordenadas y no se observan estrías. La contracción es lenta e involuntaria (movimientos del tubo digestivo).

## 2.4. Tejido nervioso

Está formado por dos tipos de células: neuronas y células gliales.

- Las **neuronas** son células muy especializadas que se caracterizan por su capacidad para generar y transmitir **impulsos nerviosos**, pequeñas corrientes eléctricas entre las neuronas. Constan de:

- Un **cuerpo neuronal**, con el núcleo y gran parte del citoplasma.
- Varias **dendritas**, prolongaciones de escasa longitud que rodean el cuerpo neuronal.
- Un **axón o cilindro eje**, que es una larga prolongación que parte del cuerpo neuronal. La transmisión del impulso nervioso siempre se efectúa desde la dendrita al axón. La conexión entre dos neuronas tiene lugar sin contacto fí-

sico, a través del espacio que las separa, la **sinapsis**.

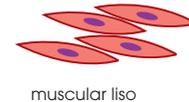
- Las **células gliales** se interponen entre las neuronas y pueden ser:
  - **Astrocitos:** Tienen aspecto estrellado y transportan sustancias nutritivas desde la sangre a las neuronas. También actúan como soporte, enlazando entre sí los distintos componentes del tejido.
  - **Microglías:** Tienen aspecto espinoso y son móviles; fagocitan sustancias de desecho y desempeñan una función defensiva.
  - **Células de Schwann:** Contienen mielina, una sustancia de gran importancia en la transmisión del impulso nervioso. Forman pequeñas envolturas en diferentes zonas a lo largo del axón.



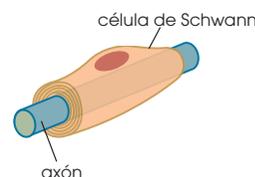
muscular cardíaco



muscular estriado

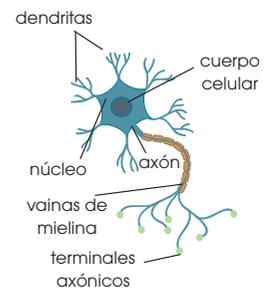


muscular liso



célula de Schwann

axón



### Y TAMBIÉN:

Los **estímulos** son variaciones del ambiente externo o del interior del cuerpo. Son transmitidos a los centros nerviosos que elaboran respuestas que serán enviadas a los órganos efectores. Estos llevan a cabo la respuesta.

4. **Explica** la función de los siguientes tejidos y células: *adipocitos, tejido óseo, tejido glandular, fibroblastos, mastocitos, microglías.*

5. **Contesta** las siguientes preguntas que se refieren a características del tejido muscular:

- ¿Cómo se llaman las células que lo constituyen?
- ¿Qué proteínas tienen estas células que permiten la contracción muscular?
- ¿Qué quiere decir que el tejido muscular liso tiene una contracción involuntaria?

## 3. SISTEMAS ANIMALES

### 3.1. Sistema digestivo

Todos los animales toman del exterior compuestos orgánicos y, mediante la **digestión**, los degradan parcialmente hasta obtener compuestos más sencillos que pueden ser absorbidos y utilizados por las células del organismo. Existe una gran variedad de mecanismos digestivos, que corresponden a las adaptaciones de los diferentes grupos de animales a sus condiciones de vida.

En los animales más sencillos, sin tejidos diferenciados, no existe un aparato especializado en la captación y digestión del alimento. Cada célula capta del exterior los nutrientes y los digiere. Esto implica que:

- Todas las células deben estar en **contacto con el medio** externo.
- La digestión es **intracelular**.

En los animales más complejos, la existencia de tejidos diferenciados permite la presencia de un aparato digestivo especializado en captar y digerir el alimento. Las células captan alimentos digeridos previamente. Por esta razón:

- **No** todas las células están en **contacto con el medio** exterior.
- La digestión es **extracelular**.
- Deben existir otros aparatos implicados en el **reparto de los nutrientes** a todas las células del organismo.

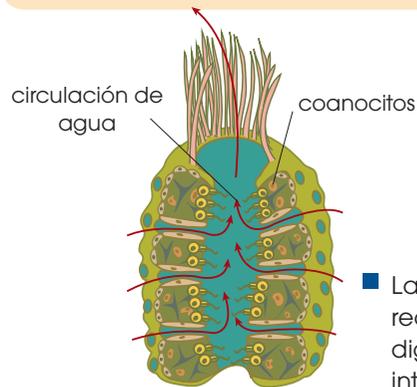
En un breve repaso, analizaremos los mecanismos de digestión más significativos desde el punto de vista evolutivo.

### Invertebrados

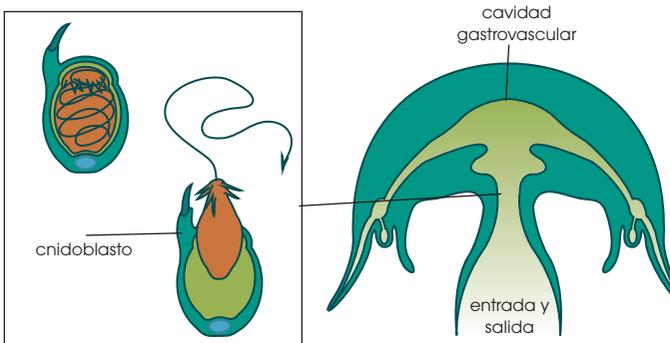
Las **esponjas** son los animales más simples. Se alimentan por **filtración**. El agua entra a través de poros inhalantes. Las sustancias alimenticias que contiene el agua son capturadas por unas células llamadas **coanocitos**. Este alimento será digerido en las vacuolas digestivas.

Los **cnidarios**, en cambio, capturan su alimento a partir de unas células urticantes, llamadas **cnidoblastos**, muy abundantes sobre todo en los tentáculos. Los cnidarios son, evolutivamente, el primer grupo que presenta tubo digestivo. Este tiene forma de saco, lo llamamos **cavidad gastrovascular** y presenta un solo orificio de entrada y salida. La digestión se realiza en esta cavidad, por lo que se trata de una digestión extracelular.

Según el tamaño del alimento que tomen, los animales pueden ser micrófagos o macrófagos. Los primeros se alimentan de partículas pequeñas que, normalmente, se encuentran en suspensión en el agua. Los macrófagos se alimentan de presas grandes y necesitan de apéndices bucales para apresar o para triturar el alimento.

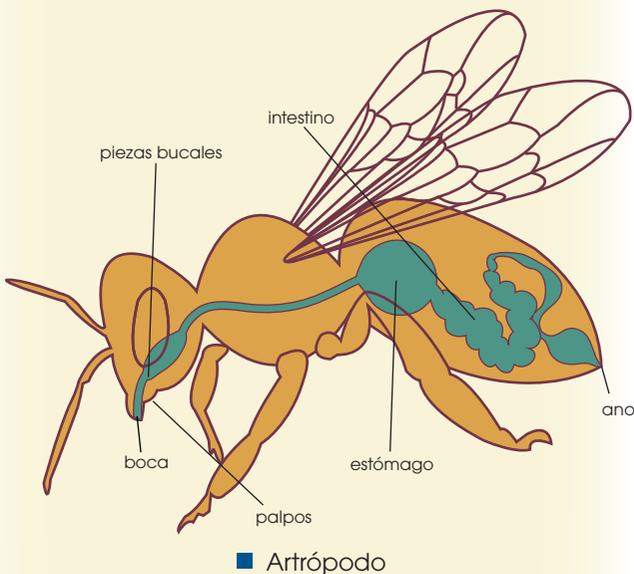
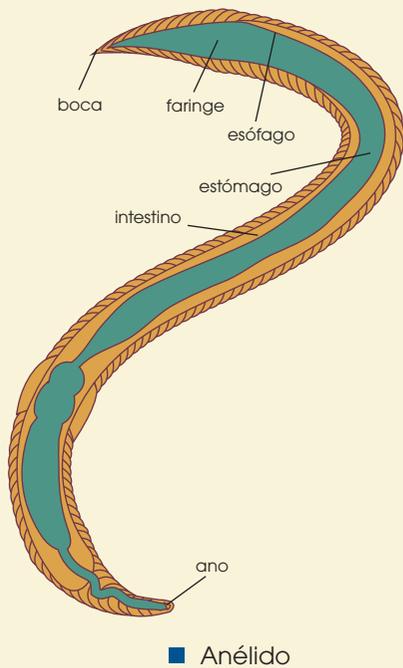
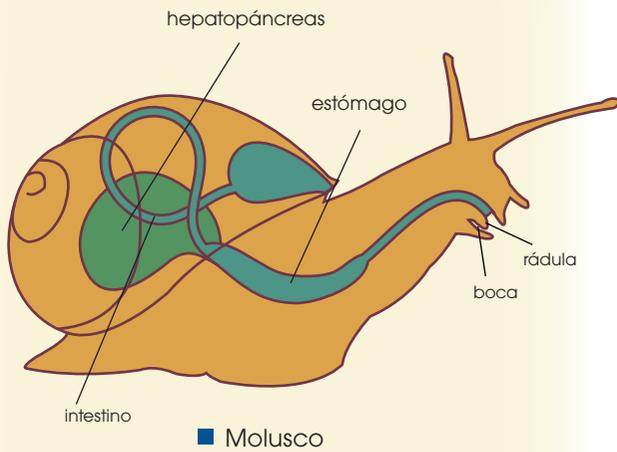


■ Las esponjas realizan una digestión intracelular.



Los **cnidoblastos** poseen un cnidocilio sensible al contacto y una vesícula llena de líquido urticante, donde se encuentra un filamento enrollado.

Cuando la posible víctima roza el cnidocilio, el cnidoblasto despliega su filamento, y le inyecta el líquido urticante, que paraliza a la presa.



La aparición del celoma determina la existencia de un sistema digestivo especializado. En los animales celomados aparece ya una **cavidad digestiva** que, con distintas adaptaciones propias de cada grupo, responde a las siguientes características básicas:

- Es un tubo abierto al exterior por dos orificios: la **boca**, para la entrada o **ingestión** de alimentos, y el **ano**, para la salida o **egestión** de residuos no absorbidos.
- A lo largo del tubo digestivo, distinguimos distintos **tramos especializados** en procesos diferentes. Relacionadas con la **boca**, aparecen estructuras que favorecen la captura y trituración del alimento.
- Existen **glándulas anexas** al tubo, especializadas en la secreción de sustancias que facilitan la digestión.

La **digestión** es **extracelular**, porque se realiza dentro del tubo digestivo, pero fuera de las células.

Los **nutrientes** obtenidos son **absorbidos** y **repartidos** a las células del resto del organismo mediante un sistema circulatorio de transporte.

En los **anélidos**, y otros grupos afines, el tubo digestivo es **alargado**. Consta de boca, faringe, esófago, estómago, intestino y ano, y posee glándulas anexas repartidas a lo largo de todo el recorrido.

En los **moluscos** aparece en la boca un órgano especial para raspar el alimento, la **rádula**. El intestino es largo y enrollado. Los moluscos contienen una víscera única y voluminosa, el **hepatopáncreas**.

En los **artrópodos**, especialmente en los insectos adaptados al medio terrestre, el tubo digestivo alcanza un mayor grado de especialización. Ello es una consecuencia de la necesidad de economizar el agua, ligada al desarrollo de la vida en el medio terrestre.

- Todos los artrópodos macrófagos tienen digestión en el **estómago**.
- Disponen de numerosas **piezas bucales** para masticar y triturar.
- Tienen **absorción intestinal** de nutrientes y, en su parte terminal, **reabsorción de agua** y formación de excrementos.

Los arácnidos son especiales, ya que no mastican y segregan enzimas digestivas sobre la presa. La **digestión** es parcialmente **externa**; luego absorben los líquidos resultantes de esta digestión previa.

## Vertebrados

Los distintos grupos presentan una estructura del aparato digestivo muy similar. Las di-

ferencias fundamentales se encuentran en las características de la boca, las glándulas anexas y el intestino grueso.



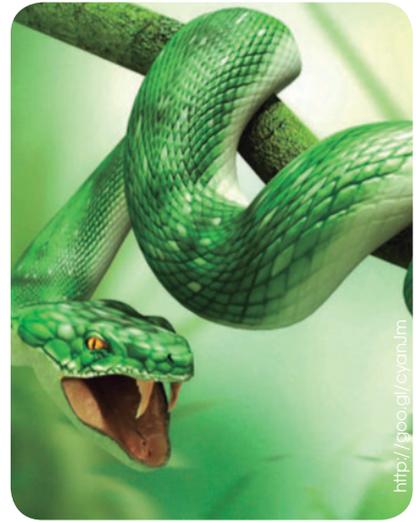
<http://goo.gl/Cw2rAx>



<http://goo.gl/NWRXkg>



<http://goo.gl/lc6Csx>



<http://goo.gl/cyanJm>

En los **osteíctios**, los dientes solo sujetan el alimento y la boca está en posición terminal. En los **condrictios**, la boca se sitúa en posición ventral, y tiene dientes muy cortantes, que son adaptaciones propias de grandes carnívoros. En ambos grupos, el hígado está muy desarrollado y separado del páncreas.

La presencia de glándulas salivales y lengua es una adaptación a la vida terrestre. Con ellas se humedecen los alimentos y se facilita su circulación por el sistema digestivo. En los **anfibios** la lengua se inserta en la parte anterior de la boca para proyectarse hacia fuera al capturar las presas. Se inicia la diferenciación entre el intestino delgado y el grueso.

En los **reptiles** ofidios, la lengua es bífida y la boca y el esófago son dilatables, para tragar grandes presas. Los dientes no trituran, solo sujetan.

En general, los reptiles presentan intestino delgado, intestino grueso y ciego totalmente diferenciados.

En las **aves**, el tipo de alimentación es muy variado. Existen especies frugívoras, granívoras y la mayoría, además, completa su dieta con la caza de insectos, larvas y otros invertebrados según la estación del año y la abundancia de alimentos.

Por este motivo, su proceso digestivo es laborioso, lo cual se pone de manifiesto en las características anatómicas de su aparato digestivo.

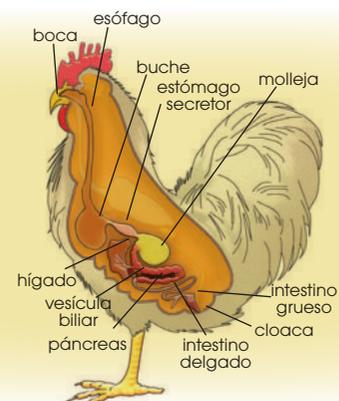
- El tubo digestivo es largo y en él distinguimos:
  - Buche**, para el reblandecimiento de granos y semillas.
  - Estómago secretor** de enzimas digestivos.
  - Estómago musculoso o molleja**, para la digestión mecánica o trituración de los alimentos.
- Aparece la **vesícula biliar**, para la acumulación de jugos procedentes del hígado y la regulación de su secreción.

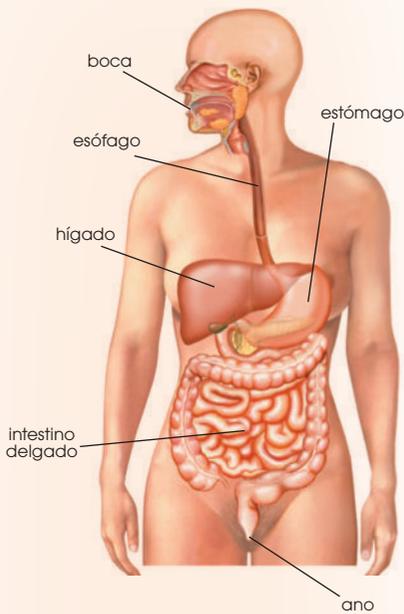
En los **mamíferos**, el aparato digestivo alcanza

la máxima complejidad.

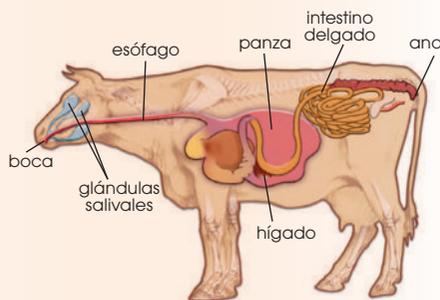
En general el tubo digestivo presenta:

- La boca con **labios** para succionar y mamar. Está separada de las fosas nasales por el **paladar**, lo que les permite respirar y masticar al mismo tiempo.
- La **lengua** es muy móvil y facilita la **deglución** del bolo alimenticio insalivado.
- El número de **piezas dentarias**, su forma e implantación en los maxilares dependen del tipo de alimentación.

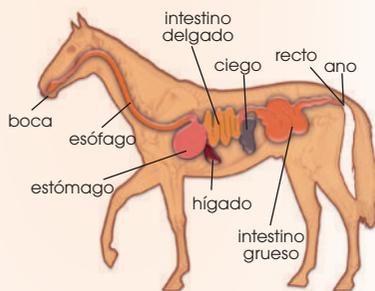




■ Omnívoro



■ Herbívoro rumiante



■ Herbívoro no rumiante

- El **cardias** y el **píloro** son válvulas situadas a la entrada y la salida del estómago, respectivamente, e impiden que el bolo retroceda.
- La forma y el tamaño del estómago dependen del tipo de alimentación. La máxima especialización se encuentra en los **rumiantes**, que se han adaptado a la **digestión de la celulosa**.
- En el intestino delgado se diferencian: duodeno, yeyuno e íleon, cuya parte terminal desemboca en el **ciego** del intestino grueso.

Sobre estas características generales, se presentan adaptaciones, debidas a las diferencias entre *nutrición herbívora* o *carnívora*.

Los mamíferos no segregan enzimas para digerir la celulosa, pero pueden utilizarla si se encuentra en su intestino un tipo de bacterias simbiotas que la degradan por fermentación. En función de su capacidad para utilizar la celulosa, distinguimos tres tipos de mamíferos:

- **Los carnívoros**, como el perro, y los **omnívoros**, como el ser humano, no digieren la celulosa, debido al reducido tamaño del ciego y el colon, órganos en los que se encuentran las bacterias que degradan estas sustancias.
- **Los herbívoros no rumiantes**, como el caballo, aprovechan solo una parte de la celulosa que ingieren, ya que aunque el ciego y el colon están bastante desarrollados, el tiempo de permanencia del bolo alimenticio en ellos es relativamente corto.
- **Los herbívoros rumiantes**, como la vaca, tienen una parte de su estómago, denominada **panza**, especializada en alojar a las bacterias que degradan la celulosa. En ella se hace la digestión e, incluso, se inicia la absorción, y continúa en el resto del tubo digestivo.

En los dibujos podemos observar algunas características morfológicas determinadas por el tipo de alimentación:

- El tubo digestivo es **corto en los carnívoros** y **largo en los herbívoros rumiantes**. Así, se facilita en estos últimos la digestión total de la celulosa y su absorción.
- Los herbívoros **no rumiantes** tienen el **ciego muy desarrollado**, mientras que en los **rumiantes** está **muy reducido**, ya que la digestión de la celulosa se ha completado prácticamente en su estómago.
- El **hígado** es de tamaño **reducido en herbívoros** y **muy desarrollado en carnívoros**, pues estos últimos ingieren muchas proteínas que requieren, para su digestión, enzimas específicas.

### 3.2. Sistema respiratorio

También en este caso distinguimos:

- Una **respiración interna** que tiene lugar en el interior de las células y que se produce según la reacción química vista anteriormente.
- Una **respiración externa** o **ventilación** que se produce entre los individuos y su medioambiente.

Las características de la respiración de los animales dependen de la estructura del cuerpo y de su medioambiente.

- **La respiración directa:** Es aquella en la que no existen estructuras especializadas para la respiración: el oxígeno del agua pasa por difusión al interior de todas las células. Estas, a su vez, liberan el  $\text{CO}_2$  por difusión al agua. Se presenta, por tanto, en organismos acuáticos sencillos, como los poríferos, los celenterados, los platelmintos y los nemátodos.
- **La respiración indirecta:** Es aquella que requiere la presencia de un órgano respiratorio, capaz de realizar el intercambio gaseoso. Este órgano respiratorio se caracteriza por presentar un epitelio delgado y muy vascularizado (con muchos vasos sanguíneos). Destaca también la presencia de líquidos y pigmentos que circulan por el organismo para hacer más efectivo el transporte de gases. Es propia del resto de invertebrados y de todos los vertebrados.

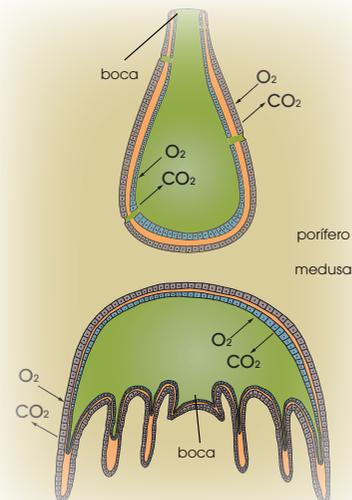
Aunque forman parte del sistema circulatorio, que se trata a fondo en la segunda parte de esta unidad, en la descripción de los mecanismos respiratorios se explican, muy a menudo, las características del líquido circulante así como de los pigmentos respiratorios, debido a la íntima relación que existe entre *respiración externa*, o *ventilación*, y *circulación*, o *transporte*.

Los órganos especializados en la respiración externa dependen sobre todo de las características del medio con el cual se deben realizar los intercambios.

En la atmósfera, la concentración de oxígeno es de unos 210 ml de oxígeno por litro de aire. En el agua esta concentración es muy inferior: entre 5 y 8 ml de oxígeno por litro.

- En los animales que toman el oxígeno del aire, la **velocidad de difusión** de los gases a través de las membranas respiratorias es muy **elevada**. Sin embargo, se ven amenazados por el **peligro de desecación**, que evitan encerrando las membranas en cavidades especiales y dotándolas de mecanismos que las mantengan húmedas.
- En el medio acuático, los animales fuerzan el movimiento del agua en torno a las branquias, para mejorar así la **velocidad de difusión**, que de otro modo sería muy **baja** o incluso **inexistente**. Por otro lado, **no** corren el **peligro de desecación** que mencionábamos para los animales terrestres.

Vamos a conocer los cuatro tipos de respiración indirecta: cutánea, traqueal, branquial y pulmonar.



En los animales, tanto acuáticos como terrestres...

- La región donde se intercambian los gases está separada del medio por un sistema de membranas.
- Los gases que atraviesan el sistema de membranas (entrada de  $\text{O}_2$  y salida de  $\text{CO}_2$ ) están siempre disueltos en agua.
- El sistema de membranas debe estar siempre húmedo para ser funcional.
- Los gases atraviesan las membranas por difusión (sin gasto energético).

## Respiración cutánea

- Propia de animales que habitan **ambientes terrestres y húmedos**.
- El oxígeno y el dióxido de carbono se difunden a través de la **piel**.

Ambos gases son transportados por pigmentos respiratorios.

## Respiración traqueal

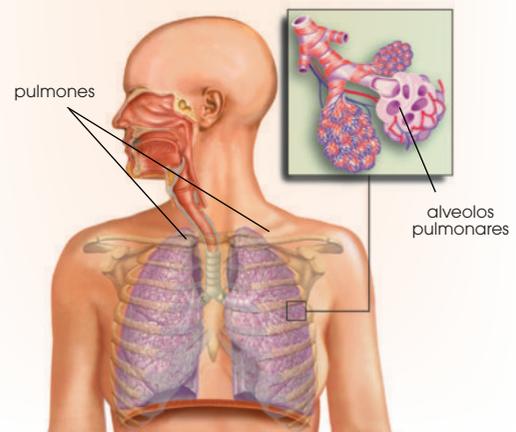
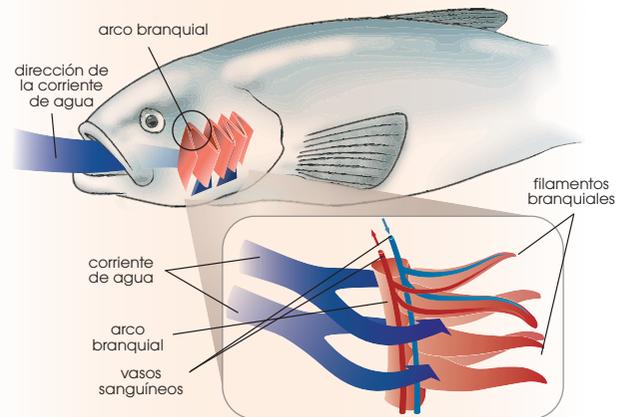
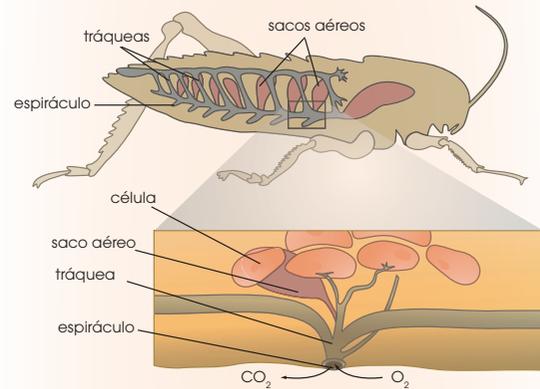
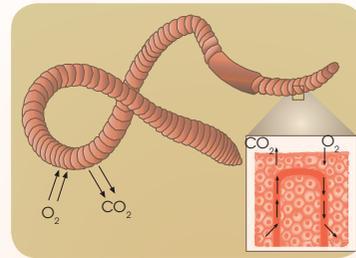
- Es propia de los  **artrópodos**.
- Las **tráqueas** son una red de tubos que recorren el cuerpo del animal y que comunican con el exterior a través de un **espiráculo**.
- Las tráqueas, que están impermeabilizadas para evitar la pérdida de agua, se dividen en **traqueolas**.
- Las traqueolas llegan a todas las células del cuerpo, por lo que no es necesario un sistema de transporte de gases ni pigmentos respiratorios.

## Respiración branquial

- Se presenta en **animales acuáticos**, pero también en algunos **terrestres**.
- Las **branquias** están formadas por membranas especializadas en captar el  $O_2$  disuelto en el agua.
- Existen dos tipos de branquias, las internas, presentes en larvas de anfibios, y las externas, en peces y artrópodos.
- El oxígeno captado es transferido al líquido circulante; el  $CO_2$  sale de las células y es transportado también por ese líquido.
- Ambos gases viajan unidos a pigmentos o proteínas transportadoras hasta su destino.

## Respiración pulmonar

- Es propia de los **animales terrestres**.
- Los **pulmones** son bolsas membranosas situadas en el interior del cuerpo en las que tiene lugar el intercambio de gases.
- Suele haber un par de pulmones, aunque existen ejemplos, como las serpientes que presentan uno solo.
- El oxígeno se transfiere desde los pulmones al líquido circulante; el dióxido de carbono realiza el paso inverso.
- Existen pigmentos especializados en el transporte de ambos gases.



## Invertebrados

Los **anélidos** son un grupo variado en el que encontramos representantes acuáticos y terrestres:

- Los terrestres viven en ambientes muy húmedos y tienen respiración **cutánea**, es el caso de la lombriz de tierra.
- Los acuáticos tienen respiración **branquial**, como es el caso de la sanguijuela.

Los pigmentos respiratorios pueden ser la hemoglobina, de color rojo; la hemeritrina, de color rosado; la clorocruorina, de color verde. Estos confieren un color específico al líquido circulante.

En los **moluscos**, los órganos respiratorios se encuentran en el interior de la cavidad paleal y reciben el nombre de **ctenidio**, por tener un aspecto plumoso que sirve para incrementar la superficie de intercambio de gases. En los moluscos acuáticos se corresponde con las **branquias**, y en los terrestres con una cámara de función similar al **pulmón**, ya que está rodeada de vasos sanguíneos que favorecen el intercambio gaseoso.

Para aumentar la eficacia del intercambio de gases en las branquias, en los moluscos acuáticos el líquido circulante se desplaza en sentido contrario al flujo del agua. En los cefalópodos, este intercambio también se ve favorecido por la circulación del agua provocada por los movimientos de propulsión del cuerpo.

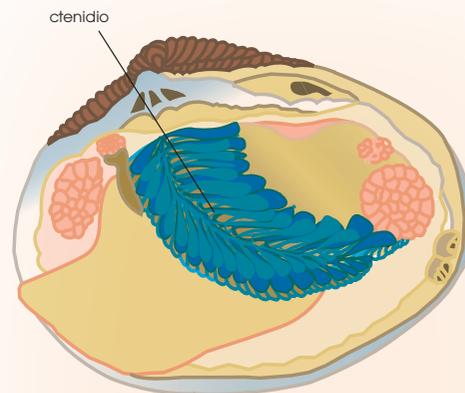
El pigmento respiratorio de los moluscos es la hemocianina, que tiene una tonalidad azulada.

En el caso de los **artrópodos** encontramos especies:

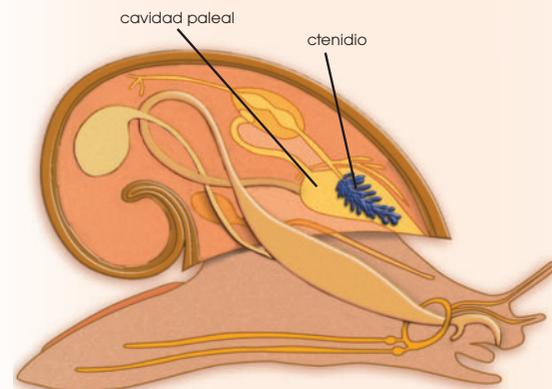
- **Acuáticas:** Respiran por **branquias** situadas en la base de sus apéndices. El movimiento de estos asegura una mayor circulación del agua por cada branquia. El pigmento

respiratorio es la **hemocianina**. La mayoría de los crustáceos respira de este modo.

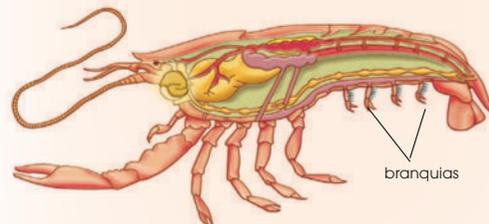
- **Terrestres:** Desarrollan un sistema respiratorio específico, las **tráqueas**. Este mecanismo respiratorio es característico de los insectos y los arácnidos. Distinguimos dos tipos de tráqueas: las filotráqueas y las dendrotráqueas.



■ Molusco acuático. Bivalvo



■ Molusco terrestre. Gasterópodo



■ Artrópodo acuático. Crustáceo

Las **filotráqueas** son unas invaginaciones globosas que se encuentran en el interior del cuerpo y tienen la pared interna recubierta de láminas donde se intercambian los gases. Al líquido circulante lo denominamos **hemolinfa** y el pigmento es la hemocianina. Este tipo de respiración es característico de los arácnidos.

Las **dendrotráqueas** son invaginaciones en forma de tubos reforzados por quitina. Se abren al exterior por los espiráculos y se ramifican por el interior del cuerpo. En este caso, el transporte de gases por el cuerpo no requiere de la ayuda de la hemolinfa. Se presentan en los insectos.

## Vertebrados

Atendiendo a la respiración, existen dos grandes grupos de vertebrados: los peces, que están adaptados a la vida acuática, y los vertebrados tetrápodos (llamados así porque presentan cuatro extremidades), que están adaptados a la vida terrestre. En este último grupo, incluimos a los mamíferos que conquistaron el medio acuático después de su adaptación al medio terrestre, como es el caso de las ballenas, las orcas y los delfines.

Todos los vertebrados se caracterizan por:

- La presencia de un pigmento transportador denominado *hemoglobina*, que se encuentra en el interior de células especializadas llamadas *glóbulos rojos*.
- La existencia de un líquido circulante, llamado *sangre*.

Los peces respiran por branquias.

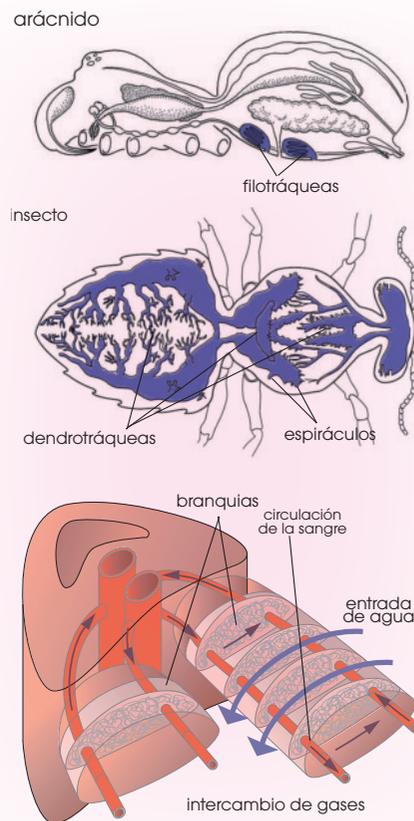
- Están formadas por una doble lámina, sostenida por un arco branquial. Cada

lámina está integrada por una hilera de filamentos muy vascularizados.

- Las branquias presentan una elevada eficacia, ya que captan el 80% del oxígeno disuelto en el agua.

En los peces cartilaginosos o condictios el agua entra por el espiráculo (que en el tiburón es lateral) y se dirige a las hendiduras branquiales, por donde sale.

Estos peces no pueden impulsar el agua desde el espiráculo a las hendiduras branquiales; el propio movimiento del pez es el que permite la circulación del agua.



6. En la respiración se obtiene  $\text{CO}_2$ . ¿Podrías decir cuántas moléculas de  $\text{CO}_2$  se obtienen a partir de una molécula de glucosa? ¿Dónde se produce esta reacción? ¿Con qué nombre se conoce a este tipo de respiración?
7. Si el porcentaje de oxígeno presente en el agua es mucho menor que en la atmósfera, ¿cómo consiguen captarlo con eficiencia los organismos acuáticos?
8. **Elabora** una relación de los diferentes pigmentos respiratorios de los invertebrados e **indica** el color que los caracteriza.

En los **peces óseos** u **osteictios** existen normalmente cuatro pares de branquias repartidos a ambos lados de la cabeza y cubiertos por un opérculo.

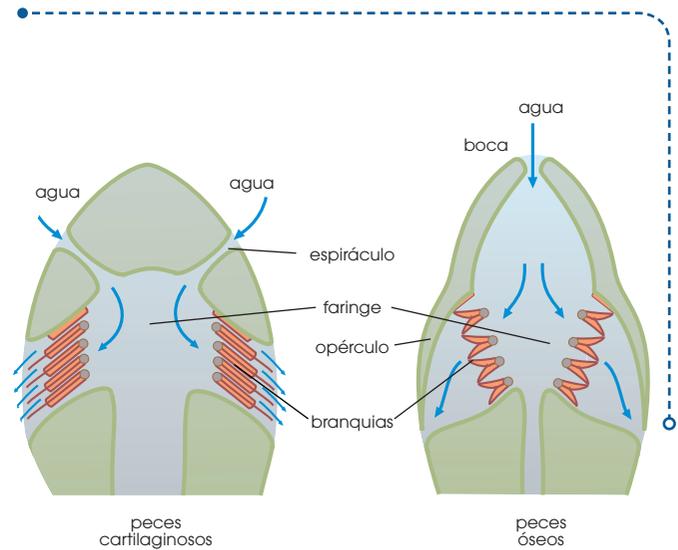
- En la inspiración, el pez abre la boca, el agua entra en la cavidad bucofaringea y queda retenida en la cavidad branquial porque el opérculo la cierra.
- En la espiración, el pez cierra la boca, se contraen las paredes de la cavidad bucofaringea y se levanta el opérculo, por donde sale el agua.

Los **vertebrados tetrápodos** (anfibios, reptiles, aves y mamíferos) tienen respiración pulmonar, con un aparato respiratorio en el que podemos observar órganos comunes a todos los grupos. En los **anfibios**, podemos comprobar claramente que el tipo de respiración de un animal es el que mejor se adapta al medio en que vive. El proceso es el siguiente:

- El aire entra por las fosas nasales, que se abren a la cavidad bucal.
- Los movimientos de deglución (hundimiento y elevación del suelo de la boca) favorecen el paso de aire desde la boca a la faringe y a los pulmones.
- Existen otras dos zonas de intercambio de gases: el interior de la boca y la faringe, que están muy vascularizadas, y la piel desnuda, vascularizada y siempre húmeda.

Todos los **reptiles** tienen los órganos respiratorios adaptados a la vida terrestre.

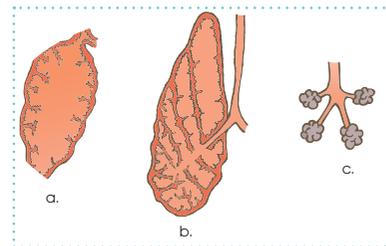
- La respiración es **pulmonar**, ya que tienen una piel impermeable que impide cualquier intercambio de gases. Los pulmones captan el oxígeno necesario para la actividad de estos animales. El desprendimiento de dióxido de carbono es bajo y poco eficiente, con lo cual soportan un alto contenido de este gas en los tejidos y en la sangre.
- Aparece un **paladar** no óseo que permite separar la cavidad bucal de las vías respiratorias; pueden masticar y respirar al mismo tiempo.
- En algunas especies, la **laringe** puede producir sonidos. Un ejemplo de ello son los silbidos que emiten los ofidios o serpientes.



Las **larvas**, que son acuáticas, respiran por **branquias**. En el caso de la larva de tritón, esta posee branquias externas.



Los **adultos** combinan la respiración **cutánea** con la **pulmonar**. Los pulmones son pequeños y con pocos alveolos; por lo tanto, la superficie para el intercambio de gases es reducida.



- Evolución de la superficie de absorción pulmonar:
  - a. pulmón de anfibio
  - b. pulmón de reptil
  - c. alveolo de pulmón de mamífero

Las **aves** exigen una gran eficacia respiratoria, puesto que el vuelo supone un gran trabajo muscular, y el proceso de obtención de la energía para desarrollarlo necesita un gran aporte de oxígeno.

Sin embargo, su morfología aerodinámica no puede dar cabida a grandes pulmones. Por ello, además de las estructuras comunes a todos los vertebrados tetrápodos, presentan algunas adaptaciones a su modo de vida.

- Presentan **sacos aéreos** membranosos en conexión con los pulmones y los **huesos neumatizados**, huesos especializados en los que la médula ha sido reemplazada por aire, para aligerar el peso del animal.

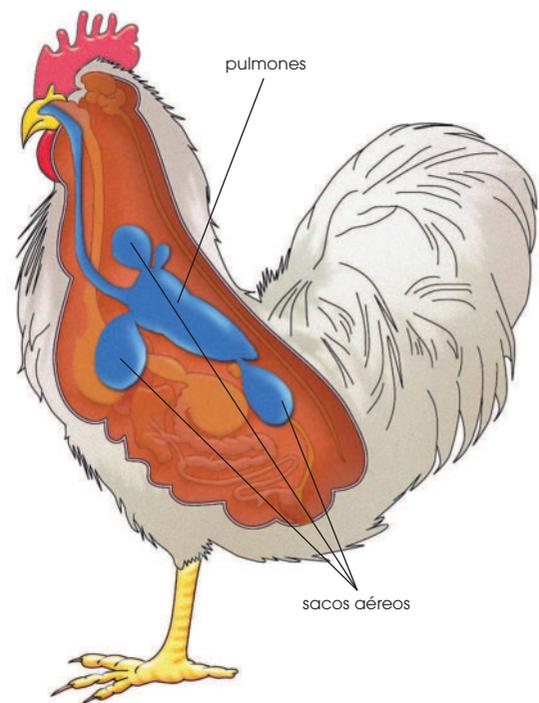
Los sacos aéreos contribuyen a aligerar el peso del animal y completan la función pulmonar como reserva de aire. Sin sobrecargar el peso, dedican una parte importante del volumen de su cuerpo al aparato respiratorio.

- En la zona de unión entre la tráquea y los bronquios, la inmensa mayoría de las aves presenta la **siringe**, órgano fonador que les permite el canto.

Los **mamíferos** presentan un aparato respiratorio similar al de todos los vertebrados tetrápodos, pero con algunas adquisiciones bastante ventajosas:

- El **gran desarrollo pulmonar**, con numerosas ramificaciones en los bronquiolos y, por tanto, gran número de alveolos. Esto supone una gran superficie para el intercambio de gases.

- La formación de dos **pleuras** o membranas protectoras que recubren los pulmones y la pared interna de la caja torácica. Entre ellas se encuentra el líquido pleural con función lubricante. El conjunto protege y facilita el desplazamiento de los pulmones al compás del movimiento de la caja torácica.
- La formación del **diafragma**, un músculo esencial en los movimientos ventilatorios, que aísla los pulmones de todas las vísceras de la cavidad abdominal.
- La aparición de **paladar óseo**.



9. Los peces y los poríferos son animales acuáticos. ¿Puedes explicar qué diferencias existen entre ellos en la manera de obtener el oxígeno disuelto en el agua?
10. ¿Por qué se dice que los órganos respiratorios terrestres más evolucionados y adecuados son los pulmones?
11. ¿Qué son las *branquias externas*? ¿Y las internas? Razona cuáles son más evolucionadas.
12. **Explica** los siguientes conceptos:

- *ctenidio*
- *arco branquial*
- *huesos neumatizados*
- *líquido pleural*

### 3.3. Sistema circulatorio

En los animales, la presencia del medio interno surge como una necesidad para mantener un ambiente para las células con unas características constantes. Como sabemos, los dos componentes del medio interno son:

- El **líquido intersticial** donde viven inmersas todas las células.
- El **líquido circulante** que se desplaza por el organismo como vehículo de transporte.

Al mismo tiempo que aumenta la complejidad de la organización celular y el tamaño en los distintos grupos de animales, se plantea la necesidad de vasos conductores para el transporte del líquido circulante, así como un órgano impulsor que lo bombee. Por ello, presentan un **aparato circulatorio** con las siguientes funciones:

1. La sangre recoge los nutrientes y los pone al alcance de las células.
2. La sangre facilita el  $O_2$  a las células y recoge el  $CO_2$  procedente de la respiración.
3. La sangre recoge los residuos metabólicos.
4. La sangre transporta hormonas, anticuerpos y células fagocitarias (leucocitos).
5. En animales homeotermos, la sangre colabora en la regulación de la temperatura.

### Invertebrados

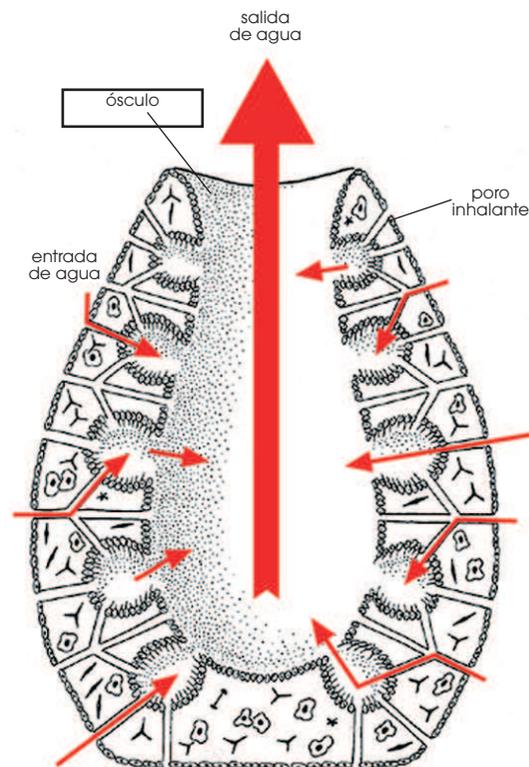
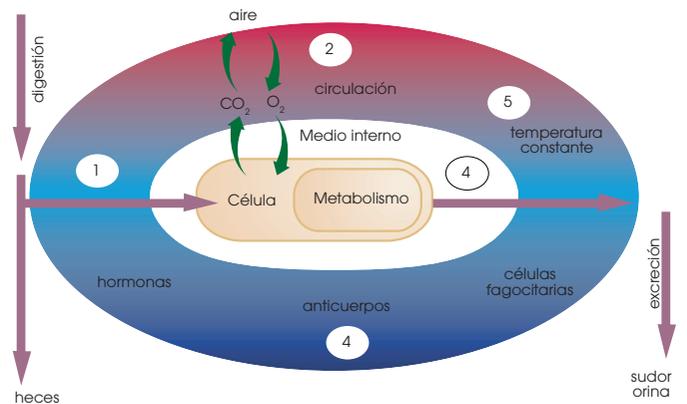
Los invertebrados pueden presentar dos tipos de circulación: **abierta**, si, en un momento de su recorrido, el líquido circulante sale de los vasos que lo conducen y se extiende por los tejidos; **cerrada**, cuando el líquido circulante siempre se desplaza contenido en los vasos.

En algunos grupos, no existe un líquido circulante claramente diferenciado; es el caso de las esponjas y los equinodermos.

Las **esponjas** tienen como líquido circulante **agua exterior** que ponen en movimiento por el interior del cuerpo.

- El animal **succiona** el agua que penetra por los poros inhalantes y la impulsa hacia numerosos conductos y cavidades.

- Las células que revisten los conductos y cavidades **captan** el  $O_2$  y los nutrientes disueltos en el agua, y expulsan a ella el  $CO_2$  y los metabolitos residuales.
- Finalmente, el agua **sale** por el ósculo u orificio principal.



■ Circulación del agua en una esponja

Prohibida su reproducción

En el sistema circulatorio de los **anélidos**, al líquido circulante lo denominamos **hemolinfa** y toma el color del pigmento respiratorio disuelto según las especies: hemoglobina (roja), hemeitrina (rosa) o clorocruorina (verde).

La **circulación** es **cerrada**, ya que la hemolinfa discurre siempre por el interior de un sistema de vasos conductores.

- Un gran **vaso dorsal** reparte la sangre desde atrás hacia delante, gracias a la contracción de sus paredes musculosas. A partir de él, surgen ramificaciones hacia todos los órganos del cuerpo.
- De los órganos, salen pequeños vasos que se reagrupan hasta reunirse **ventralmente** y formar **vasos** de mayor calibre.

Los **moluscos** pueden presentar un **sistema circulatorio abierto** (gasterópodos y bivalvos) o **cerrado** (cefalópodos). La hemolinfa suele presentar como pigmento respiratorio la hemocianina, que le da color azul.

En los **artrópodos**, el líquido circulante es la **hemolinfa** y los pigmentos suelen ser hemoglobinas (rojas) y hemocianinas (azules).

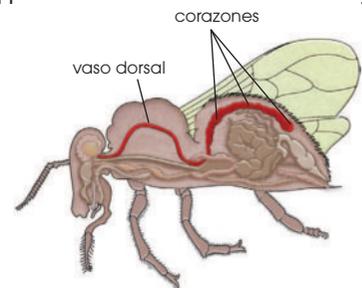
La circulación es **abierta**.

- Un gran **vaso dorsal**, formado por diversas cavidades separadas por válvulas, impulsa la hemolinfa de modo similar a un corazón.
- Cuando las cavidades del vaso se con-

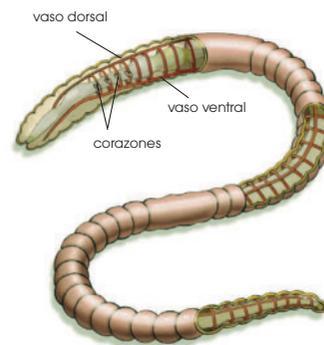
traen, el líquido es repartido por las arterias hasta las **lagunas hemocélicas**, lugares donde se acumula la hemolinfa. Desde ellas, la hemolinfa baña directamente los órganos.

- Cuando las cavidades del vaso se relajan, la hemolinfa penetra en ellas.

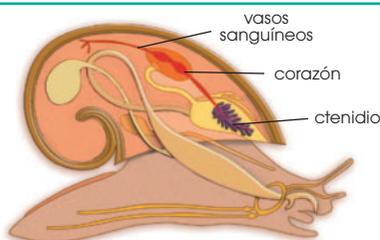
Las especies que respiran por **filotráqueas** tienen un sistema de circulación **más reducido** que las que respiran por **dendrotaráqueas** o **branquias**. Ello se debe a que las primeras son muy eficientes en la distribución de los gases respiratorios y el sistema circulatorio solo se precisa para el transporte de las sustancias resultan alimentos.



■ Insecto

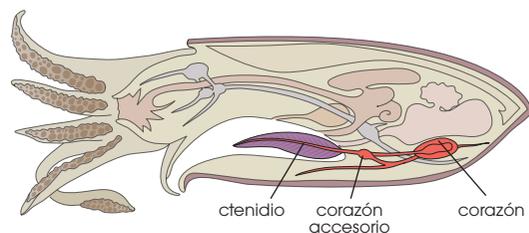


■ Anélido

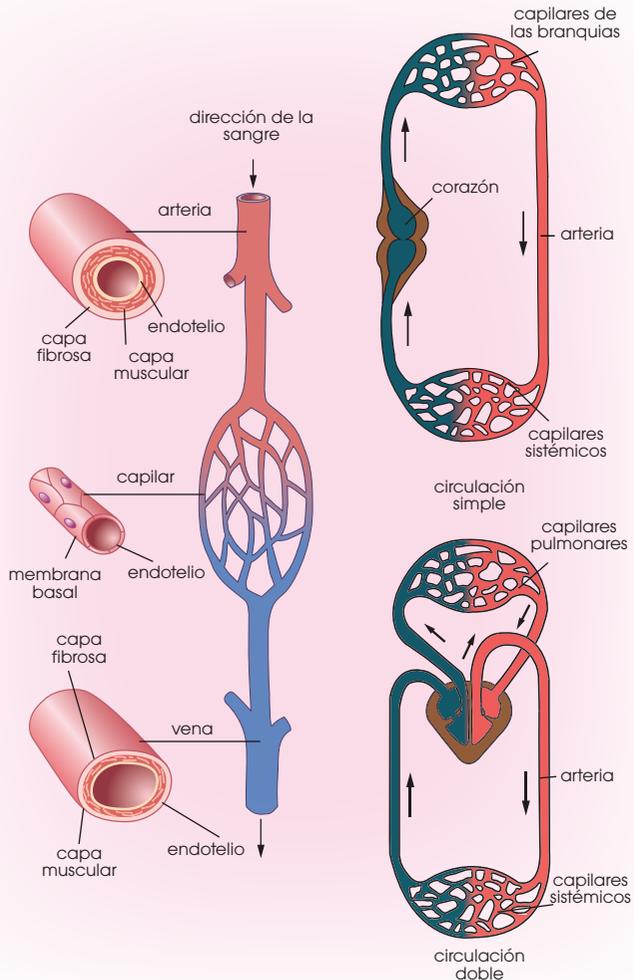


En **gasterópodos** y **bivalvos** la hemolinfa es bombeada por el corazón, protegido por una cubierta membranosa o pericardio.

Del corazón salen vasos que van al hemoceloma, que baña todas las células del cuerpo. Mediante los vasos sanguíneos, la hemolinfa retorna al corazón.



En **cefalópodos**, además del corazón principal, existe un sistema de corazones situados a nivel de las branquias, para aumentar el volumen de intercambio de gases.



## Vertebrados

En todos los vertebrados, el sistema de circulación es **cerrado**.

- La **sangre** es el líquido circulante; el pigmento respiratorio es la **hemoglobina**. Esta es de color rojo y está contenida en los hematíes o glóbulos rojos. Otros elementos celulares sanguíneos son los leucocitos, con función defensiva, y fragmentos celulares denominados *plaquetas*, que intervienen en los procesos de coagulación.

El **plasma** es el líquido en el que se encuentran inmersos todos los componentes de la sangre.

- El aparato circulatorio consta de un **corazón** y un conjunto extenso de vasos sanguíneos.
  - El **corazón** es el órgano impulsor de la sangre; presenta unas cavidades, aurículas y ventrículos, que se contraen y relajan rítmicamente.
  - Los vasos sanguíneos reciben el nombre de **venas** cuando ellos, o sus prolonga-

ciones, devuelven la sangre al corazón, independientemente de la cantidad de oxígeno que contiene esta sangre.

- Las **arterias** son los vasos que salen del corazón para distribuir la sangre por el cuerpo a través de sus ramificaciones, independientemente de la cantidad de oxígeno contenida en dicha sangre.

Arterias y venas tienen una membrana interna de recubrimiento o **endotelio**, una capa media **muscular** y una capa externa **fibrosa**.

- Conectando las arterias y las venas, existe una red de vasos de diámetro pequeño. Son los **capilares**, formados por una capa interna o **endotelio** y una capa externa de tejido conjuntivo o **membrana basal**.

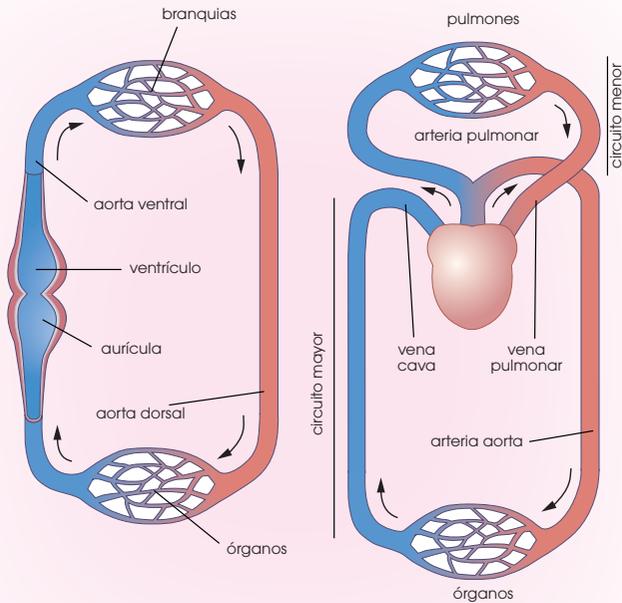
Las **arterias**, que reciben de lleno el empuje y la presión de la sangre bombeada por los ventrículos, tienen una musculatura potente y sus paredes son **muy elásticas**.

Las **venas** tienen las paredes más **flácidas** y las de calibre medio poseen válvulas, para impedir el retroceso de la sangre.

- Como sistema circulatorio auxiliar se encuentra el **sistema linfático**. Por él, mediante un conjunto de ganglios y vasos distintos de los sanguíneos, circula la **linfa**, un líquido que procede del drenaje del líquido intersticial y contiene las células que participan en la respuesta inmunitaria.

En los vertebrados, la circulación puede ser:

- **Simple:** Existe un solo circuito por el que se mueve la sangre para recorrer todo el cuerpo, la sangre pasa una sola vez por el corazón.
- **Doble:** Hay dos circuitos diferenciados y la sangre debe pasar dos veces por el corazón para completar su recorrido por el cuerpo.
- **Incompleta:** Se produce una mezcla de sangre rica en oxígeno y sangre pobre en este gas.
- **Completa:** No hay mezcla de los dos tipos de sangre.



■ Sistema circulatorio de un pez

■ Sistema circulatorio de un vertebrado tetrápodo

Los **peces** tienen un corazón, con una aurícula y un ventrículo, situado en posición ventral y muy cerca de las branquias.

- Del corazón sale la arteria **aorta ventral**, que se ramifica en arterias branquiales.
- Estas arterias penetran en las branquias, donde la hemoglobina se carga de  $O_2$ . La sangre sale por la **aorta dorsal**, que reparte la sangre oxigenada y los nutrientes por el cuerpo a través de los capilares.
- La sangre empobrecida en  $O_2$  y nutrientes es recogida por las venas y transportada a la aurícula del corazón.

En los peces, la sangre recorre todo el cuerpo, pasando una sola vez por las cavidades cardíacas y nunca se mezcla sangre rica en  $O_2$  con sangre pobre en dicho gas.

Por tanto, la circulación de los peces es **simple** y **completa**.

Todos los **vertebrados tetrápodos** tienen un sistema de circulación **doble**, ya que se distingue un circuito menor y un circuito mayor.

- El circuito menor conecta el aparato circulatorio con el aparato respiratorio haciendo posible el intercambio de gases.

—La sangre sale del ventrículo y, mediante las arterias pulmonares, llega a los pulmones para cargarse de  $O_2$ .

—Luego regresa a la aurícula izquierda del corazón mediante las venas pulmonares.

- El circuito mayor distribuye la sangre por todo el cuerpo y, una vez realizado todo el recorrido, la devuelve al corazón.

—La sangre enriquecida en oxígeno parte del ventrículo, a través de la arteria aorta, y recorre todos los órganos del cuerpo mediante la red de capilares arteriales.

—Los capilares venosos se encuentran a la salida de los órganos y se agrupan formando vasos de mayor calibre: las venas. Estas desembocan en las grandes venas cavae, que entran en la aurícula derecha.

Al analizar los distintos grupos de vertebrados tetrápodos, observamos las siguientes características:

En **anfibios** adultos, el corazón presenta dos aurículas, que no se contraen al mismo tiempo, y un solo ventrículo.

La circulación en los anfibios es **doble** e **incompleta**.

En los **reptiles**, el corazón presenta dos aurículas y un ventrículo.

Esta cavidad ventricular se encuentra parcialmente tabicada; por lo cual, la mezcla de sangre rica en  $O_2$  procedente de la aurícula izquierda y sangre pobre en  $O_2$  que llega por la aurícula derecha, es mínima.

Debido a ello, la circulación es **doble** y casi completa en reptiles y totalmente **completa** en los cocodrilos.

Las **aves** y los **mamíferos** tienen el corazón dividido en dos aurículas y dos ventrículos totalmente independientes. Entre las aurículas y los ventrículos existen válvulas que impiden que la sangre retroceda por el interior del corazón. Su circulación es **doble** y **completa**.

### 3.4. Sistema nervioso

El sistema nervioso adquiere una mayor complejidad a medida que se avanza en la escala evolutiva. La siguiente tabla resume las características del sistema nervioso de algunos grupos de invertebrados

#### Vertebrados

En los vertebrados, el sistema nervioso alcanza un mayor desarrollo.

En él distinguimos las siguientes estructuras:

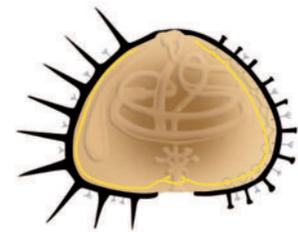
- **Centros nerviosos**, formados por el encéfalo y la médula espinal.

Reciben la información sensorial, la procesan y emiten respuestas.

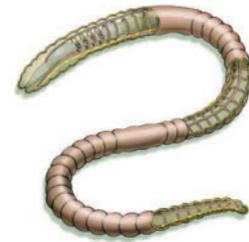
- **Ganglios nerviosos**, formados por la agrupación de cuerpos neuronales. Se encuentran en el trayecto de algunos nervios.
- **Fibras nerviosas**, que son los axones de las neuronas, a través de los que se transmiten los estímulos o las respuestas a estos.
- **Nervios**, formados por la unión de fibras nerviosas.

Estas estructuras se organizan formando el sistema nervioso central y el sistema nervioso periférico.

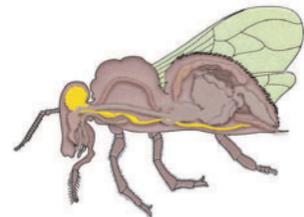
<b>Sin sistema nervioso</b>	Los <b>poríferos</b> solo poseen <b>células nerviosas dispersas</b> .	
<b>Redes nerviosas</b>	En los <b>cnidarios</b> las neuronas están dispersas pero conectadas formando una red nerviosa. Los impulsos nerviosos viajan así en todas direcciones.	
<b>Anillos nerviosos</b>	Propios de los <b>equinodermos</b> . El sistema nervioso está formado por una serie de <b>anillos nerviosos</b> de los que parten los nervios radiales.	
<b>Sistemas nerviosos bilaterales</b>	Los animales con simetría bilateral tienen un mayor número de células nerviosas que se suelen concentrar:	<b>Anélidos:</b> Las neuronas se agrupan en <b>ganglios</b> , que se distinguen en cada segmento del cuerpo. Existe un <b>cerebro</b> que centraliza toda la información.
	—En un extremo del animal, normalmente en posición ventral y frontal.	<b>Artrópodos:</b> Los <b>ganglios</b> se fusionan en la región frontal formando un <b>cerebro</b> .
	—Formando cordones que se pueden transformar en ganglios, nervios o centros nerviosos.	<b>Moluscos:</b> De este grupo, los bivalvos y gasterópodos poseen un centro nervioso en forma de <b>anillo ganglionar</b> mientras que los cefalópodos poseen un <b>cerebro</b> .



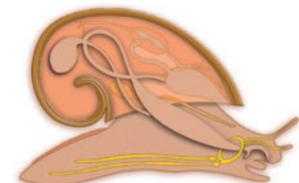
■ Sistema nervioso de un equinodermo



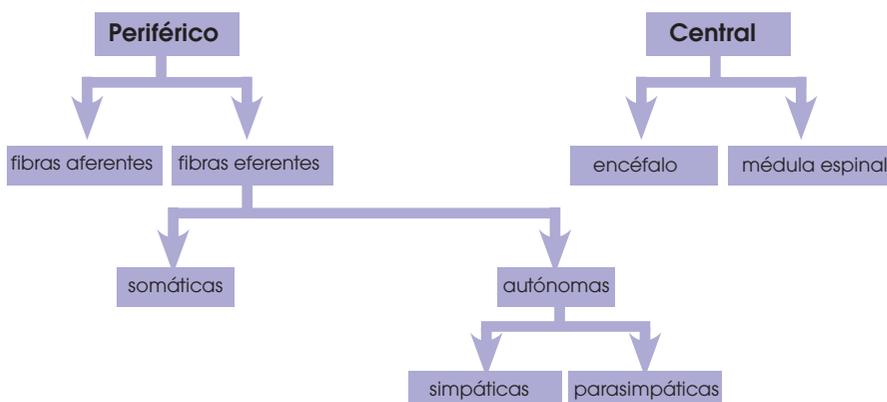
■ Sistema nervioso de un anélido

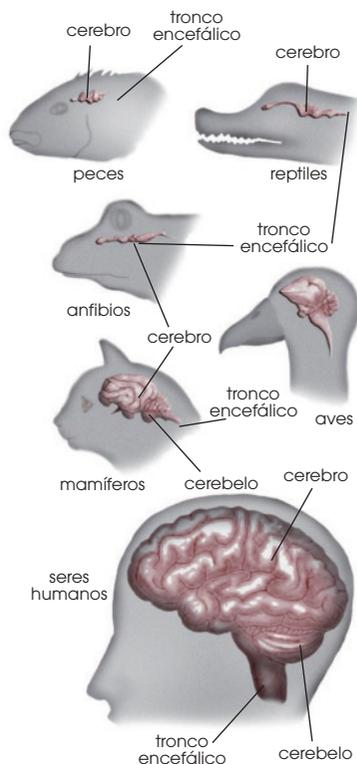


■ Sistema nervioso de un artrópodo



■ Sistema nervioso de un molusco gasterópodo





■ Esquema del encéfalo de los distintos grupos de vertebrados.

El sistema nervioso central está rodeado por tres membranas llamadas meninges, separadas entre sí por el líquido cefalorraquídeo.

El hecho de retirar la mano cuando tocamos un objeto muy caliente es un acto reflejo que evita que suframos una quemadura grave.

Un acto reflejo es una respuesta involuntaria y tiene lugar cuando un estímulo es conducido a la médula espinal y esta envía un impulso nervioso que produce el movimiento rápido de la parte afectada.

El recorrido del impulso nervioso desde que se capta el estímulo hasta que se produce el movimiento es más corto que en los actos voluntarios, controlados por el cerebro, por lo que la respuesta es más rápida.

## El sistema nervioso central

Está formado por un gran número de neuronas agrupadas y conectadas entre sí. Los cuerpos de las neuronas tienen color grisáceo, mientras que las fibras cubiertas de mielina son blancas, debido al color de las células de Schwann. Por ello, a las zonas del sistema nervioso con acúmulo de cuerpos neuronales las denominamos **sustancia gris**, y a las zonas donde se encuentran haces de axones con sus respectivas vainas las llamamos **sustancia blanca**. El sistema nervioso central está constituido por el encéfalo y la médula espinal.

- **El encéfalo:** Controla toda la actividad del organismo, en respuesta a las percepciones del medio. Se encuentra protegido por los huesos del cráneo, y consta de cerebro, cerebelo y tronco encefálico.

—**El cerebro:** Es el centro donde se integra y analiza la información que proviene de los receptores sensoriales, y se procesa la respuesta a esta información en forma de movimientos del cuerpo o secreción de glándulas. La sustancia gris se sitúa en la parte exterior formando la **corteza cerebral**, y la blanca en la parte interior. A lo largo de la escala evolutiva, se presenta un desarrollo gradual del cerebro, ligado al perfeccionamiento de sus funciones.

En el ser humano se desarrolla la capacidad de razonar y elaborar un lenguaje para comunicarse.

—**El cerebelo:** Coordina los movimientos que permiten el mantenimiento del equilibrio del cuerpo. La distribución de la sustancia gris y la blanca es igual que en el cerebro.

—**El tronco encefálico:** Controla el latido cardíaco y la respiración. La sustancia gris está en el interior y la blanca en el exterior.

- **La médula espinal:** Es la vía de conexión entre el encéfalo y el resto del cuerpo y se localiza en el interior de la columna vertebral. A veces actúa como un centro emisor de respuestas elaborando actos reflejos.

Está constituida por un cilindro delgado, en cuya parte central se localizan los cuerpos de las neuronas; en la parte externa están los axones. Por este motivo, tiene color gris en su interior y blanco en el exterior. Los axones forman largos nervios sensitivos, que ascienden hasta el cerebro, y motores, que se dirigen a distintas partes del cuerpo.

## El sistema nervioso periférico

Está constituido por nervios, que pueden ser de dos tipos:

- **Nervios sensitivos:** Recogen los estímulos captados por los órganos de los sentidos y los canalizan hacia el sistema nervioso central mediante impulsos nerviosos. Reciben el nombre de **fibras aferentes**.

- **Nervios motores:** Proceden del sistema nervioso central y transmiten los impulsos nerviosos hacia los órganos que elaborarán la respuesta (músculos o glándulas). Los denominamos **fibras eferentes**.

Los nervios que salen del encéfalo son los *nervios craneales*, mientras que los que parten de la médula espinal los llamamos *nervios espinales*.

### 3.5. Sistema osteoartromuscular

El movimiento en los animales es posible gracias a la transmisión nerviosa y a la existencia de un **aparato locomotor**. Está compuesto por:

- **Sistema muscular**, formado por los músculos.

Es el responsable de los movimientos, debido a las contracciones de los músculos.

- **Sistema esquelético**, que actúa como soporte y anclaje de la musculatura, y como protección de las partes delicadas. Está constituido por estructuras sólidas (huesos, placas...) que se mueven por efecto de la contracción y la relajación de los músculos, que tiran de ellas. Según los grupos de animales, puede ser:

—**Exoesqueleto**, o esqueleto externo. Lo presentan los invertebrados, y está formado por placas o piezas duras de sales de calcio o quitina.

—**Endoesqueleto**, o esqueleto interno. Lo presentan algunos invertebrados, como los poríferos y los equinodermos, y todos los vertebrados. Está formado por espículas (estructuras con forma de aguja) de sílice o huesos de sales de calcio.

El exoesqueleto confiere mayor protección al organismo que el interno, aunque el endoesqueleto es más ligero y permite mayor movilidad.

#### El aparato locomotor en los invertebrados

En los diferentes grupos de invertebrados existen distintas adaptaciones que afectan al aparato locomotor. En los poríferos, que tienen la organización más sencilla, el esqueleto es interno y está compuesto por fibras de proteína y espículas de sílice o de calcio. Los cnidarios

que presentan formas coloniales, como los corales, poseen un exoesqueleto formado por placas calcáreas; mientras que las medusas no poseen estructuras duras y se impulsan con contracciones de su cuerpo.



■ Exoesqueleto calcáreo de un molusco



■ Exoesqueleto de quitina de un artrópodo

Grupo	Esqueleto	Desplazamiento
Anélidos	Interno hidrostático	Acción de la musculatura sobre el esqueleto hidrostático
Artrópodos	Externo de quitina	Acción de los músculos sobre los apéndices articulados
Equinodermos	Interno calcáreo y esqueleto hidrostático: aparato ambulacral	Por medio del aparato ambulacral
Moluscos	Externo calcáreo (concha) en algunos grupos	Mediante saltos (bivalvos), reptación (gasterópodos), o por contracciones que provocan un bombeo de agua (cefalópodos)

#### Y TAMBIÉN:



El **esqueleto hidrostático**, característico de los anélidos y los equinodermos, está formado por un fluido que llena los espacios celomáticos en el interior del cuerpo, y actúa como soporte para la acción de la musculatura, que produce el movimiento.

<http://goo.gl/Exl0mF>

<http://goo.gl/vf0kkr>

Prohibida su reproducción

## El aparato locomotor en los vertebrados

El aparato locomotor está constituido por un conjunto de músculos estriados y un esqueleto interno que funcionan de forma coordinada.

- **Los músculos esqueléticos:** Están formados por tejido muscular y constituyen **husos** de fibras insertados a los huesos mediante **tendones** de tejido conjuntivo.
- **El esqueleto interno:** En las primeras fases del desarrollo de los vertebrados está formado por tejido cartilaginoso. En la mayoría de los casos, el cartílago se va osificando durante el crecimiento del individuo, debido a la incorporación de sales de calcio y fósforo, que van formando el tejido óseo, propio del adulto.

La unión entre dos huesos recibe el nombre de **articulación**. La superficie de contacto entre los dos huesos está recubierta por cartílago, y su función es evitar el roce y el desgaste óseo en los movimientos. El movimiento se consigue mediante un **sistema de palancas**.

Los elementos de una palanca son:

- **Punto de apoyo (A).**
- **Fuerza motriz (F).** Es la fuerza que hace posible el movimiento.
- **Fuerza de resistencia (R).** Es la que hay que vencer para ejecutar el movimiento.

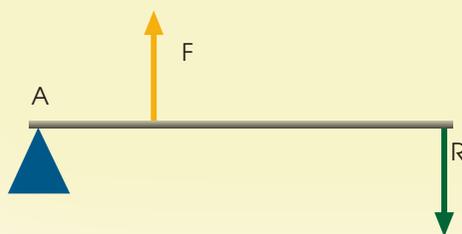
Flexión del antebrazo:

- El **punto de apoyo (A)** lo constituye la articulación del codo.

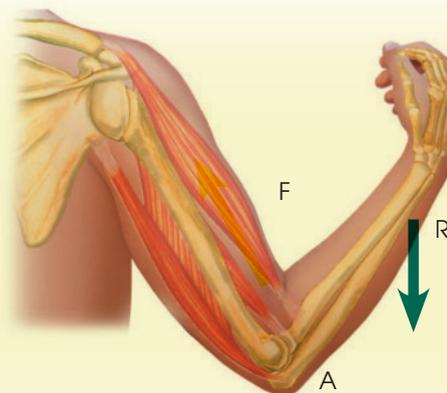
- La **fuerza motriz (F)** es producida por el músculo bíceps en el punto de inserción del antebrazo.
- La **fuerza de resistencia (R)** es el peso del antebrazo.

Las partes del esqueleto comunes a la mayoría de los vertebrados son:

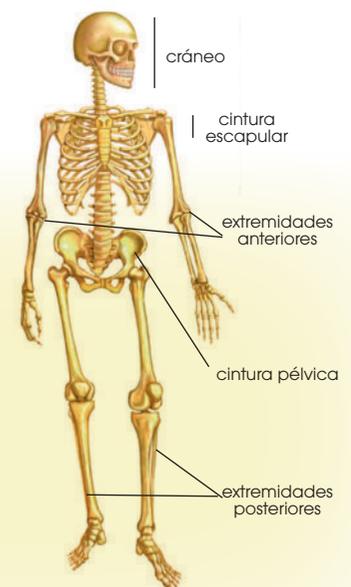
- **La columna vertebral:** Es el eje del esqueleto y está formada por vértebras, pequeñas piezas de tejido óseo y cartilaginoso, con un orificio central por el que pasa la médula espinal. Algunas vértebras se articulan con las costillas.
- **El cráneo:** Constituido por una serie de huesos que protegen el encéfalo.
- **Las cinturas:** Son arcos óseos que permiten la articulación de las extremidades con la columna vertebral. La **cintura escapular** articula las extremidades anteriores; la **cintura pélvica** articula las extremidades posteriores.
- En la mayoría de los casos distinguimos las **extremidades**, que son cuatro apéndices articulados, unidos a las cinturas escapular y pélvica. Se utilizan para el desplazamiento, y presentan distintas modificaciones, en función de la adaptación al medio más apropiada; algunas especies de reptiles carecen de extremidades y se desplazan por reptación.



■ Elementos de una palanca



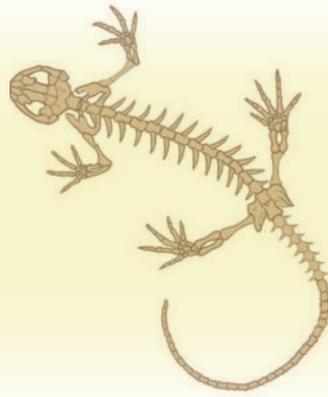
■ Flexión del antebrazo



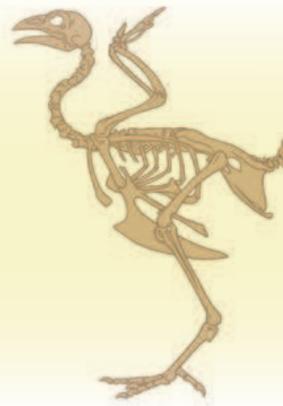
■ Esqueleto del ser humano



■ Esqueleto de un pez



■ Esqueleto de un anfibio



■ Esqueleto de un ave



■ Esqueleto de un mamífero

La musculatura es similar en todos los grupos, y está organizada para posibilitar el movimiento mediante el sistema de palancas. A pesar de que en todos los grupos distinguimos una estructura básica común, las adaptaciones a la vida en diferentes medios se han visto favorecidas por modificaciones en la estructura del esqueleto.

- Los **peces** presentan un esqueleto cartilaginoso u óseo, con expansiones membranosas que constituyen las aletas. Se desplazan mediante movimientos ondulatorios laterales de la musculatura y la propulsión de las aletas.
- En el grupo de los **anfibios** el esqueleto es siempre óseo, y aparecen las cuatro extremidades, necesarias para el desplazamiento en el suelo. Ya presentan un cuello formado por una sola vértebra.

El desplazamiento se realiza en el agua, nadando, y en el medio terrestre, mediante saltos.

- Los **reptiles** tienen un esqueleto óseo resistente, con costillas que se cierran por delante en el esternón, y cuello con varias vértebras.

Se desplazan por el medio terrestre o acuático; los reptiles sin patas se impulsan mediante la reptación, producida por movimientos ondulatorios laterales de su musculatura.

- Las **aves** presentan un esqueleto adaptado al vuelo, con extremidades anteriores modificadas en forma de alas. Es un esqueleto ligero debido a que posee huesos huecos, cráneo reducido y a la ausencia de dientes.
- En los **mamíferos**, el esqueleto está provisto de columna vertebral que permite un

movimiento de flexión hacia delante y hacia atrás. Las cinturas y las articulaciones están bien desarrolladas.

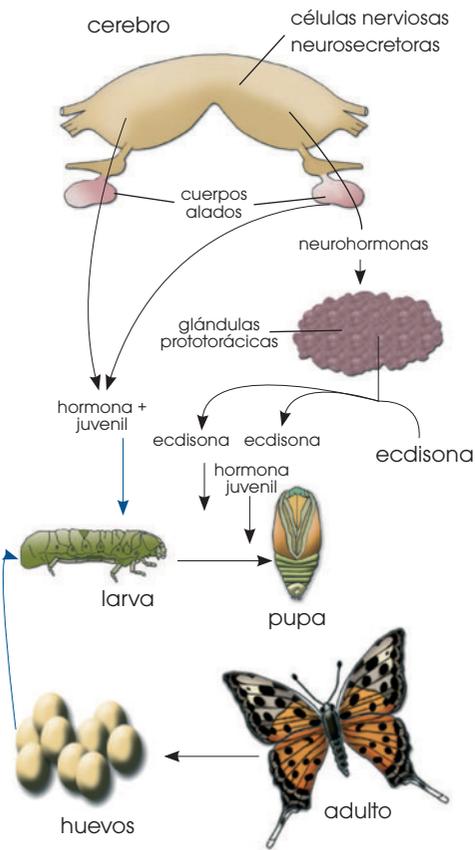
El desplazamiento es ágil y rápido, para lo cual disponen de una potente musculatura y distintas adaptaciones a la locomoción. Así, los gamos caminan sobre pezuñas o los gatos se desplazan sobre las puntas de los dedos, para conseguir mayor velocidad.

El esqueleto de los mamíferos marinos está adaptado al medio acuático, especialmente el de los cetáceos, como la ballena, el delfín, la orca... que tienen una apariencia externa muy parecida a la de los peces, aunque el funcionamiento de su organismo es el propio de los mamíferos.

El desplazamiento en el medio aéreo es poco común en los mamíferos, a excepción de los murciélagos, cuyas extremidades anteriores presentan un alargamiento de los dedos entre los que se encuentra un recubrimiento membranoso que les permite el vuelo.

Los primates, grupo que incluye al ser humano, tienen como característica más relevante la capacidad de manipular objetos, gracias a que su pulgar puede oponerse al resto de los dedos de la mano.

En el ser humano, el cráneo ha experimentado un aumento de tamaño, sobre todo de la zona frontal, donde se localizan las áreas de asociación de la corteza cerebral. La locomoción se caracteriza por la posición bípeda, es decir, sobre dos piernas, hecho que ha provocado un desarrollo de la cintura pélvica, para poder soportar el peso de las vísceras del abdomen y del feto, en el caso de las mujeres embarazadas.



### 3.6. El sistema endocrino Invertebrados

A partir de los cnidarios, todos los grupos de invertebrados poseen un sistema endocrino, ya bien desarrollado en los artrópodos, que poseen células nerviosas neurosecretoras y glándulas endocrinas, cuyas secreciones actúan sobre distintos órganos, regulando el desarrollo. Los artrópodos han sido muy estudiados, debido al interés que despiertan las fases de su desarrollo y el comportamiento en los insectos sociales. Las células nerviosas neurosecretoras se encuentran en los ganglios cerebrales o en puntos concretos de los ganglios ventrales, y regulan procesos fisiológicos, tales como:

- El crecimiento y la muda del exoesqueleto. La muda hace posible el crecimiento del animal porque provoca la renovación de las piezas del exoesqueleto, de forma que se

desprenden las viejas y crecen otras nuevas, a medida que el tamaño del animal aumenta.

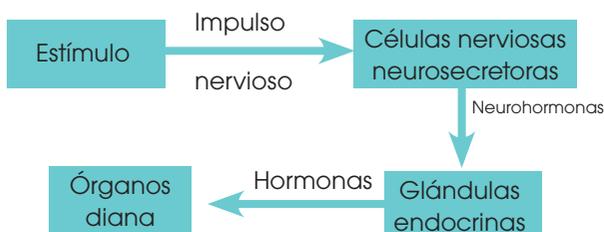
- **La metamorfosis:** Es un cambio que experimentan algunos animales durante su desarrollo, hasta alcanzar la edad adulta. Se manifiesta en la variación de la forma y las funciones de su organismo.
- La maduración del aparato reproductor y los cambios morfológicos sexuales.

En los **insectos**, las células neurosecretoras regulan el funcionamiento de diversas glándulas endocrinas, como:

- Los **cuerpos alados**, que sintetizan la **hormona juvenil**, responsable de mantener el aspecto de larva mientras dura esta fase del desarrollo.
- Las **glándulas prototorácicas**, que sintetizan la hormona ecdisona, cuya función es favorecer el paso de larva a pupa cuando disminuye la concentración de la hormona juvenil y de pupa a adulto cuando desaparece la hormona juvenil.

La acción equilibrada de la **hormona juvenil** y la **ecdisona** regula el proceso complejo de metamorfosis en los insectos.

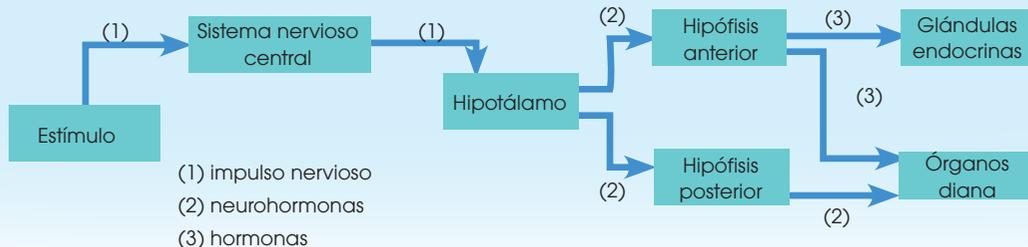
Es también muy importante la existencia de **feromonas**, moléculas orgánicas olorosas que se liberan al medio en forma de partículas volátiles. Las feromonas constituyen un método químico de comunicación entre individuos de la misma especie. El animal receptor de la feromona modifica su conducta en respuesta a este estímulo. Algunos insectos, como las mariposas, utilizan feromonas como atracción sexual. En insectos sociales, como las abejas, sirven para marcar rutas que deben seguir otros individuos para llegar a un campo de flores, mantener el grupo unido o advertir de un peligro.



#### Y TAMBIÉN:

El conocimiento de las feromonas tiene aplicaciones en el control de las plagas de insectos perjudiciales para la agricultura.

Por ejemplo, la procesionaria del pino se combate aplicando un tratamiento a las hembras para que no produzcan las feromonas que atraen a los machos. De este modo, se evita la reproducción y se puede controlar la plaga.



## Vertebrados

En los vertebrados el sistema endocrino está bien desarrollado. El mecanismo de producción hormonal está jerarquizado y controlado por el sistema nervioso central. Las partes del encéfalo implicadas son el hipotálamo y la hipófisis.

- **El hipotálamo:** Es una agrupación de neuronas situada en la parte inferior del cerebro. Recibe informaciones del medio externo e interno, las procesa y emite respuestas en forma de neurohormonas, que se dirigen a la hipófisis.
- **La hipófisis:** Es una pequeña estructura glandular situada debajo del hipotálamo y dividida en dos lóbulos: hipófisis anterior e hipófisis posterior. Las secreciones enviadas por el hipotálamo activan la secreción de hormonas en la hipófisis, hormonas que actúan sobre otras glándulas y tejidos secretores.

De este modo, el sistema nervioso central regula el funcionamiento de todo el sistema endocrino.

La acción de las hormonas se regula a sí misma por un mecanismo denominado *retroalimentación* o *feed-back*. Está controlado por el hipotálamo y permite mantener unos niveles hormonales adecuados en la sangre mientras dura el estímulo que ha provocado la secreción.

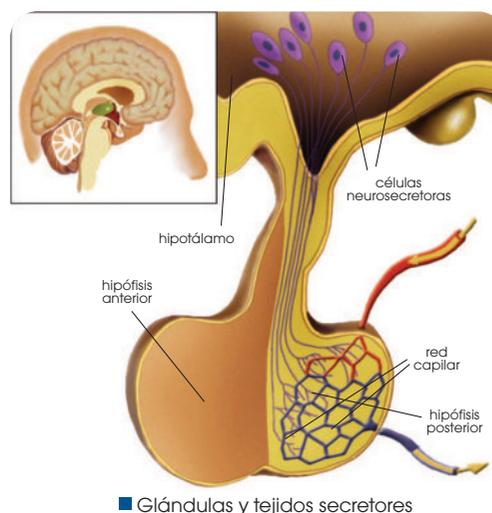
El proceso es el siguiente:

- Cuando el estímulo es percibido por el sistema nervioso central, el hipotálamo libera neurohormonas (factores liberadores) que se dirigen a la hipófisis.
- En la hipófisis se activa la liberación de las hormonas trópicas, que por la sangre van a las glándulas.
- En las glándulas se activa la síntesis de hormonas específicas que, también vía

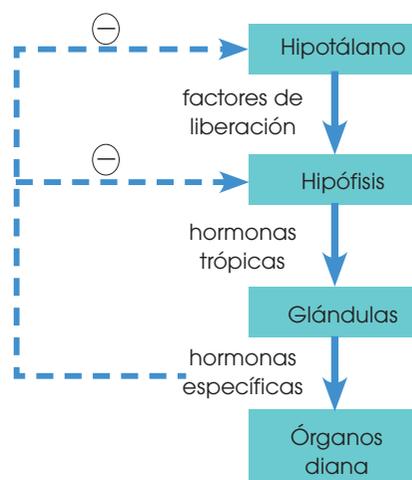
sangre, llegan y actúan sobre los órganos diana.

- La presencia de las hormonas específicas en sangre hace que se inhiba la liberación de hormonas trópicas por parte de la hipófisis y de factores de liberación por parte del hipotálamo.

El mal funcionamiento del sistema endocrino puede dar lugar a un déficit o un exceso de una hormona. Esto provoca anomalías importantes en el organismo.



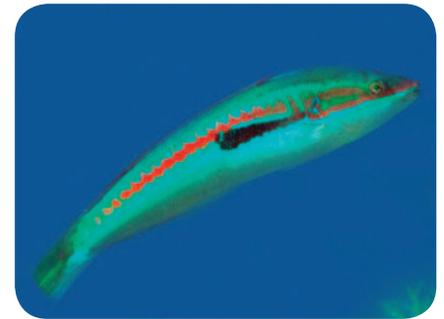
■ Glándulas y tejidos secretores



En el cuadro siguiente constan las principales glándulas endocrinas y los tejidos secretores de hormonas en peces, anfibios, reptiles y aves.

Podemos observar un progresivo desarrollo del sistema endocrino, relacionado con la creciente complejidad de los procesos vitales de estos grupos.

Grupo taxonómico	Sistema endocrino
<b>Peces</b>	El hipotálamo controla la acción de la hipófisis. Las neurohormonas segregadas por la hipófisis estimulan el desarrollo y funcionamiento de las gónadas: ovarios y testículos. Estas glándulas son responsables de: <ul style="list-style-type: none"> <li>• La formación de gametos: óvulos y espermatozoides.</li> <li>• Los caracteres sexuales secundarios, que diferencian a los machos de las hembras.</li> </ul>
<b>Anfibios</b>	Además del hipotálamo, la hipófisis y las glándulas sexuales presentan: <ul style="list-style-type: none"> <li>• La glándula tiroidea, que segrega la hormona tiroidea. Esta regula el proceso de metamorfosis de la larva al individuo adulto.</li> <li>• Las glándulas paratiroides, cuya hormona regula la concentración de calcio en la sangre.</li> <li>• Glándulas suprarrenales, que producen adrenalina.</li> </ul>
<b>Reptiles</b>	Presentan las mismas glándulas que los anfibios, y también: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Células pancreáticas productoras de insulina, que regula la entrada de glucosa en el citoplasma celular.</li> </ul>
<b>Aves</b>	La glándula pineal o epífisis detecta las horas diarias de luz solar (fotoperíodo) y envía la información al hipotálamo, el cual regula procesos como: <ul style="list-style-type: none"> <li>• La conducta reproductora ante el sexo opuesto.</li> <li>• La muda, cambio parcial o completo del plumaje, que suele producirse después de la nidificación y antes de la migración.</li> <li>• La migración, desplazamiento periódico de una población de aves en función de los cambios estacionales.</li> </ul>



<http://goo.gl/eCjS6a>



<http://goo.gl/3bxRP1>

- Un ejemplo de neurohormona es la oxitocina. ¿Dónde se sintetiza? ¿Dónde actúa? ¿Qué funciones desempeña? **Organiza** la información en una tabla.
- Un ejemplo de hormona secretada por una glándula endocrina es la adrenalina. ¿Qué glándula la secreta? ¿Sobre qué órganos actúa? ¿Qué efectos produce? **Organiza** la información en una tabla.
- Respecto al sistema endocrino de los invertebrados, **contesta**:
  - ¿Qué son los *cuerpos alados*?
  - ¿Qué es y qué función desempeña la *ecdisona*? ¿Dónde se produce?
  - ¿Qué es la *metamorfosis*? ¿Cómo se dirige el proceso de la metamorfosis?
  - ¿Cómo podemos controlar una plaga de procesionaria?
- Contesta** las siguientes preguntas:
  - ¿Cómo llega un estímulo al hipotálamo?
  - ¿De qué manera responde el hipotálamo a un impulso nervioso?
  - ¿De qué manera responde la hipófisis al estímulo del hipotálamo?
- Explica** en qué consiste el mecanismo de *retroalimentación*.



# Experimento



**Tema:** Gases que intervienen en la respiración

**Investigamos:**

Los gases que contiene el aire que respiramos

**Objetivo:**

- Observar mediante un experimento los gases que se encuentran presentes en el aire que respiramos.

**Materiales:**

- dos tubos de ensayo
- azul de bromotimol
- palillos de dientes
- una bomba para dar aire

**Proceso:**

1. **Cojan** dos tubos limpios (A y B), **llénenlos** de agua (10 ml) y **añadan** a cada uno tres gotas de azul de bromotimol.

El **azul de bromotimol** es un indicador de pH; con un pH básico, este indicador es de color azul mientras que si el pH es ácido, menor a 6,5, presentará color amarillo.

—**Soplen**, con la ayuda de un sorbete, dentro del tubo A. **Insuflen** aire con la ayuda de una mancha para bicicletas en el tubo B.

2. **Observen** los resultados y **realicen** una tabla en el cuaderno con los siguientes datos:

	Color del tubo antes de inyectar aire	Color del tubo tras inyectar aire
Tubo A		
Tubo B		

**Cuestiones:**

3. **Comparen** los resultados de los tubos antes y después de inyectar aire y **emitan** una hipótesis sobre lo que creen que ha sucedido.
  - a. ¿Por qué el contenido gaseoso de la inspiración y expiración no es el mismo?
  - b. ¿Qué gases no intervienen en el intercambio gaseoso?
  - c. ¿De dónde proviene el vapor de agua en el aire expirado?
4. **Comparen** los datos que te damos en la tabla con la hipótesis que has emitido en la experiencia de los tubos. ¿Piensan que la hipótesis que han dado es válida? ¿Por qué? En el caso de que su hipótesis no sea válida, **emitan** otra que creen que esté de acuerdo con sus razonamientos a partir de los experimentos realizados.
5. **Expliquen** detalladamente de dónde procede la sustancia que hace cambiar el pH del tubo A, cómo es transportado por la sangre hasta los alveolos pulmonares y de qué manera se libera.



## Resumen

1. Tejidos animales
2. Clases de tejidos
3. Funciones de los tejidos

Los animales, como organismos pluricelulares, forman tejidos que darán lugar a órganos y sistemas que les permiten llevar a cabo sus funciones vitales. Existe diversidad de tejidos y especialización de células, pero principalmente distinguimos cuatro grandes tipos de tejidos: epitelial, conectivo, muscular y nervioso.

El tejido epitelial agrupa diversos tipos de tejidos que pueden tener función protectora o de absorción como el tejido epitelial de revestimiento; o función secretora como el epitelio glandular.

Los **tejidos conectivos** son un grupo de tejidos con funciones diversas: unen entre sí distintos órganos; llenan huecos y espacios entre los diferentes tejidos, y también constituyen elementos de soporte y de movimiento. Los tejidos conjuntivo, adiposo, cartilaginoso y óseo son variedades del tejido conectivo. Todos se caracterizan por tener gran cantidad de sustancia intercelular y pocas células.

El tejido muscular está formado por células denominadas *miocitos*. En su interior contiene las miofibrillas, hechas por actina y miosina, dos proteínas con capacidad contráctil. El tejido muscular puede ser estriado, liso o cardíaco.

El tejido nervioso está compuesto por células gliales y neuronas. Ambos tipos de células presentan una altísima especialización y pueden generar y transmitir impulsos nerviosos.

Gracias a la especialización de las células y la formación de tejidos, los animales son capaces de crear órganos que forman parte de los sistemas que permiten a un organismo cumplir con sus funciones básicas como la nutrición y la excreción llevada a cabo por los sistemas digestivo y excretor. También permiten el intercambio de gases gracias a la existencia del sistema respiratorio y circulatorio.

Para cumplir con la función de relación, los animales cuentan con sistemas especializados en la captación de estímulos y la elaboración de respuestas como el sistema nervioso; así como sistemas capaces de llevar a cabo las respuestas elaboradas como el sistema osteomuscular o aparato locomotor, que incluye esqueleto y músculos. Estos sistemas, además, se ven regulados por otro sistema presente en todos los animales, el sistema endocrino, que es el encargado de regular la liberación de hormonas en los organismos.

Todos estos sistemas van presentando mayor complejidad en los animales a medida que el organismo es más grande y presenta una evolución más tardía.

De esta forma, los invertebrados suelen presentar sistemas más sencillos que los vertebrados y, dentro de estos, las aves y mamíferos suelen contar con sistemas más complejos que peces, anfibios y reptiles, en los cuales se aprecia una evolución y adaptación desde el medio acuático al medio terrestre.

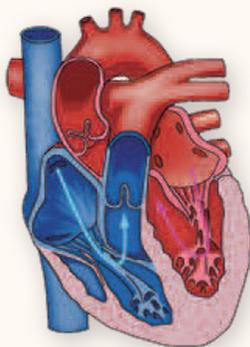


<http://goo.gl/zBLEpz>



## BLOG

## ¿Y si todos tuviéramos un corazón de repuesto?



En España, solo el 5% de los que necesitan un trasplante de este órgano lo consiguen. La comunidad científica ya habla de «fabricarlos».

Cada vez morimos más viejos. Esto tiene muchas ventajas y algún inconveniente: aumenta la frecuencia en la que nuestros órganos vitales llegan en malas condiciones a ciertas etapas y, para vivir aún más, necesitamos reemplazarlos. Pero, claro, nuestros congéneres también son cada vez más longevos, así que los suyos no nos sirven. La demanda crece al mismo ritmo que la oferta disminuye. En España, país puntero en donación, únicamente un 5% de quienes necesitan un corazón consigue uno compatible. Es solo un ejemplo, ya que ocurre en mayor o menor medida con todos los órganos. Con este panorama, los científicos llevan años dándole vueltas a un método para crearlos de una u otra forma. Y lo están consiguiendo: fabricar un riñón, un hígado, un corazón o una tráquea ya no se ve como una quimera. En algunos casos se ha conseguido.

—**Mira** la noticia completa en este *link*: <http://goo.gl/v0aAxQ>.

## SOCIEDAD

## Fabrican hueso solo con algunas proteínas de las células madre

El enfoque resulta tan eficaz como el tratamiento estándar actual con este tipo de células, en lo que a cantidad de tejido óseo creado se refiere.

El uso de células madre para la fabricación de nuevos huesos parece prometedor, pero estas células, una vez implantadas en el organismo, pueden provocar tumores. Investigadores estadounidenses han encontrado ahora la manera de aprovechar las células madre eludiendo este riesgo: sacándoles las proteínas que fomentan el crecimiento de los huesos e implantándolas en ratones. El resultado fue la creación de tejido óseo en la misma cantidad que si se hubiese hecho el implante con las células madre completas, aseguran.

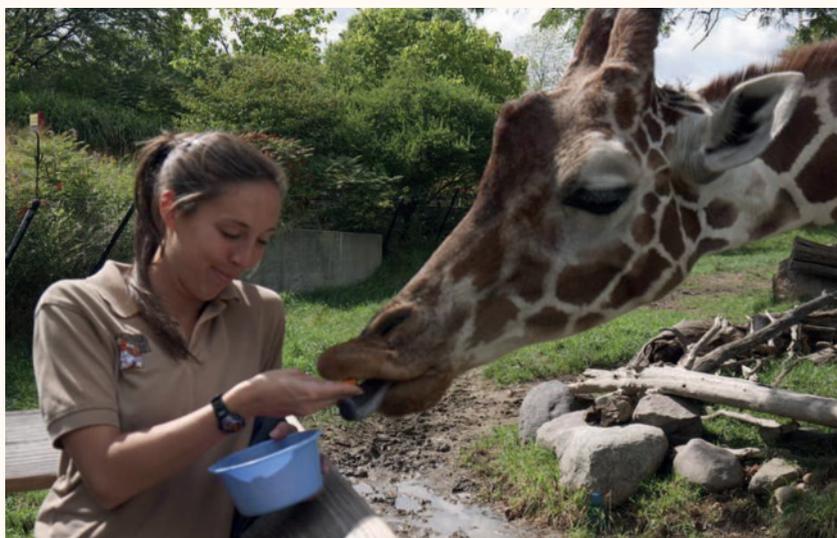
—**Encuentra** la información completa en este enlace: <http://goo.gl/ae7hR7>.

## SENTIDO CRÍTICO

## Película

En el siguiente enlace podrás encontrar un documental sobre células madre y su especialización: <https://goo.gl/JG8cRQ>.

## SI YO FUERA



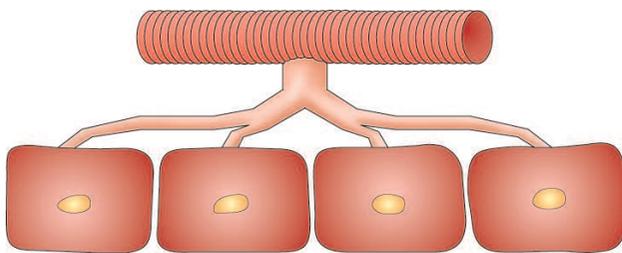
<http://goo.gl/1B7nQl>

Un **zoólogo**, analizaría e investigaría la correcta función de los órganos en los diferentes sistemas de los animales para que lleven una vida saludable y normal.

Prohibida su reproducción

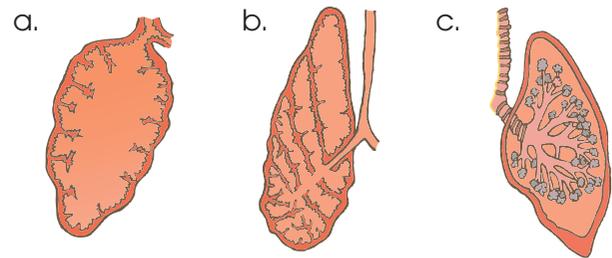
# Para finalizar

1. ¿Por qué las superficies respiratorias en los animales terrestres son internas?
2. ¿Qué dificultades presentan los organismos acuáticos frente los terrestres respecto la respiración? ¿Y los terrestres frente los acuáticos?
3. **Observa** el dibujo:

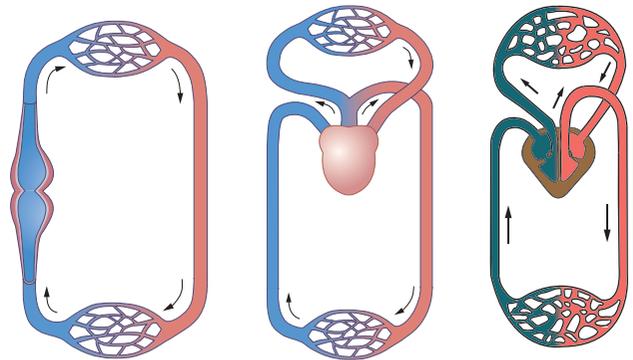


- a. ¿Qué tipo de respiración representa?
  - b. ¿Qué animales presentan estas estructuras?
- **Indica** los nombres de las tres estructuras señaladas.
  - **Explica** por qué este tipo de respiración no necesita pigmentos respiratorios.
4. ¿Qué sistemas de respiración poseen los siguientes seres vivos?  
lombriz, rana, lagartija, manta, mejillón, pulpo
  5. Razona por qué algunas especies de tiburones para poder respirar no pueden dejar de nadar.
  6. **Explica** qué diferencias se dan entre:
    - *circulación abierta y cerrada*
    - *circulación doble y simple*
    - *circulación completa e incompleta.*
    - *arterias y venas*

7. ¿Qué grupo animal presenta unos pulmones como a? ¿Y como b? ¿Y como c? Estos dibujos están ordenados según la escala evolutiva. ¿Qué podemos decir respecto la evolución pulmonar?



8. **Atribuye** cada dibujo del sistema circulatorio al grupo animal al que pertenece. Razona tu respuesta.



9. **Explica** cómo se da la captación, transmisión, análisis y respuesta del siguiente estímulo: un perro huele su comida.
10. **Asigna** a cada definición el tipo de neurona que le corresponde: sensitiva, motora o de asociación:
  - Reciben estímulos del medio interno y externo.
  - Controlan las glándulas y las fibras musculares.
  - Establecen conexiones entre neuronas, y forman así circuitos.

11. ¿Qué consecuencia negativa produciría una lesión en el bulbo raquídeo? ¿Y en la hipófisis?

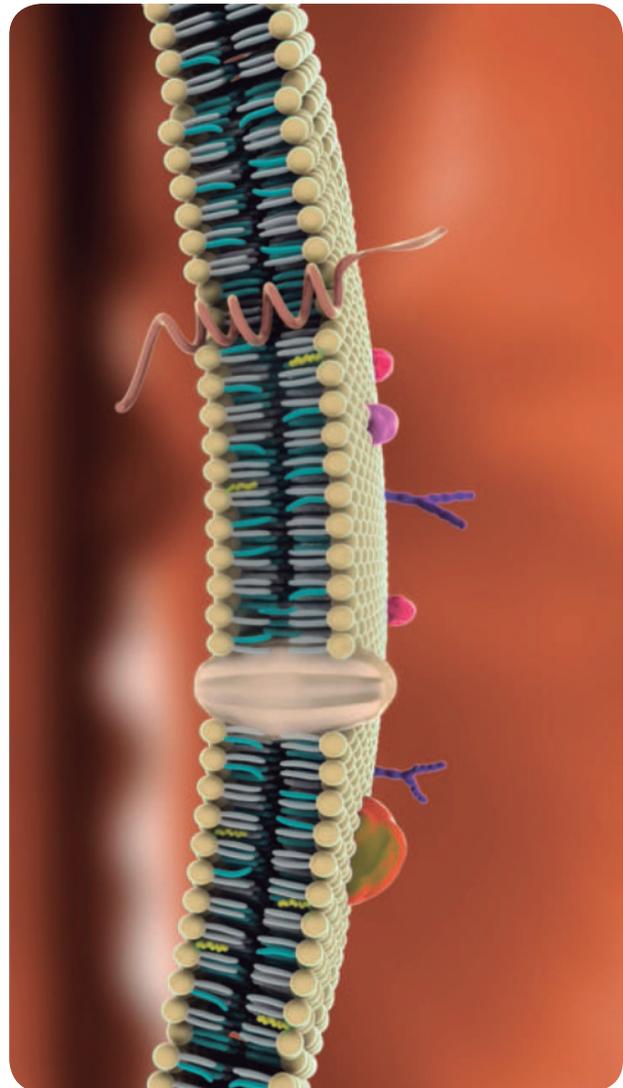
12. En una situación de estrés, ¿cuáles son los nervios autónomos que se activan? ¿Qué efecto se consigue al activar estos órganos? **Incluye** en tu explicación al menos dos órganos.

13. La siguiente tabla muestra la composición iónica intracelular y extracelular de una neurona.

Ión	Concentración citoplasmática (mm)	Concentración extracelular (mm)
K <sup>+</sup>	400	20
Na <sup>+</sup>	50	440
Cl <sup>-</sup>	52	500

14. **Explica** los siguientes conceptos:

- *Diferencia de potencial*
- *Polaridad de la membrana*
- *Despolarización de la membrana del axón*
- *Repolarización de la membrana axónica*



<http://goo.gl/OdWexd>

## AUTOEVALUACIÓN

Reflexiona y **autoevalúate** en tu cuaderno:

### • Trabajo personal

¿Qué tema me ha resultado más fácil y cuál más difícil de comprender?

¿He cumplido mis tareas?

¿Qué aprendí en esta unidad?

• **Escribe** la opinión de tu familia.

### • Trabajo en equipo

¿He compartido con mis compañeros y compañeras?

¿He respetado las opiniones de los demás?

• **Pide** a tu profesor o profesora sugerencias para mejorar y **escríbelas**.

# 6

## Anatomía y fisiología humana

### CONTENIDOS:

- 1.** El sistema respiratorio
  - 1.1. Órganos y partes del sistema respiratorio
  - 1.2. Difusión de gases entre los alveolos y los capilares
  - 1.3. Difusión de gases de los capilares sanguíneos a las células del cuerpo
  - 1.4. Transporte de gases por la sangre
- 2.** Sistema circulatorio
  - 2.1. Órganos y partes del sistema circulatorio
  - 2.2. Movimientos del corazón
  - 2.3. La circulación de la sangre
  - 2.4. La salud del sistema circulatorio
- 3.** El cerebro humano
  - 3.1. Emisión de la respuesta motora
  - 3.2. La sinapsis neuromuscular
- 4.** El aparato locomotor
  - 4.1. El sistema esquelético
  - 4.2. El sistema muscular
  - 4.3. La salud del aparato locomotor
- 5.** El sistema endocrino humano
  - 5.1. Hipotálamo
  - 5.2. Hipófisis
  - 5.3. Glándulas endocrinas
  - 5.4. Hormonas tisulares
  - 5.5. Mecanismos de acción hormonal
- 6.** El crecimiento en el ser humano



### Noticia:

#### Día Mundial del Corazón alerta sobre enfermedades cardíacas

Según información de la Federación Mundial del Corazón, las enfermedades cardiovasculares son el asesino número uno del mundo, donde cada año cobran 17,3 millones de muertes prematuras –31% de todas las muertes registradas en el mundo, informa la OMS– y para 2030 se estima que esta cifra aumente a 23 millones.

<http://goo.gl/86E131>



### Película:

#### Enfermedades respiratorias. Al gran pueblo, salud

Bronquiolitis, neumonía, bronquitis... Este capítulo expone las distintas derivaciones que las enfermedades respiratorias tienen en la infancia o en las personas mayores de 65 años. ¿Cómo se puede prevenirlas? ¿En qué consiste la *acción temprana*? Hablamos con el Dr. Pablo Ferrer y revelamos el trabajo del equipo del Centro de Salud del Barrio Libertador de San Martín, provincia de Buenos Aires.

<https://goo.gl/G1VO3Z>



### Web:

#### El deporte y el ejercicio físico como ejes de la promoción de la salud

La realización de algún ejercicio y la consecuente participación en algún deporte, bajo el cumplimiento de reglamentos y normativas, se convierten cada vez más en prácticas cotidianas a nivel nacional. La población, en sentido general, se ha volcado a participar en actividades que le puedan brindar una mejora de su condición general de salud, y en las prácticas deportivas organizadas, participando en eventos formales e informales de competición, exigiéndose cada vez más, al punto de ocasionar, en algunos casos, lesiones que perfectamente podrían ser evitables con el seguimiento médico-deportivo adecuado.

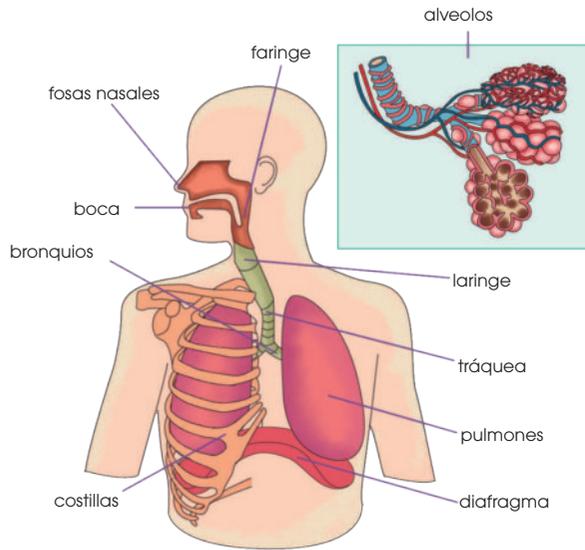
<https://goo.gl/G1VO3Z>

## EN CONTEXTO:

Lee la noticia anterior y responde.

- ¿Qué es una *enfermedad cardiovascular*?
- ¿Qué enfermedades cardiovasculares se nombran?
- ¿Qué recomendaciones se proponen para evitar estas enfermedades?
- ¿Cómo afecta el alcohol y el tabaco al sistema circulatorio?

# I. EL SISTEMA RESPIRATORIO



## La respiración en el ser humano

El sistema respiratorio realiza dos funciones importantes:

- Incorporación de oxígeno al organismo
- Eliminación de dióxido de carbono

### 1.1. Órganos y partes del sistema respiratorio

El sistema respiratorio está formado por las vías respiratorias y los pulmones.

- Las vías respiratorias son una serie de órganos en forma de tubo por los que circula el aire. En ellas distinguimos: las fosas nasales, la faringe, la laringe, la tráquea, los bronquios y los bronquiolos.
- Los pulmones son dos órganos esponjosos en forma de saco situados en el extremo inferior de cada uno de los bronquios, están formados por los bronquiolos y multitud de alveolos pulmonares, se hallan protegidos por las pleuras, dos membranas que evitan el rozamiento, y por la caja torácica (costillas y esternón).

Los pulmones se dilatan y se contraen acompasadamente gracias a sus propiedades elásticas y al movimiento de los músculos situados entre las costillas, los músculos intercostales, y el diafragma, un músculo localizado en la base de la caja torácica.

La entrada y la salida del aire en nuestro organismo se realizan gracias a dos tipos de movimiento: la inspiración y la espiración. La sucesión de ambos movimientos constituye el ritmo respiratorio.

La **inspiración**, o entrada de aire del exterior hacia los pulmones, es un mecanismo **activo**:

- El diafragma se contrae y desciende; los músculos intercostales también se contraen y elevan las costillas.
- Como consecuencia de la actividad muscular anterior, el volumen de la caja torácica aumenta y disminuye la presión del aire en su interior. La presión es ligeramente negativa respecto al aire exterior.
- El aire penetra como si fuese succionado desde el exterior hasta los alveolos pulmonares.

La **espiración**, o salida de aire alveolar hacia el exterior, es **pasiva**:

- El diafragma y los músculos intercostales se relajan. El primero asciende y las costillas se deprimen.
- Disminuye el volumen de la caja torácica, la presión del aire en su interior aumenta y se hace ligeramente superior a la del exterior.
- El aire se ve obligado a salir por las vías respiratorias.

1. **Contesta:** ¿Por qué crees que los bronquiolos se ramifican tanto y, por tanto, existe un gran número de alveolos pulmonares?
2. **Explica** qué relación existe entre el *sistema digestivo* y el *respiratorio*.

## 1.2. Difusión de gases entre los alveolos y los capilares

La composición del aire que se encuentra en los alveolos pulmonares no es igual a la del aire atmosférico, debido a que:

- El aire que penetra por las vías respiratorias se humedece y, por tanto, se enriquece con **vapor de agua**.
- Constantemente se absorbe oxígeno y se desprende **dióxido de carbono**.

La energía cinética de las moléculas de los gases hace que estas choquen contra las membranas de los compartimentos del cuerpo donde se encuentran encerradas. Los choques constituyen la **presión parcial del gas**.

Los gases atraviesan la membrana del alveolo y la pared de los capilares. El paso se hace por difusión simple y a favor del gradiente de presión de cada gas:

### Y TAMBIÉN:

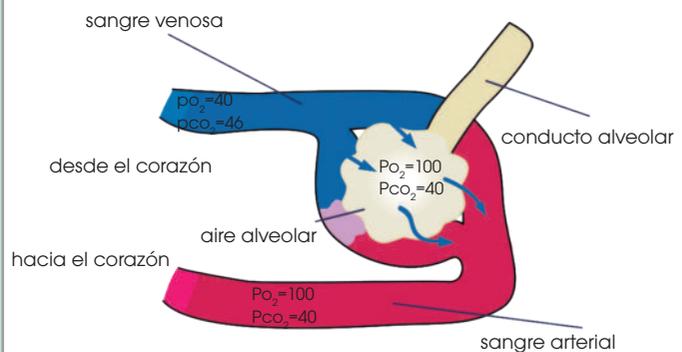


Las infecciones respiratorias como las neumonías, los traumatismos torácicos provocados por un accidente o las enfermedades pulmonares como el asma, pueden producir una insuficiencia respiratoria.

Esta tiene lugar cuando la presión parcial de  $O_2$  en la sangre desciende por debajo de 60 mm de mercurio, independientemente de la cantidad de  $CO_2$  transportado.

En estos casos, puede ser necesario tratar a la persona con oxigenoterapia, es decir, administrando oxígeno, para aliviar sus problemas ventilatorios.

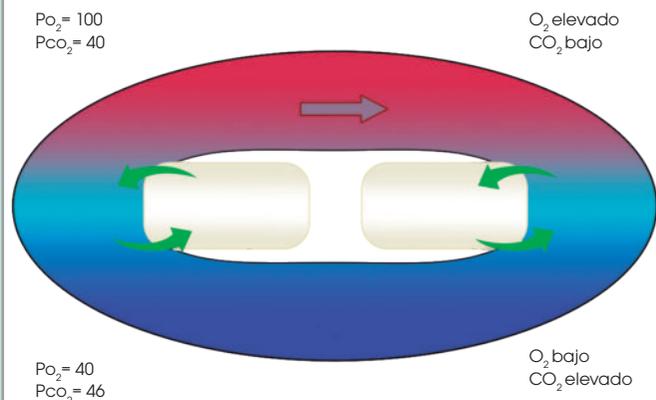
- La presión parcial de  $O_2$  en el alveolo es de 100 mmHg, mientras que en la sangre, antes del intercambio, es de 40 mmHg; el gradiente de presión favorece el paso del oxígeno desde el alveolo **hacia la sangre**.
- La presión parcial de  $CO_2$  en la sangre antes del intercambio es de 46 mmHg, mientras que en el alveolo de 40 mmHg; el gradiente de presión favorece el paso de  $CO_2$  **desde la sangre al alveolo**. Aunque el gradiente es pequeño, la solubilidad del  $CO_2$  en los lípidos hace que su intercambio, que tiene lugar a través de las membranas de cada compartimento, sea muy eficaz.

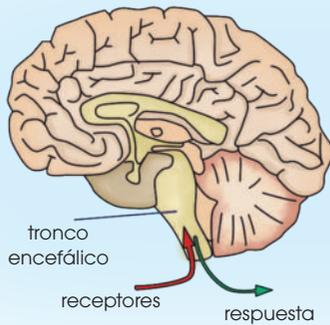


## 1.3. Difusión de gases de los capilares sanguíneos a las células del cuerpo

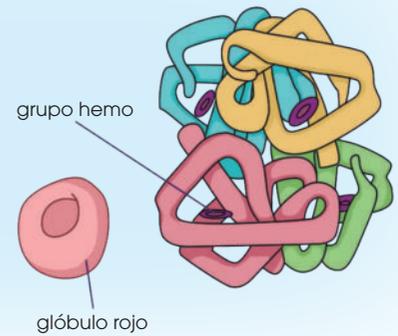
El proceso tiene lugar del mismo modo que el intercambio de gases en los alveolos pulmonares.

- La presión parcial de  $O_2$  en la sangre es mayor que la del interior de las células; por ello, el oxígeno penetra **hacia el citoplasma** por difusión, a través de la membrana plasmática, y es utilizado para la respiración celular.
- La presión parcial de  $CO_2$  en la sangre es menor que en el interior de la célula, a causa de la respiración mitocondrial. Por tanto, el  $CO_2$  **sale de la célula** por difusión, y penetra en los capilares sanguíneos.





■ La hemoglobina es un pigmento respiratorio. Se encuentra en el interior de los glóbulos rojos y contiene cuatro átomos de hierro. Cada átomo de hierro se une a una molécula de oxígeno. La hemoglobina oxidada recibe el nombre de oxihemoglobina y transporta el 97% del oxígeno.



## 1.4. Transporte de gases por la sangre

El plasma es el responsable mayoritario de transportar moléculas de  $\text{CO}_2$  en forma de ácido carbónico.

El **plasma** es el líquido en el que se encuentran los glóbulos rojos y el resto de los elementos celulares de la sangre. La mayoría del  $\text{CO}_2$  producido en la respiración celular que difunde hacia los capilares y entra en los glóbulos rojos, donde se transforma en ácido carbónico. Tan solo un 20% del  $\text{CO}_2$  se combina con la hemoglobina (carboxihemoglobina).

El  $\text{CO}_2$  restante que penetra en los glóbulos rojos, pero que no se combina con la hemoglobina reacciona con el agua y forma ácido carbónico. Este se disocia, debido a su inestabilidad, en iones bicarbonato y iones hidrógeno que vuelven a salir hacia el plasma. Cuando la sangre llega a los capilares del alveolo, los iones bicarbonato vuelven a entrar hacia los glóbulos rojos, donde se combinarán con iones de hidrógeno, y se generará de nuevo ácido carbónico. Ahora, el ácido carbónico se disocia en  $\text{CO}_2$  y  $\text{H}_2\text{O}$ . Por la diferencia de presiones, el  $\text{CO}_2$  difunde hacia el alveolo para ser expulsado al exterior y el agua es eliminada en forma de vapor.

## La salud del sistema respiratorio

El sistema respiratorio es la puerta de entrada de muchos microorganismos, virus y otros agentes externos que pueden perjudicar nuestra salud. Para evitar algunas enfermedades respiratorias, debemos adoptar medidas preventivas, como:

- Inspirar siempre por la nariz, y no por la boca.
- Evitar los lugares con mucho humo, polvo o polen.
- No fumar.
- Ventilar diariamente las habitaciones. Algunas enfermedades respiratorias son el asma bronquial, la bronquitis aguda y el enfisema.

## Enfermedades respiratorias

**Asma bronquial:** Es una obstrucción al paso del aire a través de los bronquios y bronquiolos, debido a la inflamación de la mucosa que recubre estas vías. Esta inflamación puede deberse a diversas causas: una reacción alérgica, una infección, etc. Los síntomas característicos de las crisis asmáticas son la presencia de silbidos durante la espiración y la sensación de ahogo. El tratamiento, en el caso que la crisis persista, consiste en la administración de medicamentos y evitar ambientes cargados de humo, polvo y polen.

3. Las personas que viven a gran altitud tienen más glóbulos rojos que la media y la red de capilares sanguíneos es más extensa. **Razona** el porqué.
4. **Contesta:** ¿Por qué si voluntariamente detenemos la respiración, llega un momento en que esta se realiza de forma involuntaria?
5. **Corrige** las frases que sean falsas:
  - a. Todo el volumen de ventilación llega a los alveolos.
  - b. La composición del aire que se encuentra en los alveolos es la misma que la del aire atmosférico.
  - c. La hemoglobina puede transportar tanto  $\text{O}_2$  como  $\text{CO}_2$ .

## 2. EL SISTEMA CIRCULATORIO

Este sistema cumple tres funciones fundamentales:

- Reparto de nutrientes y oxígeno. Los nutrientes y el oxígeno obtenidos por el sistema digestivo y el respiratorio se reparten a todas las células del organismo.
- Recogida de las sustancias de desecho que producen las células, por ejemplo, el  $\text{CO}_2$ , que son conducidas a los órganos encargados de eliminarlas.
- Transporte de hormonas y circulación de elementos celulares, etc.

### 2.1. Órganos y partes del sistema circulatorio

El sistema circulatorio está formado por el corazón, los vasos sanguíneos y la sangre.

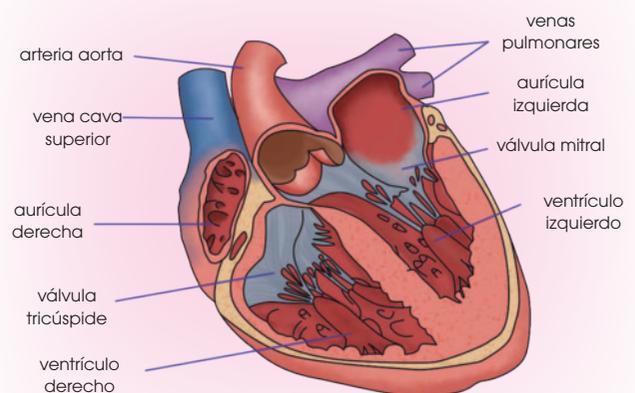
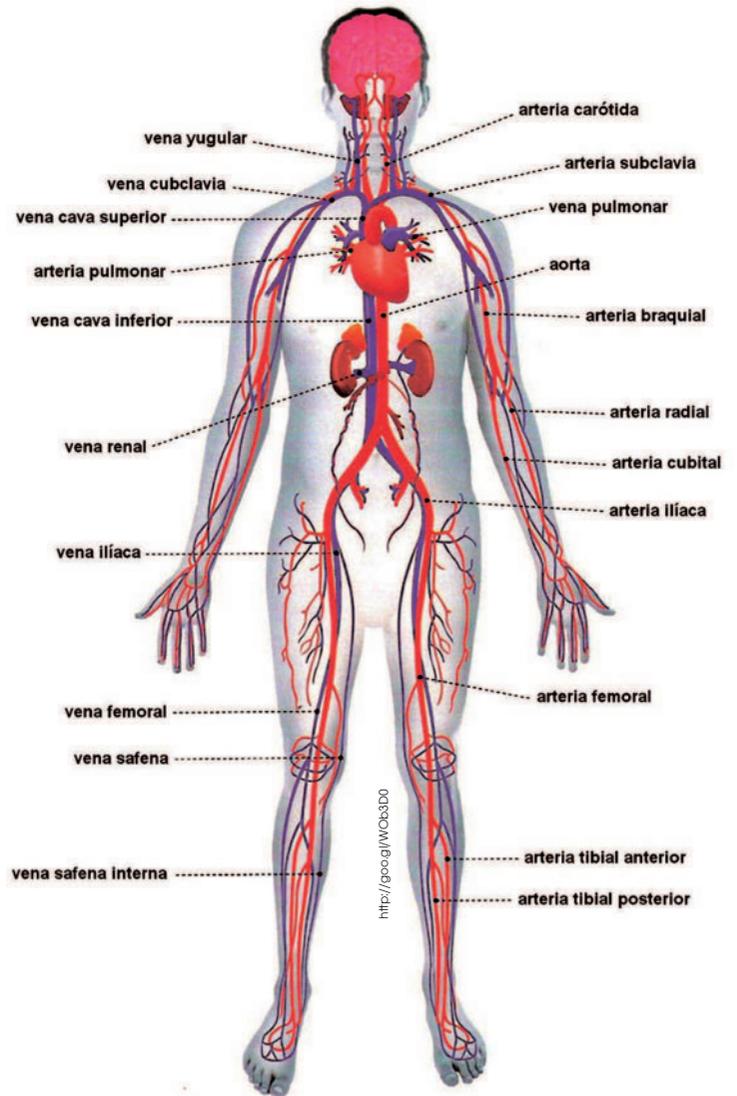
- El **corazón** es un órgano musculoso del tamaño de un puño, situado en la parte izquierda del tórax, entre los dos pulmones.

El interior del corazón está dividido en cuatro cavidades: dos superiores o **aurículas**, y dos inferiores o **ventrículos**.

La aurícula izquierda y el ventrículo izquierdo se comunican entre sí por la **válvula mitral**. La aurícula derecha y el ventrículo derecho lo hacen mediante la válvula tricúspide.

No existe comunicación alguna entre las cavidades de la parte derecha del corazón y las de la parte izquierda.

El corazón está formado por tres capas de tejido: el **pericardio**, que tiene función protectora al ser la capa más externa; el **miocardio**, que es la capa de tejido muscular cardíaco responsable de los movimientos del corazón; y el **endocardio**, que es una capa de tejido epitelial que recubre el interior del corazón.



Prohibida su reproducción

- Los **vasos sanguíneos** son los conductos por donde circula la sangre. Forman una extensa red de tubos de diámetro variable. Existen diversos tipos de vasos sanguíneos: las arterias, las arteriolas, los capilares, las vénulas y las venas.

Las **arterias** son los vasos que salen del corazón para distribuir la sangre por todo el cuerpo. Las **venas** son los vasos que retornan la sangre al corazón.

Ambos conductos están constituidos por tres capas de tejido: una capa interna de tejido epitelial, una capa media de tejido muscular y una capa externa de tejido conjuntivo. Las paredes de las arterias son muy elásticas para poder soportar la fuerza con la que el corazón impulsa la sangre, mientras que las paredes de las venas lo son menos.

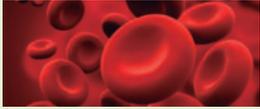
Las **arteriolas** son ramificaciones de las arterias, y por ello su diámetro es inferior. Del mismo modo, las **vénulas** son ramificaciones

de las venas. Los **capilares** son ramificaciones de arteriolas y vénulas, y sus paredes son muy finas, porque en ellos tiene lugar el intercambio de sustancias con las células.

- La **sangre** está formada por el plasma y los elementos celulares.

El **plasma** es un líquido, compuesto por agua y diversas sustancias, como proteínas, lípidos..., en el que se encuentran inmersos los elementos celulares.

Los **elementos celulares** son los eritrocitos, los leucocitos y los trombocitos.

<p><b>Eritrocitos</b></p> <p>Los eritrocitos, o glóbulos rojos, transportan el oxígeno en su interior gracias a una proteína denominada <i>hemoglobina</i>.</p>	 <p><small>http://googl.co/oban</small></p>
 <p><small>http://googl.co/1ZL</small></p>	<p><b>Leucocitos</b></p> <p>Los leucocitos, o glóbulos blancos, combaten las infecciones destruyendo los agentes infecciosos.</p>
<p><b>Trombocitos</b></p> <p>Los trombocitos o plaquetas, intervienen en los procesos de coagulación.</p>	 <p><small>http://googl.co/oban</small></p>



### El pulso arterial

La circulación sanguínea produce la dilatación rítmica e intermitente de las arterias, debido a los latidos del corazón. Esta dilatación recibe el nombre de *pulso arterial*.

Veamos cómo tomar el pulso de un compañero o compañera.

—**Palpa** con las yemas de los dedos la parte anterior de la muñeca de tu compañero, hasta encontrar el punto donde se percibe el latido de la arteria radial. Tu compañero o compañera debe estar sentado y no debe haber realizado ejercicio físico.

—Una vez que has detectado el pulso, **pon** en marcha un cronómetro y **cuenta** las pulsaciones durante quince segundos. Al valor obtenido **multiplícalo** por cuatro, para conocer el número de pulsaciones por minuto.

El pulso arterial en reposo es de unas 70 pulsaciones por minuto. Si se realiza ejercicio físico intenso como subir escaleras, hacer flexiones, etc., puede incrementarse hasta 160 pulsaciones por minuto, o incluso, 220.

6. **Describe** las siguientes partes y órganos:

ventrículo – válvula mitral – arterias – vénulas aurícula – válvula tricúspide – venas – capilares

7. **Explica** cuál es la composición de la sangre.

a. ¿Qué función desempeñan sus componentes?

## 2.2. Movimientos del corazón

La sangre circula por todo el cuerpo impulsada por el corazón, gracias a los movimientos del miocardio. Estos movimientos son la sístole y la diástole.

La **sístole** es el movimiento de contracción del miocardio, tejido muscular; y la **diástole** es el movimiento de relajación.

El miocardio de las aurículas y los ventrículos no se contrae al mismo tiempo, sino que lo hace en dos etapas diferentes.

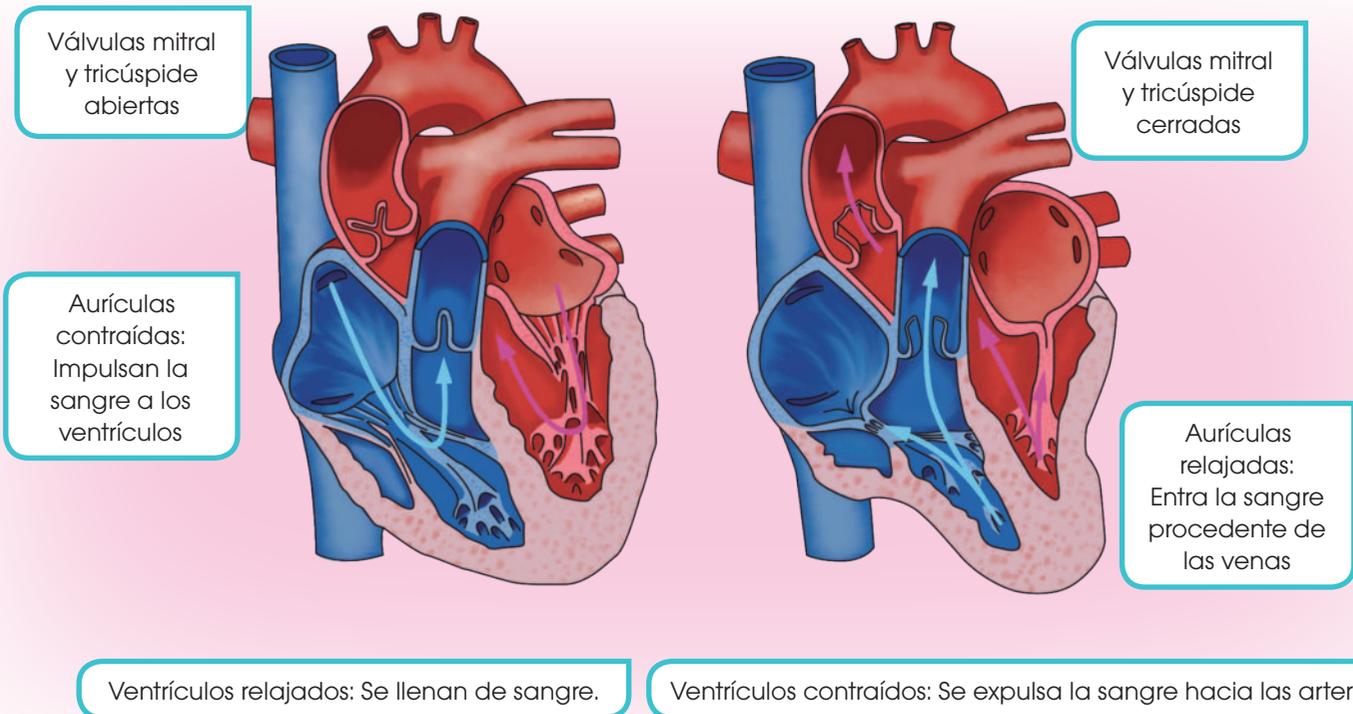
Las **aurículas** realizan un movimiento de **diástole** que permite que entre la sangre procedente

de las venas cavas y pulmonares. A su vez, los **ventrículos** hacen un movimiento de **sístole** que expulsa la sangre que contienen hacia las arterias pulmonar y aorta.

Las **válvulas** mitral y tricúspide están **cerradas**. De este modo, la sangre no puede retroceder.

A continuación, las **aurículas** hacen un movimiento de **sístole**, gracias al cual se contraen y la sangre que contienen pasa a los **ventrículos**. Simultáneamente, los ventrículos realizan un movimiento de **diástole** y se llenan de sangre procedente de las aurículas.

Las **válvulas** mitral y tricúspide están **abiertas**.



8. **Ordena** las siguientes etapas suponiendo como inicio la diástole del corazón.

- La sangre pasa de las aurículas a los ventrículos.
- Las válvulas mitral y tricúspide están cerradas.
- La sangre de las venas cavas y pulmonares entra en las aurículas.
- Las válvulas mitral y tricúspide están abiertas.
- Los ventrículos expulsan la sangre por las arterias pulmonar y aorta.

—¿Por qué cualquier etapa puede considerarse el inicio del impulso de la sangre? **Justifica** tu respuesta.

## 2.3. La circulación de la sangre

Una vez que la sangre emprende su trayecto por el interior del sistema circulatorio, realiza dos recorridos diferentes conocidos como la *circulación mayor* y la *circulación menor*.

- En la circulación mayor, la sangre recorre los órganos de nuestro cuerpo distribuyendo nutrientes y oxígeno.

La sangre, cargada de oxígeno, pasa de la aurícula izquierda al ventrículo izquierdo y sale del corazón por la arteria aorta.

Las ramificaciones de la aorta permiten que la sangre llegue a los órganos.

Durante este recorrido, la sangre va cediendo los nutrientes y el oxígeno que transporta a las células y recoge el dióxido de carbono y otras sustancias de desecho que estas producen.

Este recorrido finaliza cuando la sangre regresa a la aurícula derecha del corazón a través de las venas cavas.

A continuación, comienza la circulación menor.

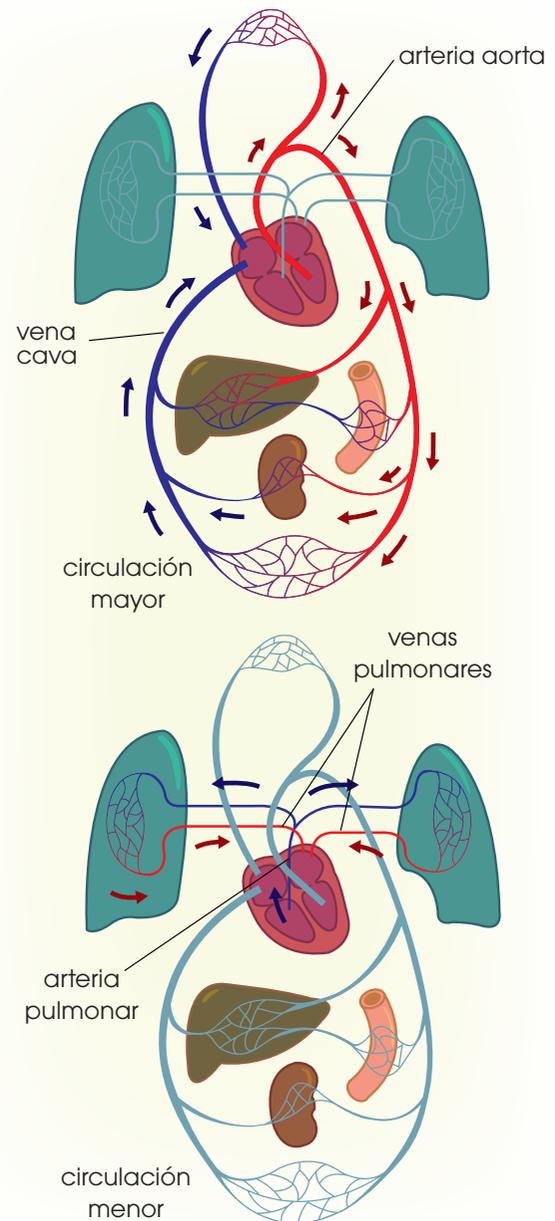
- En la circulación menor, también llamada *pulmonar*, la sangre va desde el corazón hacia los pulmones para ceder el dióxido de carbono y captar el oxígeno.

La sangre, cargada de dióxido de carbono, pasa de la aurícula derecha al ventrículo derecho y va de este hacia las arterias pulmonares, que la conducirán a los pulmones.

En los alveolos pulmonares tiene lugar el intercambio gaseoso, en el que la sangre cede el dióxido de carbono y capta el oxígeno.

La sangre, cargada de oxígeno, entra de nuevo en la aurícula izquierda a través de las venas pulmonares. De esta manera, se inicia otra vez la circulación mayor.

Para concluir, podemos afirmar que, para que una gota de sangre realice un recorrido completo, debe pasar dos veces por el corazón. Por este motivo, decimos que en el ser humano la sangre realiza una circulación doble.



9. **Explica** la trayectoria de una gota de sangre desde que sale del ventrículo izquierdo hasta que vuelve al mismo ventrículo.

—**Señala** el nombre de los principales vasos sanguíneos que recorrerá.

10. **Contesta:** ¿Qué significa que la circulación en el ser humano es *doble*?

**Solución:** El hecho de que la circulación en el ser humano sea doble significa que la sangre recorre dos circuitos diferentes: un circuito pulmonar que lleva la sangre desoxigenada a los pulmones y la devuelve al corazón oxigenada y un circuito mayor en el que la sangre oxigenada va a todos los órganos y tejidos del cuerpo y vuelve al corazón desoxigenada.

## 2.4. La salud del sistema circulatorio

En la actualidad, en los países desarrollados, los trastornos del sistema circulatorio constituyen la principal causa de mortalidad. Por todo ello es muy importante seguir diversas acciones preventivas:

- Seguir una dieta baja en grasas animales, ya que algunas, como el colesterol, se depositan en el interior de los vasos sanguíneos y los obstruyen. Para ello, debemos moderar o suprimir el consumo de alimentos como los productos de pastelería, el chocolate, la grasa de la carne, etc.
- Hacer ejercicio físico moderado para fortalecer la musculatura del corazón.
- No fumar, ya que el tabaco reduce el diámetro de los vasos sanguíneos.

### Enfermedades del sistema circulatorio

**Hipertensión arterial:** Consiste en un aumento anormal de los valores de la tensión sanguínea debido a diversas causas, por ejemplo, enfermedades cardíacas y pulmonares. Los síntomas son dolores de cabeza y vértigo. Sin embargo, en muchos casos, no se produce ningún síntoma. El tratamiento consiste en un estricto control médico y seguir las medidas preventivas citadas anteriormente.

**Ateroesclerosis:** Consiste en la acumulación de colesterol en las paredes de las arterias, de modo que dificulta la circulación de la sangre. Esta acumulación se debe a diversas enfermedades y se agrava por fumar. Como consecuencia, puede producirse una enfermedad coronaria. El tratamiento consiste en seguir las medidas preventivas citadas anteriormente.

**Infarto de miocardio:** Se trata de una lesión de una parte del músculo cardíaco a causa de la obstrucción de algunas de las arterias que llevan la sangre al corazón. Como consecuencia, esta parte del corazón no recibe sangre y queda inutilizada. Los síntomas son un fuerte dolor en el pecho y sensación de angustia. El tratamiento consiste en la administración de medicamentos y seguir las medidas preventivas citadas anteriormente.

Muchas de las enfermedades que afectan a nuestro cuerpo se manifiestan en la sangre y para poder detectarlas se realizan los **análisis de sangre**. Estos consisten en el estudio de una muestra de sangre, de la que se calcula el número de diferentes elementos celulares, la cantidad y el tipo de sustancias que contiene el plasma.

Los aspectos que se analizan reciben el nombre de *parámetros sanguíneos*. Algunos de ellos son los eritrocitos, número de eritrocitos por cada  $\text{mm}^3$  de sangre; hematócrito, proporción entre el volumen de los elementos celulares y el volumen de sangre; leucocitos, número de leucocitos por cada  $\text{mm}^3$  de sangre; glucemia, miligramos de glucosa en

100 ml de sangre; colesterolemia, miligramos de colesterol en 100 ml de sangre.

Cuando alguno de estos parámetros se separa de los valores preestablecidos, significa que se sufre algún trastorno. Por ejemplo, el hematócrito tiene un valor bajo cuando se padece una anemia.

### Y TAMBIÉN:



#### La hipercolesterolemia

Se trata de un valor elevado de colesterol en la sangre frecuentemente relacionado con la ateroesclerosis.

Para prevenir la hipercolesterolemia se recomienda reducir el nivel de colesterol de la dieta.

11. **Explica** en qué consiste la *ateroesclerosis* y cómo prevenirla.

12. **Contesta:** ¿En qué consisten los análisis de sangre? ¿Qué son los *parámetros sanguíneos*?

### 3. EL CEREBRO HUMANO

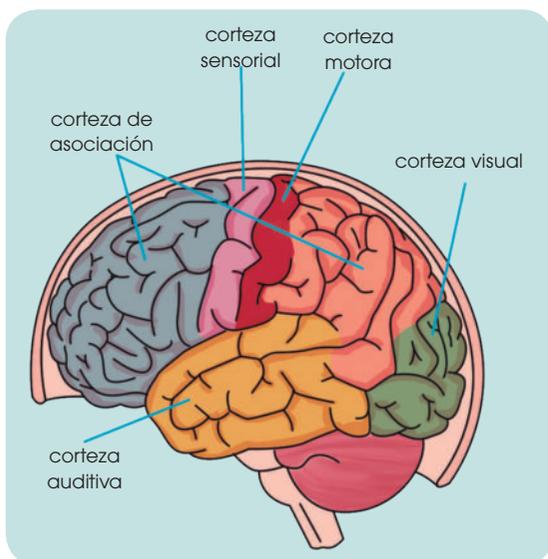
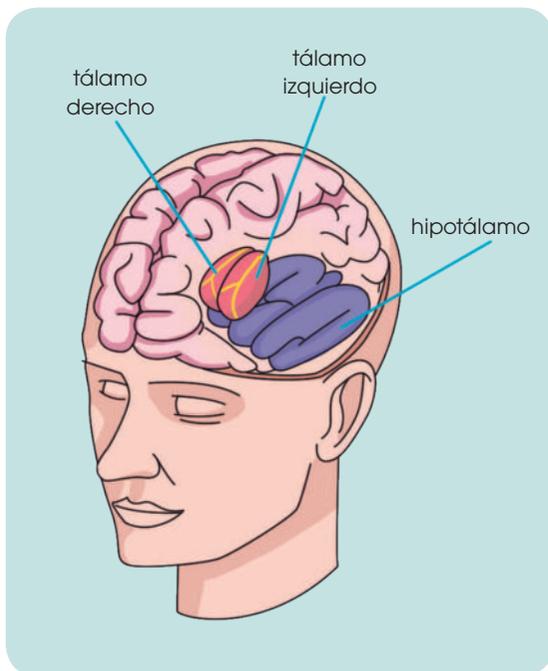
A lo largo del proceso evolutivo, el cerebro humano ha alcanzado un elevado grado de desarrollo que le ha permitido un mayor perfeccionamiento de sus funciones.

El cerebro humano consta de dos **hemisferios cerebrales**, derecho e izquierdo, divididos por el **cuerpo caloso**, que es una densa masa de fibras nerviosas.

La **corteza cerebral** es la parte del cerebro donde se integra la información que llega a este, se elaboran las respuestas y se llevan a cabo los procesos de la memoria y el razonamiento. Por esta razón, existe una relación directa entre la superficie de la corteza cerebral y el grado de perfeccionamiento de las funciones cerebrales. Para aumentar esta superficie se han desarrollado unos repliegues, denominados **circunvoluciones cerebrales**, que aparecen en los mamíferos. El gran número de estas en el ser humano hace que su corteza cerebral tenga una superficie de 2500 cm<sup>2</sup>. La corteza está dividida en **lóbulos**, que son zonas limitadas por unos surcos y que reciben el nombre del hueso del cráneo más cercano: *frontal*, *parietal*, *temporal* y *occipital*.

Existen distintas áreas de la corteza, las cuales desarrollan funciones especializadas:

- **Corteza motora:** Controla el movimiento de los músculos esqueléticos. Se localiza en el lóbulo frontal.
- **Corteza sensorial:** Recibe los estímulos del tacto, la temperatura, el dolor y el gusto. Se sitúa en la parte superior del lóbulo parietal.
- **Corteza visual:** A ella llegan las sensaciones visuales; ocupa el lóbulo occipital.
- **Corteza auditiva:** Recibe los estímulos sonoros y se encuentra en la zona más próxima al oído, en el lóbulo temporal.
- **Corteza de asociación:** Existen otras áreas de la corteza cuya función es relacionar la información que recibe el cerebro acerca del medio con las emociones, la memoria y el aprendizaje. Estas zonas se localizan en el lóbulo frontal, el temporal y el occipital, aunque el mecanismo de los procesos que tiene lugar en ellas está todavía en estudio.



■ Áreas de la corteza

En la parte central del encéfalo se encuentran dos estructuras formadas por **sustancia gris**, el tálamo y el hipotálamo, que participan en los procesos de integración y procesamiento de los estímulos.

- El **tálamo** interviene en la conexión de las zonas sensitivas y motoras de la corteza.
- El **hipotálamo** recibe información sobre el estado general del organismo y regula procesos metabólicos a través del sistema endocrino, que describiremos en la próxima unidad), o bien a través de impulsos nerviosos que causan sensaciones como la sed o el hambre.

La **inteligencia** es la facultad de pensar, conocer y comprender la información que recibimos del medio, y se manifiesta en los cerebros más desarrollados, como el del ser humano. Se basa en la capacidad de memorizar y, por tanto, de aprender.

La **memoria** se desarrolla a partir de una serie de conexiones entre neuronas, localizadas básicamente en la corteza de asociación, que almacenan los estímulos que llegan al cerebro. Comprende tres fases distintas:

- **La memoria inmediata:** Es la información que se acaba de recibir y se mantiene unos segundos en las redes de la corteza sensorial.
- **La memoria reciente:** Retiene hechos y pensamientos localizados en un período de unas horas.
- **La memoria remota:** Comprende los hechos y pensamientos más antiguos.

Cualquier nuevo estímulo que llegue al cerebro, ya sea visual, sonoro, táctil, etc., es comparado con una experiencia similar anterior, de este modo se desarrolla el proceso del **aprendizaje**.

El ser humano tiene la capacidad de comunicarse mediante el **lenguaje**, que es el código empleado para que el individuo pueda comunicarse con otros seres humanos. Se aprende durante la infancia, desde que el niño es capaz de emitir sonidos y comienza a asociar algunos sonidos con determinados objetos, y desarrolla el lenguaje oral. El lenguaje escrito se aprende

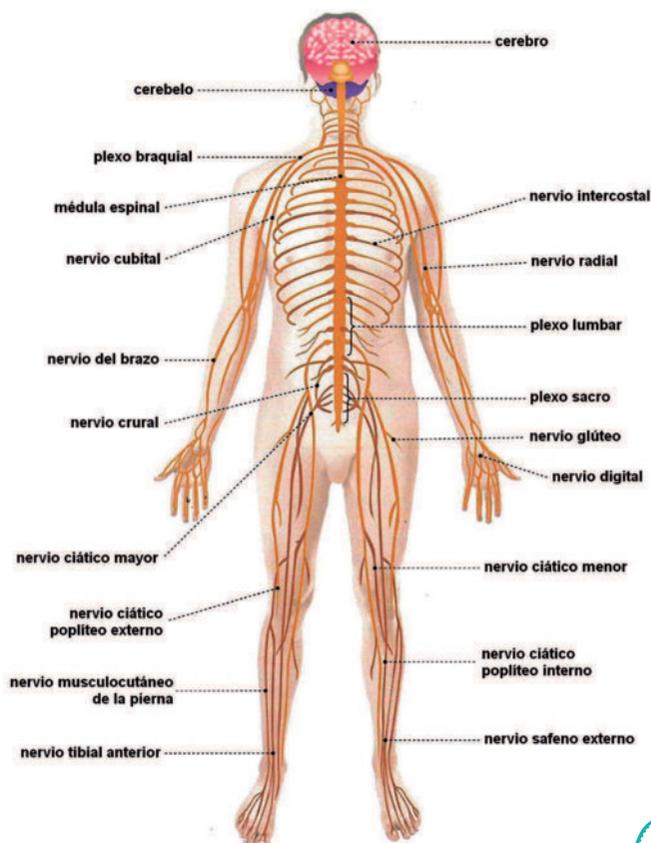
en una fase de maduración posterior de los niños. Así, la memoria es la base que permite el aprendizaje del lenguaje.

El proceso del **pensamiento** se basa en la capacidad de comunicarse por medio del lenguaje. Permite asociar, además de estímulos concretos, ideas almacenadas en la memoria, con lo que se llega a desarrollar el **razonamiento**, y a tener capacidad de **juicio**.

Las **emociones** dependen de la actividad que se lleva a cabo en neuronas situadas en la base del cerebro, que están conectadas con la corteza cerebral y el hipotálamo. Esta conexión permite que, tanto un determinado estímulo externo, como un pensamiento, produzcan reacciones en el organismo como la aceleración del pulso que provoca el hecho de estar ante un peligro, ya sea real o producido por la imaginación.

La capacidad de desarrollar las funciones cerebrales se transmite de forma hereditaria, pero su desarrollo real depende del proceso de aprendizaje de cada individuo, que formará su inteligencia y su personalidad.

## SISTEMA NERVIOSO



### 3.1. Emisión de la respuesta motora

Para responder a los estímulos, desde el sistema nervioso central se emiten las órdenes hacia distintos puntos del organismo. Esta respuesta puede dirigirse a los músculos, donde se producirá un movimiento, o bien a las glándulas endocrinas a través del hipotálamo, para dar lugar a una secreción hormonal.

Las respuestas viajan desde el sistema nervioso central hasta la zona donde se producen del mismo modo que lo hacen los estímulos: por impulsos nerviosos. En esta unidad nos centraremos en el estudio de las respuestas relacionadas con los músculos.

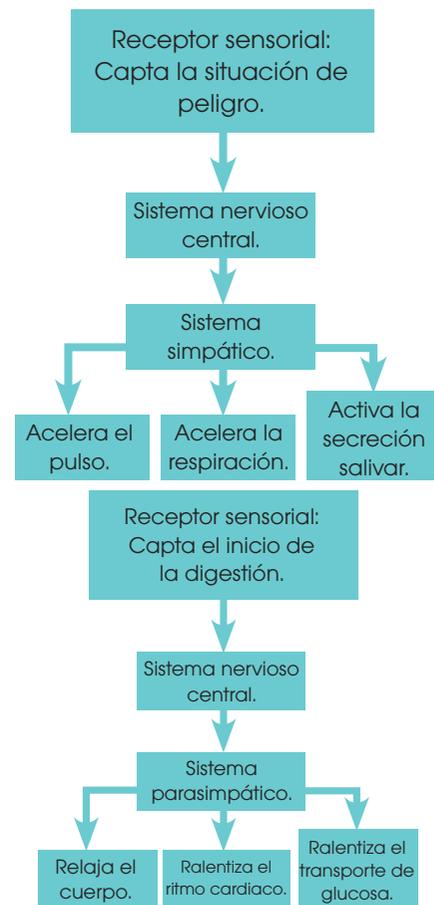
Los cuerpos de las neuronas de los centros nerviosos emiten las respuestas, que viajan por los **nervios motores** hasta los músculos efectores.

Según la respuesta que transportan, los nervios motores forman:

- **La red nerviosa somática:** Controla los músculos que pueden moverse de forma voluntaria, es decir, la musculatura esquelética. El impulso comienza en el área motora de la corteza cerebral o en el cerebelo, sigue por el tronco encefálico, la médula espinal, y de esta salen los nervios motores a distintos niveles hacia los músculos.
- **La red nerviosa autónoma:** Controla los músculos que se mueven de forma involuntaria, es decir, la musculatura lisa y la cardíaca.

El impulso puede comenzar en el tronco encefálico o en la médula espinal. Cada nervio motor sale de la médula espinal, conecta con un ganglio nervioso y desde este parten las conexiones nerviosas hacia los diferentes órganos.

Por su parte, la respuesta autónoma se realiza de dos modos:



#### Respuesta del sistema nervioso simpático

El **sistema nervioso simpático** se activa en situaciones de estrés: miedo confusión, ira, huida, lucha, ejercicio físico. Su activación comporta la liberación de adrenalina y noradrenalina, neurotransmisores que tienen los siguientes efectos sobre el organismo:

- Dilatación de pupilas
- Aumento de la frecuencia cardíaca y de la contracción cardíaca y, como consecuencia, aumento de la presión arterial
- Broncodilatación para permitir la entrada de aire
- Vasodilatación de corazón, hígado, músculos y tejido graso
- Glucogenolisis en el hígado y lipólisis del tejido adiposo
- Aumento de la glucosa sanguínea

#### Respuesta del sistema nervioso parasimpático

El sistema nervioso parasimpático relaja el cuerpo y, por lo tanto, ejerce una función contraria al simpático. Su actuación conlleva la liberación, entre otros neurotransmisores, de acetilcolina, que tiene los siguientes efectos sobre el organismo:

- Reduce el ritmo respiratorio y el cardíaco.
- Estimula la secreción salivar.
- Estimula los músculos involuntarios del sistema digestivo para favorecer la digestión.
- Estimula la producción de orina.
- Retarda el transporte de glucosa hacia órganos no implicados en la digestión.

La mayoría de los órganos recibe una doble inervación: simpática, estimuladora; y parasimpática, relajante. La alternancia de estos dos tipos de estímulos es un mecanismo fundamental en la regulación de las funciones vitales. La siguiente tabla resume los efectos de la inervación simpática y parasimpática sobre diferentes órganos:

Órgano	Inervación parasimpática	Inervación simpática
Pupila	Contracción	Dilatación
Corazón	Bradycardia	Taquicardia
Bronquios	Contracción	Dilatación
Glándulas sudoríparas	Secreción generalizada	Secreción local
Glándulas salivares	Secreción generalizada	Secreción viscosa
Vejiga	Contracción incompleta	Mayor contracción
Tubo digestivo	Aumento del peristaltismo	Disminución del peristaltismo

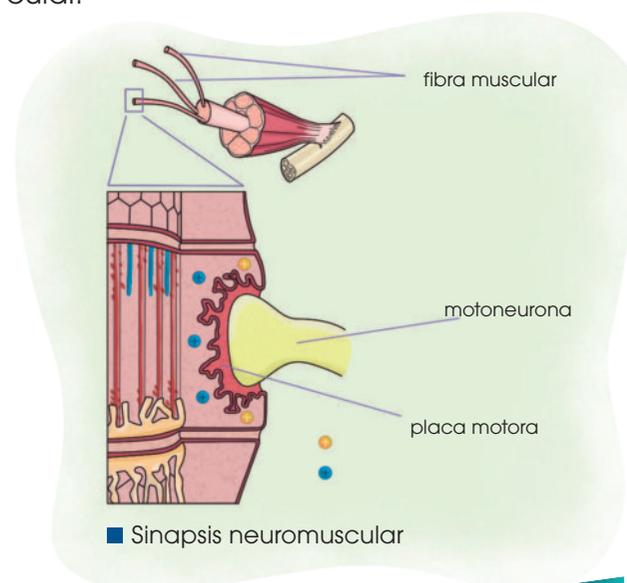
### 3.2. La sinapsis neuromuscular

Los nervios motores transportan las respuestas del sistema nervioso central en forma de estímulos, que se van transmitiendo a lo largo de las fibras nerviosas hasta llegar a los músculos. El impulso nervioso que llega al músculo produce una excitación de las fibras de este, las cuales se contraen. La contracción del músculo esquelético en los vertebrados es la más estudiada. En los músculos se produce una sinapsis entre la neurona y la musculatura, de forma similar a la que existe entre dos células nerviosas. A la unión entre una neurona y una fibra muscular la denominamos **sinapsis neuromuscular**, y la estructura obtenida es la **placa motora**.

- En el extremo del axón se produce una secreción de acetilcolina.
- Esta sustancia es captada por los receptores de la membrana plasmática de la fibra muscular. Esto provoca un cambio en la concentración de iones  $\text{Na}^+$  que genera un potencial eléctrico.

- El cambio de potencial produce la secreción de iones  $\text{Ca}^{2+}$  desde el retículo endoplasmático al citoplasma. Esta secreción provoca la contracción de la fibra muscular.

A diferencia de la sinapsis entre neuronas, la sinapsis neuromuscular es siempre excitadora, produce siempre una contracción muscular.



#### 13. Contesta.

- ¿Qué centro de control nervioso se considera el más primitivo? ¿Qué grupo de animales lo presenta?
- ¿Qué son los nervios? ¿En qué se diferencian de los ganglios?

14. **Explica** qué es la sustancia blanca. **Indica**, a continuación, cómo se distribuyen las dos

sustancias en cerebro, cerebelo y médula espinal.

15. **Define** y **localiza** los siguientes conceptos:

- cuerpo caloso
- tronco encefálico
- corteza motora
- hipotálamo

16. ¿Qué es un *acto reflejo*? **Indica** un ejemplo y **explica** por qué la respuesta se da más rápidamente que la respuesta somática.

## 4. EL APARATO LOCOMOTOR

El aparato locomotor lleva a cabo un tipo de respuesta elaborada por el sistema nervioso, el movimiento. Como hemos visto, los nervios; sensitivos informan a los centros nerviosos sobre la posición del organismo y sus partes, y los nervios motores transmiten la respuesta a los músculos. El aparato locomotor está constituido por el **sistema esquelético** y el **sistema muscular**, los cuales funcionan de forma coordinada. Cuando el sistema nervioso envía una orden de contracción o de relajación a los músculos, estos, junto a los huesos a los que están unidos, producen un movimiento.

### 4.1. El sistema esquelético

El sistema esquelético está formado por los **huesos**, estructuras constituidas principalmente por tejido óseo. Los huesos tienen varias funciones:

- Sostienen nuestro cuerpo.
- Protegen algunos órganos delicados; por ejemplo, el cráneo resguarda al encéfalo.
- Posibilitan una gran variedad de movimientos.
- Constituyen un importante depósito de minerales, como el calcio.

El esqueleto humano consta de 208 huesos y estos pueden agruparse en dos zonas: esqueleto axial y esqueleto apendicular.

El **esqueleto axial** comprende:

- **Cráneo:** Los huesos del cráneo se caracterizan por ser planos. Su función es la de proteger el encéfalo. La parte anterior forma la **cara**.
- **Columna vertebral:** Está formada por una serie de huesecillos cortos llamados **vértebras**. En su parte central tienen un orificio por el cual pasa la médula espinal.

La columna vertebral constituye el soporte principal de nuestro cuerpo.

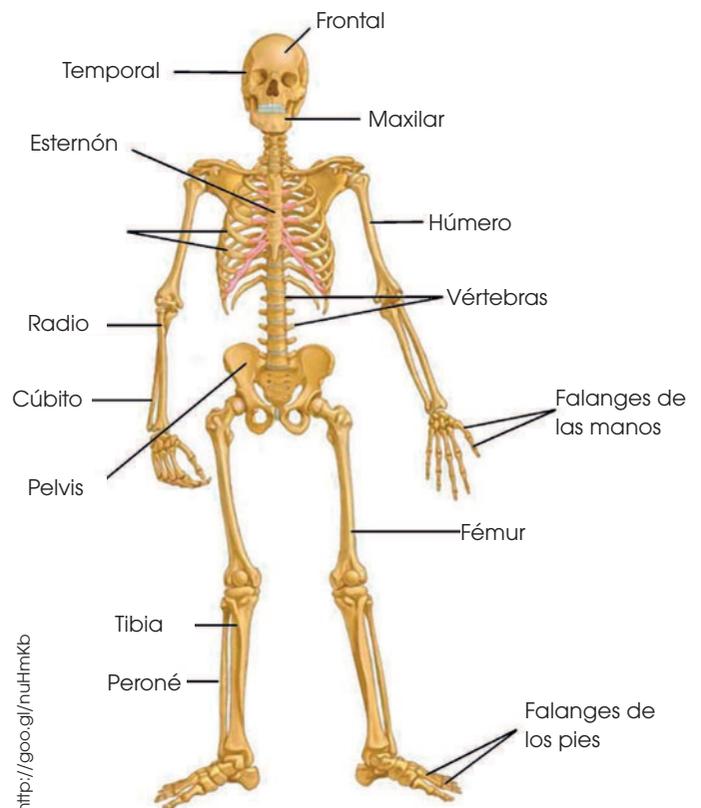
- **Tórax:** Está formado por las **costillas**, huesos planos con forma de arco que se unen por la parte anterior del cuerpo al **esternón**, hueso plano y alargado, y por la parte posterior a la columna vertebral.

El conjunto de las costillas, el esternón y la parte de la columna vertebral en la que se unen las costillas delimita el tórax, cuya función es proteger el corazón y los pulmones.

El **esqueleto apendicular** comprende:

- **Extremidades superiores:** Son los apéndices denominados *brazos*, que se unen al esqueleto axial por el llamado *cinturón escapular*.
- **Extremidades inferiores:** Son los apéndices denominados *piernas*, que se unen al esqueleto axial por el cinturón pélvico.

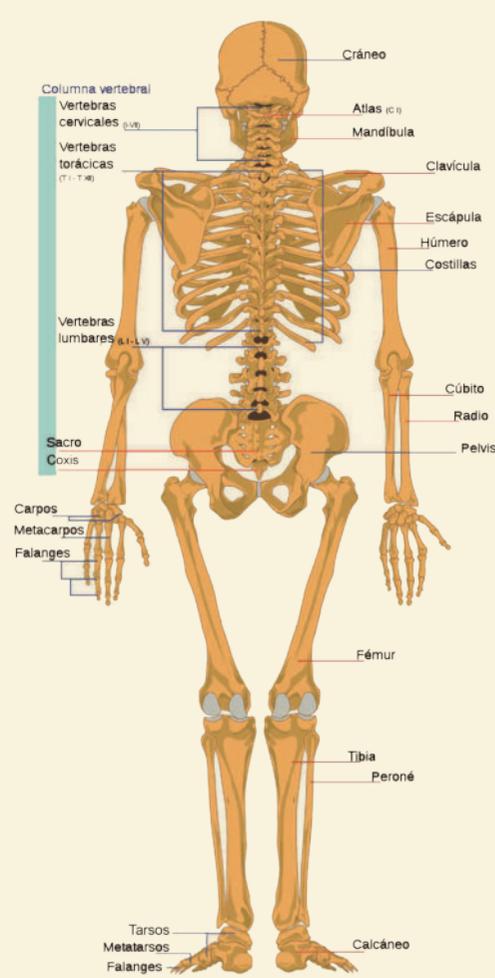
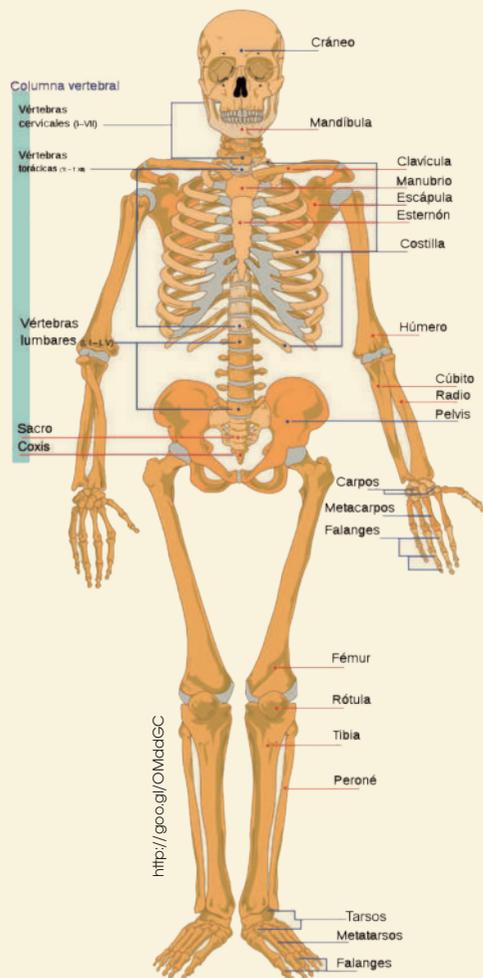
La función de ambos tipos de extremidades es la de ejecutar la mayor parte de los movimientos.



### Y TAMBIÉN:

#### Tejido óseo

El **tejido óseo** es un tipo de tejido conectivo que constituye los huesos.



Las **articulaciones** son las uniones entre dos o más huesos. La superficie de contacto entre los huesos está recubierta por tejido cartilaginoso para evitar el rozamiento y, por tanto, el desgaste óseo en los movimientos.

La función de las articulaciones es proporcionar movilidad entre los huesos.

Según el grado de movimiento de los huesos que las constituyen, las articulaciones pueden clasificarse en **articulaciones fijas**, **articulaciones semimóviles** y **articulaciones móviles**.

- **Las articulaciones fijas:** Son aquellas que casi no tienen capacidad de movimiento. Su función es proporcionar estabilidad a la unión de los huesos. Este es el caso de los huesos del cráneo, los cuales para aumentar la estabilidad tienen forma irregular que les permite encajar mejor entre ellos.

- **Las articulaciones semimóviles:** Son las que tienen poca capacidad de movimiento. Su función es proporcionar cierta flexibilidad. Un ejemplo de este tipo es la articulación entre las vértebras.
- **Las articulaciones móviles:** Son las que permiten muchos movimientos. En este caso los huesos no están en contacto directo. Un ejemplo es la articulación del codo, que permite la flexión y extensión del brazo.

### Y TAMBIÉN:

#### Los ligamentos

Los **ligamentos** suelen ser fibras de colágeno, cuya función es conectar los huesos y así reforzar las articulaciones.

El **colágeno** es una proteína que proporciona una gran resistencia.

17. **Explica** qué nervios y centros nerviosos intervienen en la respuesta ejecutada por el aparato locomotor.

18. **Contesta:** ¿Cuáles son las funciones del sistema esquelético?

19. **Contesta:** ¿Qué son las *articulaciones*? ¿Por qué son fijas las articulaciones del cráneo?

## 4.2. El sistema muscular

El sistema muscular está formado por los **músculos**. Los que están unidos a los huesos y recubren el esqueleto están formados por tejido muscular estriado, y reciben el nombre de **músculos esqueléticos**.

Estos músculos inducen el movimiento gracias a su capacidad de contracción, es decir, a su capacidad de reducir el tamaño de las fibras que los constituyen en un momento determinado.

El sistema muscular del aparato locomotor está formado por unos cuatrocientos músculos.

Los músculos esqueléticos constituyen bandas de fibras que pueden insertarse en los huesos mediante los **tendones**, estructuras alargadas de tejido conjuntivo.

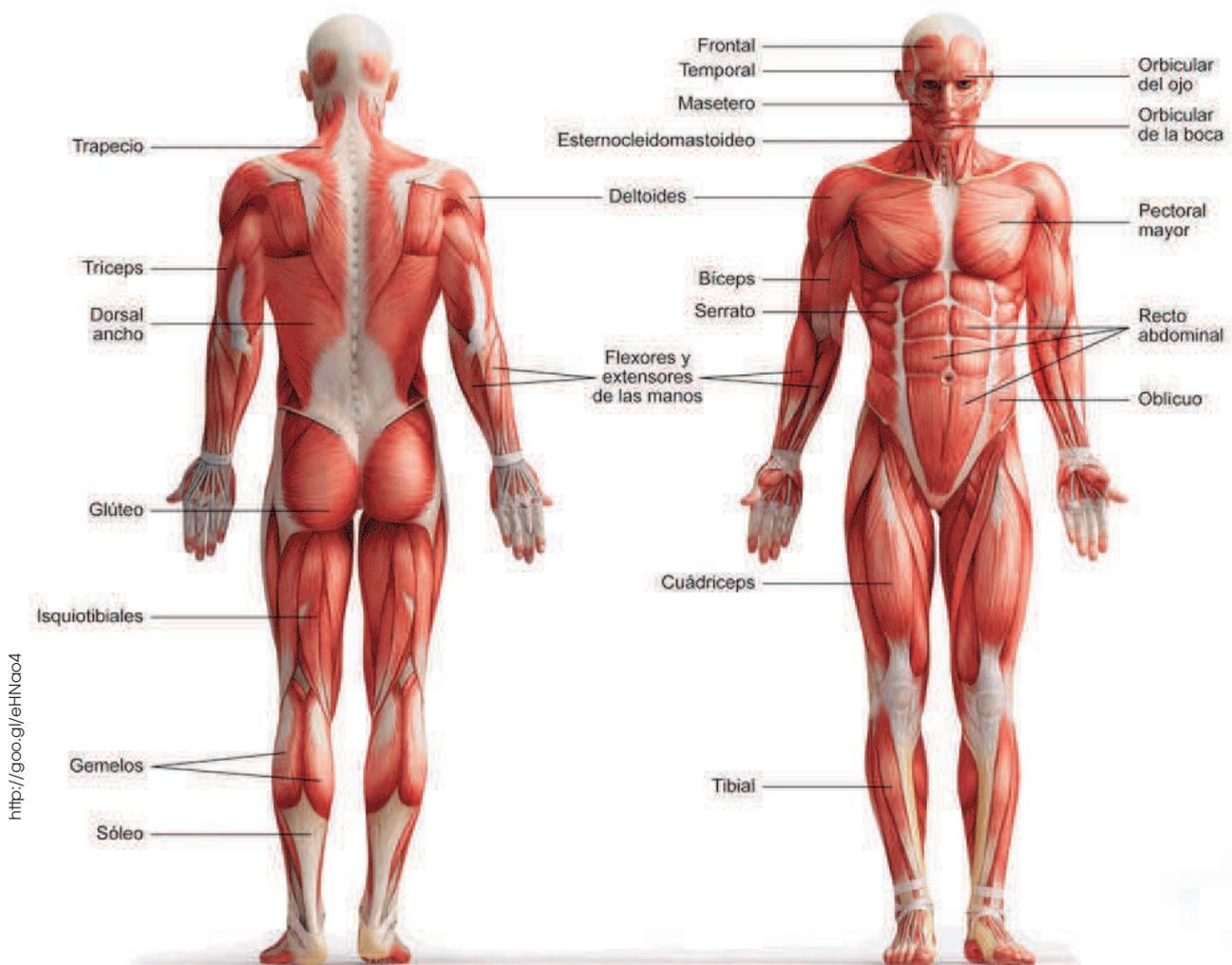
### Y TAMBIÉN:



#### Tipos de tejido muscular

Según la forma de sus células, el tejido muscular puede ser estriado y liso.

El tejido muscular estriado está formado por células alargadas. El tejido liso está formado por células fusiformes.



20. ¿Cuál es la función del sistema muscular?

—**Explica** una diferencia y una semejanza con el sistema esquelético.

21. **Contesta:** ¿Qué son los *tendones*? ¿Cuál es su función?

22. **Cita** los principales huesos y músculos de una extremidad inferior.

### 4.3. La salud del aparato locomotor

Para mantener la salud de nuestro aparato locomotor es muy importante seguir una dieta equilibrada y evitar el sedentarismo. La práctica de **ejercicio físico** tiene efectos beneficiosos sobre el aparato locomotor, así como sobre el resto de los sistemas del organismo, y contribuye a nuestro bienestar mental.

El ejercicio físico desarrolla la musculatura de forma que constituye una capa protectora de elementos como articulaciones, ligamentos y



<http://goo.gl/FVnYX>

**Josep Trueta i Raspall**  
cirujano barcelonés  
(1897-1977)

Investigó sobre diversos aspectos del aparato locomotor formación y crecimiento de los huesos, aplicación de técnicas para tratar los huesos y evitar posibles infecciones, etc. Su gran interés por la cirugía del aparato locomotor le llevó a la creación de un método de tratamiento de heridas, que lleva su mismo nombre. La aplicación del método Trueta salvó multitud de vidas durante la Guerra Civil Española, así como en otros conflictos bélicos.

Durante su exilio, fue nombrado doctor *honoris causa* en numerosas universidades europeas y americanas, y fue propuesto dos veces al Premio Nobel de Medicina.



<http://goo.gl/rn0gzi>

huesos. Además, ayuda a mantener un peso adecuado que previene la aparición de muchos problemas relacionados con la obesidad.

La mayoría de los trastornos o enfermedades del aparato locomotor suelen manifestarse como un dolor en un sector determinado de nuestro cuerpo, o bien como una inflamación. Es el caso de las fracturas, los esguinces, las contracturas, la escoliosis, la artritis, la artrosis, etc.

Podemos distinguir tres tipos de trastornos, dependiendo de la parte del aparato locomotor que afectan:

- Óseos, como las fracturas
- Articulares, como los esguinces
- Musculares, como las contracturas

Fracturas	Esguinces	Contracturas
Las <b>fracturas</b> son lesiones que consisten en la rotura parcial o total de un hueso debido a un traumatismo externo, como una caída o un accidente de tránsito. El síntoma principal es un intenso dolor. En función de la gravedad de la fractura, el tratamiento será más o menos complejo, aunque en todos los casos debe cumplir los siguientes objetivos: evitar complicaciones como infecciones o hemorragias, reducir el dolor y la inflamación mediante medicamentos y favorecer la consolidación del hueso fracturado mediante la inmovilización de la parte lesionada.	Los <b>esguinces</b> consisten en la rotura o una excesiva distensión de los ligamentos de las articulaciones debido a un traumatismo o a un movimiento brusco. El síntoma principal también es un dolor intenso. El tratamiento consiste en reducir el dolor y la inflamación, así como un tiempo de reposo para favorecer la recuperación de los tejidos lesionados.	Las <b>contracturas</b> son un trastorno muscular causado por la contracción continuada e involuntaria del músculo. Entre los síntomas principales, destacan el abultamiento de la zona afectada, el dolor y el mal funcionamiento del músculo. El tratamiento consiste en la aplicación de calor en la zona y la realización de masajes, que deben ser realizados por personal calificado; si esto no fuese así, la lesión podría agravarse.

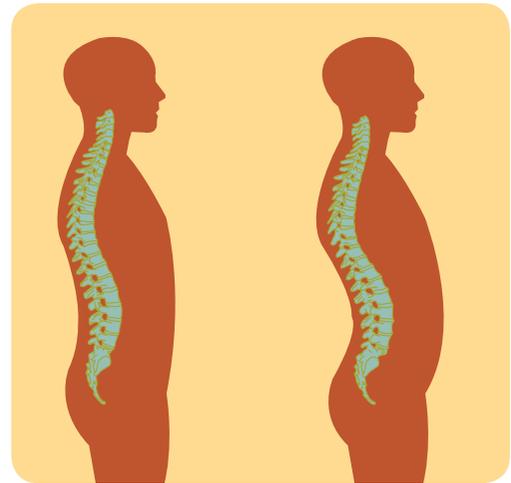
Algunos trastornos o enfermedades del aparato locomotor, como dolores de espalda, contracturas, etc., se deben a que mantenemos posturas incorrectas. Por ello, es necesario corregir los malos hábitos y adoptar otros más saludables.

La mayoría de problemas posturales se inician en la infancia por la adopción de posturas incorrectas no corregidas a tiempo. Esto puede ocasionar, aparte de defectos estéticos, desarreglos en la actividad de los órganos internos y problemas en funciones como la respiración, la deglución, la circulación sanguínea o la locomoción.

Una **buena postura** es aquella capaz de mantener una correcta alineación de los diferentes elementos corporales con el mínimo esfuerzo y estrés sobre el sistema nervioso y el aparato locomotor.

Algunos consejos para una postura correcta son:

- Si se lleva peso, distribuirlo uniformemente.
- Mantener el cuerpo erguido, sin exagerar las curvaturas normales de la espalda.
- Al sentarse, descansar los pies en el suelo flexionando las rodillas en ángulo recto respecto a las caderas y evitar la torsión de la columna vertebral.



■ Vista lateral de una columna vertebral con su curvatura natural y, a la derecha, otra con una curvatura excesiva

### Dolor de espalda

El **dolor de espalda** representa uno de los problemas de salud del aparato locomotor más frecuentes en nuestra sociedad. Una de las causas más comunes de estos dolores es la hernia discal, que consiste en la presión de un disco intervertebral sobre uno o varios nervios. Muy a menudo, los dolores de espalda afectan también a otras zonas del cuerpo empeorando el estado general de la persona.



<http://goo.gl/ah2hhD>

Para el diagnóstico de trastornos y enfermedades del sistema locomotor y de otros sistemas del organismo, el estudio radiológico es una técnica muy útil. Esta técnica de estudio consiste en la utilización de rayos X para detectar tejidos de diferentes densidades. Por ejemplo, los rayos X atraviesan tejidos blandos, pero no tejidos densos como el óseo.

Una vez las radiaciones han atravesado la parte del cuerpo sometida a estudio, llegan a una placa fotográfica que nos proporciona imágenes de tonalidades blancas, negras y grisáceas.

Los tejidos densos como el óseo dan lugar a las imágenes más blancas, mientras que los espacios vacíos dan lugar a las imágenes negras. Otros tejidos menos densos, como el muscular, dan lugar a imágenes más grisáceas.

23. **Contesta:** ¿Qué beneficios, sobre la salud del aparato locomotor, produce la práctica de ejercicio físico?
24. ¿Qué es una *fractura*? ¿Y un *esguince*?  
—**Explica** los síntomas y el tratamiento que se debe seguir en ambos casos.
25. **Analiza** tu postura mientras lees esta actividad. ¿Crees que presentas algún mal hábito postural? **Describe** en qué consiste y cuál sería la postura correcta.
26. **Explica** en qué consiste un estudio radiológico y qué nos permite diagnosticar.

Actividades

## 5. EL SISTEMA ENDOCRINO HUMANO

La producción de hormonas en el ser humano es similar a la del resto de los mamíferos; diversas glándulas y tejidos secretores intervienen en la regulación de los procesos fisiológicos del organismo.

En la siguiente ilustración podemos apreciar la localización de los principales componentes del sistema endocrino humano.

A continuación describimos los órganos secretores y la función de las distintas hormonas que intervienen en el metabolismo humano.

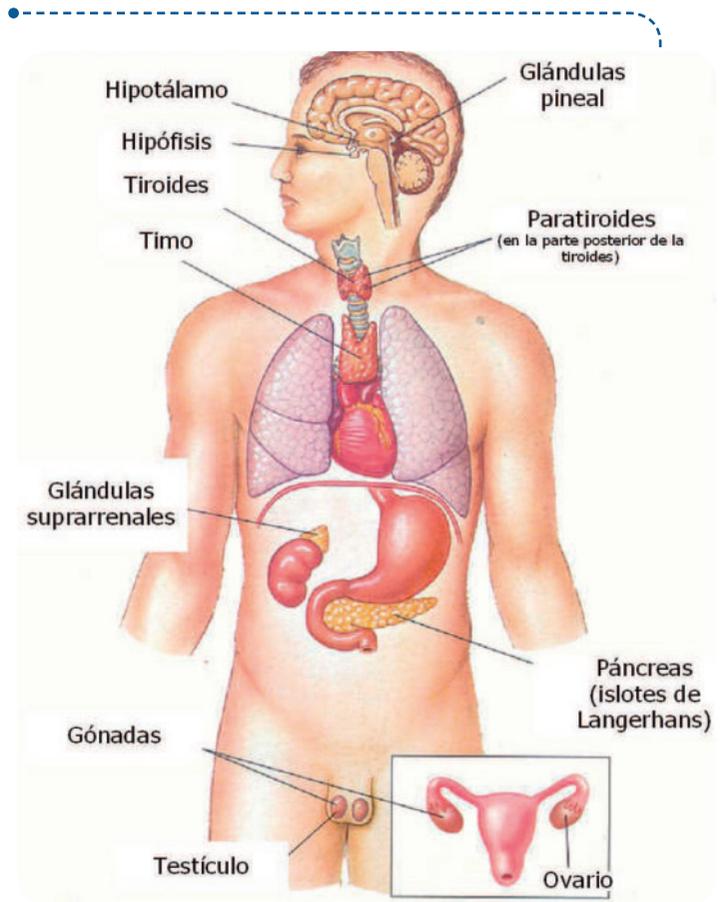
### 5.1. Hipotálamo

Está formado por tejido nervioso, cuyas neuronas reciben información procedente de la corteza cerebral acerca de los estímulos externos o internos.

El hipotálamo sintetiza neurohormonas que envía a la glándula hipófisis y pueden ser de dos tipos:

- Neurohormonas de función estimuladora o inhibidora sobre la hipófisis anterior.
- Otras neurohormonas pasan a la hipófisis posterior, donde son almacenadas, y desde allí se vierten a la sangre para alcanzar a los órganos diana. Estos son la oxitocina y la hormona antidiurética (ADH).

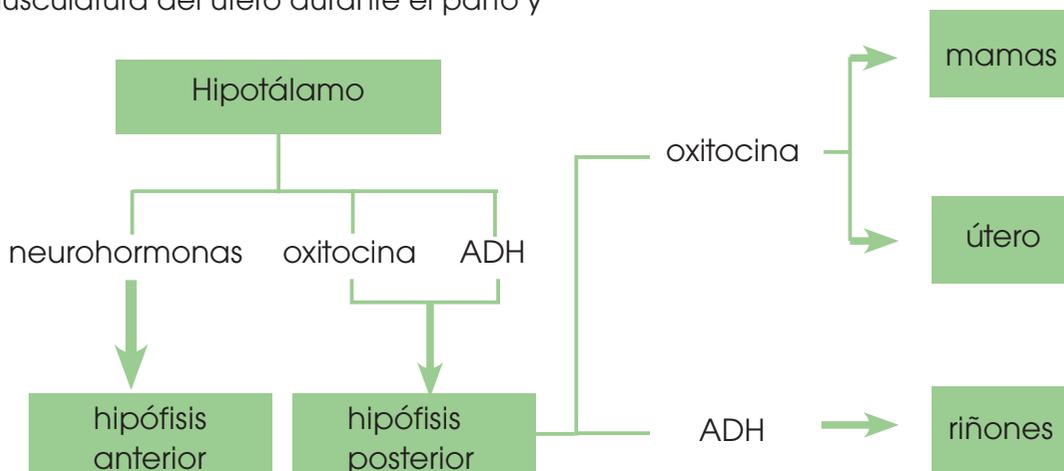
—La oxitocina estimula las contracciones de la musculatura del útero durante el parto y



<http://goo.gl/lpoiUO>

después de la expulsión del feto, para favorecer la recuperación de su volumen normal. También provoca la salida de la leche de las células glandulares de la mama.

—La hormona antidiurética (ADH) estimula la reabsorción de agua en las nefronas de los riñones. Así se mantienen constantes los valores de la presión sanguínea.



## 5.2. Hipófisis

En la hipófisis distinguimos:

- **Hipófisis anterior o adenohipófisis:** Tiene función glandular y segrega hormonas que pasan a la sangre.
- **Hipófisis posterior o neurohipófisis:** Almacena las neurosecreciones del hipotálamo y las libera al torrente sanguíneo.

La hipófisis anterior segrega seis hormonas diferentes, que podemos clasificar en dos grupos:

- **Hormonas que actúan directamente sobre órganos diana:** Son la hormona del crecimiento o somatotropina y la prolactina:

—La **hormona del crecimiento o somatotropina (GH)** actúa sobre los tejidos aumentando la síntesis de proteínas y estimula el crecimiento de los huesos.

—La **prolactina (PRL)** estimula la síntesis de leche en las células glandulares de la mama después del parto. Es activada por la succión del recién nacido.

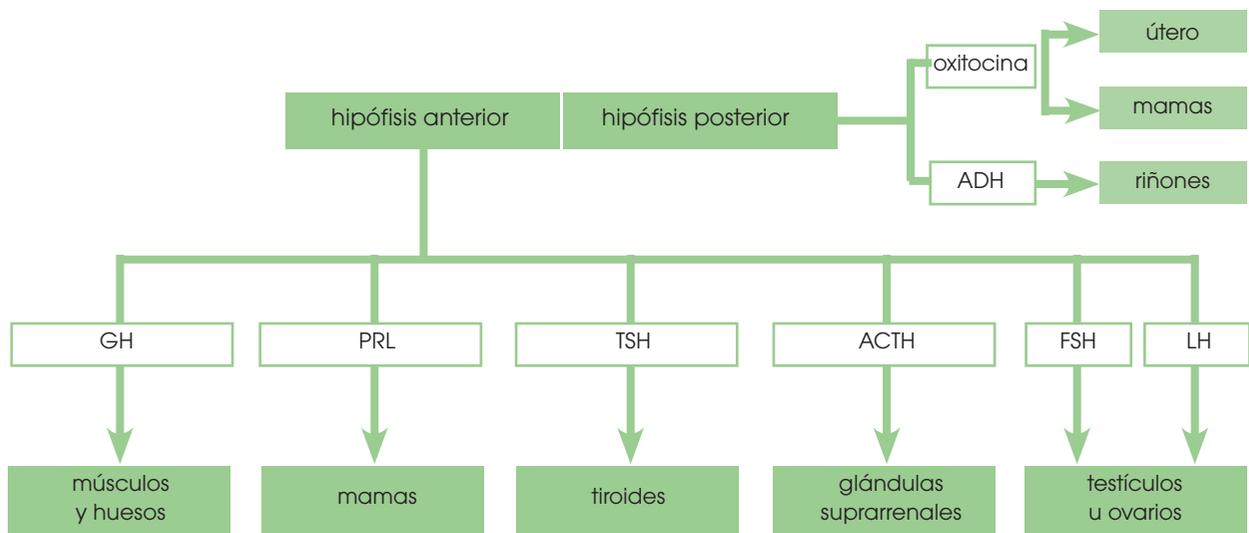
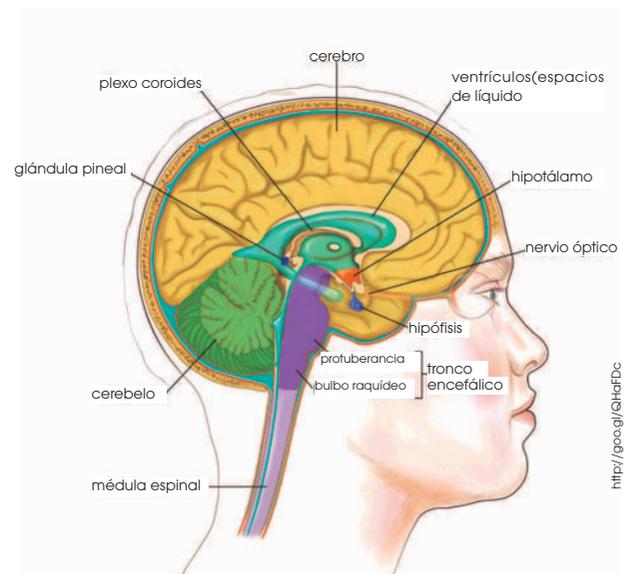
- **Hormonas que estimulan glándulas endocrinas:** Pertenecen a este grupo la hormona estimulante de la tiroides (TSH), la hormona adrenocorticotrópica (ACTH), la hormona foliculoestimulante (FSH) y la hormona luteinizante (LH):

—La **hormona estimulante de la tiroides (TSH)** estimula las células de la glándula tiroides para que aumente su producción de tiroxina.

—La **hormona adrenocorticotrópica (ACTH)** estimula la producción de cortisol en la corteza de las glándulas suprarrenales.

—La **hormona foliculoestimulante (FSH)** actúa sobre los testículos, y activa la producción de espermatozoides, y estimula la maduración de los ovocitos (células que darán lugar a los óvulos).

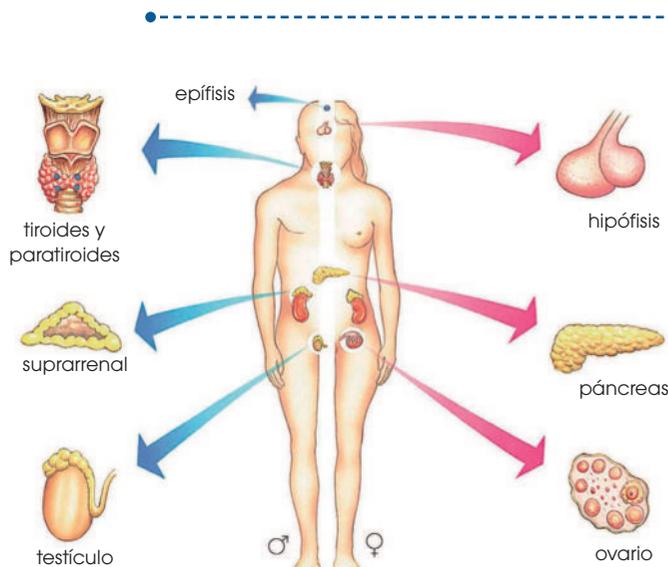
—La **hormona luteinizante (LH)** estimula la producción de testosterona por parte de las células intersticiales de los testículos y activa la maduración de los ovocitos a óvulos y su expulsión hacia las trompas de Falopio.



### 5.3. Glándulas endocrinas

Los centros de control hormonal, el hipotálamo y la hipófisis, regulan la síntesis y la secreción de hormonas en distintas partes del organismo.

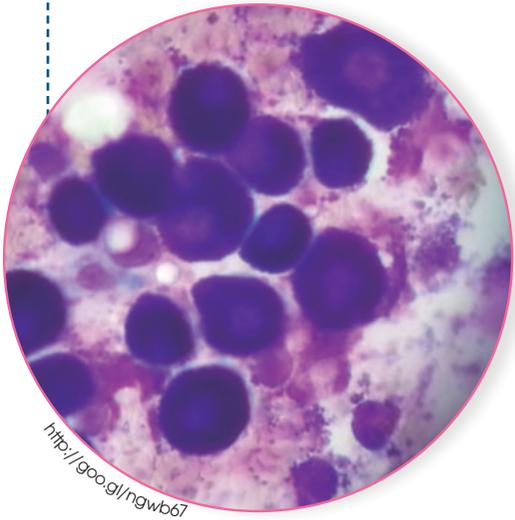
A continuación, resumimos las principales glándulas endocrinas, las hormonas que sintetizan y el mecanismo que activa su secreción.



<http://googl/Pc38vb>

Glándula	Hormona	Acción	Mecanismo activador	
<b>Tiroides</b> Situada en la base del cuello, junto a la tráquea.	<b>Tiroxina</b>	Acelera el metabolismo celular y, por tanto, el crecimiento del individuo.	Hormona estimulante de la tiroides (TSH); segregada por la hipófisis anterior.	
	<b>Calcitonina</b>	Inhibe la liberación de calcio de los huesos.	El aumento de iones $Ca^{2+}$ en la sangre.	
<b>Paratiroides</b> Situadas en la parte posterior de la tiroides.	<b>Hormona paratiroidea o paratohormona</b>	Estimula la liberación de calcio de los huesos.	La disminución de iones $Ca^{2+}$ en la sangre.	
Los <b>islotos de Langerhans</b> , grupos de células especializadas que ocupan una parte del páncreas.  Estos están situados a la altura de la cintura, en el lado izquierdo del cuerpo.	<b>Insulina</b> Sintetizada por las células beta de los islotos de Langerhans.	Favorece la absorción y utilización celular de la glucosa. A partir de la glucosa se sintetiza el glucógeno, que se almacena en el hígado.	La concentración alta de glucosa en la sangre.	
	<b>Glucagón</b> Sintetizada por las células alfa de los islotos de Langerhans.	Estimula la degradación del glucógeno del hígado a glucosa.	La baja concentración de glucosa en la sangre.	
<b>Glándulas suprarrenales</b> , situadas sobre los riñones	• <b>Corteza suprarrenal</b> (parte externa)	<b>Cortisol</b>	Degradación de proteínas y grasas a glucosa.	La hormona adrenocorticotrópica.
		<b>Aldosterona</b>	Activa la absorción de los iones $Na^+$ y la expulsión de $K^+$ en las nefronas. Mantiene la presión sanguínea.	La pérdida de iones $Na^+$ por la orina.
	• <b>Médula suprarrenal</b> (parte interna)	<b>Adrenalina</b> <b>Noradrenalina</b>	Contribuyen a reforzar la actividad del sistema simpático.	El sistema simpático.
<b>Testículos</b>	<b>Andrógenos</b> , (Ej.: testosterona)	Estimulan la formación de espermatozoides, y caracteres sexuales masculinos.	La hormona luteinizante.	
<b>Ovarios</b>	<b>Estrógenos y progesterona</b>	Intervienen en el ciclo menstrual y el embarazo.	La hormona luteinizante.	

Prohibida su reproducción



http://goo.gl/ngwb67

## 5.4. Hormonas tisulares

Una parte de las hormonas de nuestro organismo se sintetiza en tejidos no glandulares. Estas hormonas no son vertidas a la sangre, sino que actúan localmente. La gastrina y la histamina son dos de las más conocidas.

- La **gastrina** es segregada por la mucosa del estómago, en la zona del píloro. Estimula la secreción del jugo gástrico y del pancreático, y modifica la motilidad gástrica y esofágica.
- La **histamina** se encuentra en los mastocitos, que son un tipo de glóbulos blancos. Actúa como un potente dilataador de los capilares y de los vasos sanguíneos, y produce la contracción de la musculatura lisa.

### Hormonas lipídicas

- Cortisol
- Aldosterona
- Andrógenos
- Estrógenos
- Progesterona

### Hormonas peptídicas

- Insulina
- Tiroxina
- Calcitonina
- Adrenalina
- Gastrina
- Oxitocina
- Paratohormona
- Hormona antidiurética

## 5.5. Mecanismos de acción hormonal

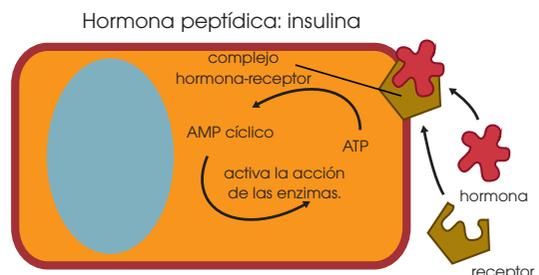
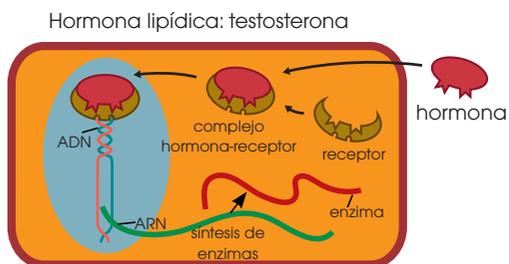
Cuando las hormonas llegan a los órganos efectores, intervienen en las reacciones del metabolismo celular de distintos modos, lo que depende de la naturaleza química de la hormona.

Según su composición, a las hormonas las clasificamos en hormonas lipídicas u hormonas peptídicas.

**Hormonas lipídicas:** Conjunto de hormonas liposolubles que pueden atravesar con facilidad la membrana plasmática. Muchas de ellas son derivadas del colesterol.

**Hormonas peptídicas:** Conjunto de hormonas compuestas por una cadena más o menos larga de aminoácidos. Se trata de moléculas hidrosolubles y, por tanto, no pueden atravesar la membrana plasmática por sí solas.

A continuación, mostramos dos ejemplos, que pertenecen a cada uno de estos grupos: la **testosterona** y la **insulina**.



- La hormona lipídica atraviesa la membrana y se une al receptor que está en el citoplasma.
- El complejo hormona-receptor pasa al interior del núcleo celular y se induce la síntesis del ARNm.
- El ARNm se traduce, y se genera una proteína.
- La proteína estimula la formación de espermatozoides y la aparición de los caracteres sexuales secundarios.

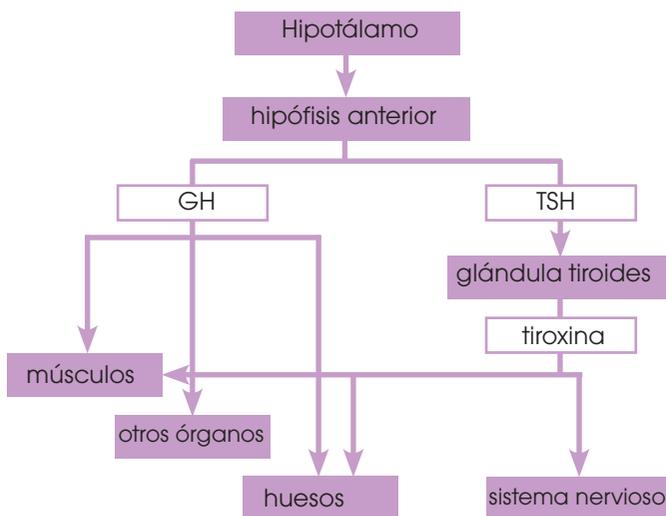
- La insulina se une a un receptor situado en la membrana plasmática.
- El complejo hormona-receptor induce la síntesis de adenosín monofosfato cíclico (AMP cíclico) a partir de ATP.
- El AMP cíclico activa la acción de las enzimas que participan en el paso de glucosa al interior de la célula y en la síntesis de glucógeno.

## 5.6. El crecimiento en el ser humano

Hemos descrito la actividad de las distintas hormonas, pero estas no actúan de forma aislada, sino que la acción conjunta de todo el sistema endocrino hace posible el desarrollo de los procesos vitales.

Un ejemplo de la acción conjunta de las hormonas es el crecimiento del individuo, proceso que inicia con el nacimiento y cesa al llegar a la edad adulta. Esto se debe a la acción de la hormona del crecimiento y de la tiroxina.

### Control hormonal del crecimiento humano



—El **hipotálamo** controla el buen funcionamiento de todo el proceso. Segrega neurohormonas que activan a la hipófisis.

—La **hipófisis anterior** segrega la hormona estimulante del tiroides (TSH), que actuará sobre esta glándula, y la hormona del crecimiento (GH), cuyos órganos diana son los músculos y los huesos, principalmente.

La hormona del crecimiento favorece la utilización de aminoácidos para sintetizar proteínas estructurales, por lo que produce un aumento de la masa muscular, y un alargamiento y calcificación de los huesos.

—La glándula **tiroides** segrega la tiroxina, que activa los procesos de obtención de la energía necesaria para las reacciones de síntesis de las moléculas que forman los músculos y los huesos. También interviene en la maduración del sistema nervioso.

### Anomalías en la secreción hormonal

Las disfunciones en la secreción hormonal producen diversos trastornos en el organismo. En el siguiente cuadro resumimos dos de las anomalías hormonales más estudiadas:

#### Anomalías en la secreción de tiroxina

**Hipotiroidismo:** Se produce cuando la síntesis y secreción de tiroxina o TSH es insuficiente. Sus síntomas principales son un cansancio excesivo, sensación de frío, pérdida de memoria, dificultad de movimientos y aumento de peso.

**Hipertiroidismo:** Se da cuando el funcionamiento de la tiroides es excesivo y se caracteriza por un incremento de la actividad, intolerancia al calor, nerviosismo, irritabilidad, aumento del ritmo cardíaco y pérdida de peso.

En ambos casos aparece un abultamiento debajo del mentón, el bocio, producido por el aumento de la tiroides, para compensar el mal funcionamiento hormonal.

#### Anomalías en la secreción de GH

**Enanismo y gigantismo:** Son las enfermedades relacionadas con el defecto o el exceso de secreción de GH durante la época de crecimiento. Se trata de personas pequeñas o muy grandes de cuerpo proporcionado y con plenas facultades mentales.

**Acromegalia:** Se produce cuando la secreción de GH es excesiva durante la etapa adulta. Se caracteriza por un crecimiento desmesurado de las extremidades, así como de los huesos de la cara.



# Experimento



**Tema:** El pulso y la tensión arterial

**Investigamos:**

El **pulso** es la expansión intermitente y rítmica de una arteria producida por el impulso que la sístole ventricular da a la sangre. Se suele percibir en las arterias periféricas. La **tensión arterial** es la presión que la sangre ejerce en el interior de las arterias. La tensión arterial **sistólica** o **máxima** es causada por la sístole ventricular. La tensión arterial **diastólica** o **mínima** se produce como consecuencia de la diástole ventricular. En esta práctica se efectuará una serie de mediciones de ambos parámetros.

**Objetivo:**

- Aplicar las técnicas de medición del pulso y de la tensión arterial.
- Representar e interpretar los valores encontrados.

**Materiales:**

- cronómetro o reloj con segundero
- papel millimetrado
- esfigmógrafo
- estetoscopio

**Proceso:**

1. Por parejas, **localicen** la arteria radial en la muñeca izquierda con los dedos índice y medio de la mano derecha; para ello **sigan** la dirección del dedo pulgar.
2. **Cuenten** mutuamente el número de pulsaciones en reposo, durante un minuto. **Repitan** las mediciones cada dos minutos y anótenlas.
3. **Hagan** ejercicio físico durante tres o cuatro minutos y **tomen** el pulso inmediatamente después. Vuelvan a hacerlo dos, cuatro y seis minutos más tarde. **Tomen** nota de las pulsaciones.

4. **Tomen** la tensión arterial del compañero en posición de reposo. La tensión arterial se mide del modo siguiente:

—**Ajusten** el brazalete del esfigmógrafo al brazo izquierdo, por encima del codo. **Ínflenlo** hasta que el indicador de presión llegue a 200 mmHg.

—**Sitúen** el estetoscopio sobre la parte interior del codo y **escuchen**. **Aflojen** la válvula del esfigmógrafo para que la presión ejercida sobre el brazo descienda lentamente. Cuando se escuche el latido del corazón, **cierren** la válvula y **observen** la presión indicada.

—**Abran** ligeramente la válvula y **esperen** a oír de nuevo el latido del corazón. En ese momento, **cierren** la válvula y **observen** la presión que se indica. Posteriormente, **aflojen** la válvula totalmente y **retiren** el brazalete hinchable.

5. **Repitan** la medición inmediatamente después de realizar un ejercicio físico durante unos minutos. **Anoten** los valores de tensión máxima y mínima en cada caso.

**Cuestiones:**

6. **Comparen** los valores del pulso y la tensión hallados en reposo con los valores que se consideran normales.
7. **Construyan** una gráfica del número de pulsaciones por unidad de tiempo para los valores en reposo y otra después de la actividad física. **Comenten** los resultados.
8. **Contesten:** ¿Qué diferencias se observan en los valores de tensión arterial antes y después de haber hecho ejercicio físico? ¿Qué significa *tener la tensión alta*? ¿Y *tener la tensión baja*?



## Resumen

1. Sistema respiratorio
2. Sistema circulatorio
3. Aparato locomotor

El sistema respiratorio en el ser humano realiza dos funciones importantes: la incorporación de oxígeno al organismo y la eliminación de dióxido de carbono. Está formado por las vías respiratorias y los pulmones. Las vías respiratorias son una serie de órganos en forma de tubo por los que circula el aire. En ellas distinguimos: las fosas nasales, la faringe, la laringe, la tráquea, los bronquios y los bronquiolos. Los **pulmones** son dos órganos esponjosos en forma de saco situados en el extremo inferior de cada uno de los bronquios. Están formados por los bronquiolos y multitud de alveolos pulmonares, estos son pequeñas estructuras en forma de saco con una pared muy fina y recubierta de vasos sanguíneos.

Durante la respiración se llevan a cabo diversos procesos: filtración del aire o calentamiento del aire. La filtración del aire ocurre a través de las fosas nasales donde se retienen las partículas que generan infecciones. Al paso por la mucosa nasal, el aire se calienta y viaja por las vías respiratorias hasta los alveolos, donde el oxígeno pasa a los vasos sanguíneos y el dióxido de carbono entra en los alveolos para ser expulsado posteriormente.

El sistema circulatorio cumple tres funciones fundamentales: reparto de nutrientes y oxígeno, recogida de las sustancias de desecho que producen las células, como el dióxido de carbono y transporte de hormonas y circulación de elementos celulares.

El sistema circulatorio del ser humano está formado por el corazón, los vasos sanguí-

neos y la sangre. El **corazón** es un órgano musculoso del tamaño de un puño, situado en la parte izquierda del tórax, entre los dos pulmones. El interior del corazón está dividido en cuatro cavidades: dos aurículas y dos ventrículos. Los **vasos sanguíneos** son los conductos por donde circula la sangre. Forman una extensa red de tubos de diámetro variable. Existen diversos tipos de vasos sanguíneos, los principales son: arterias, venas y capilares. Las **arterias** son los vasos que sacan la sangre del corazón mientras que las venas la retornan. Los **capilares** son vasos muy finos a través de los cuales se produce el intercambio de sustancias.

La sangre está formada por el plasma y los elementos celulares.

El **plasma** es un líquido, compuesto por agua y diversas biomoléculas como proteínas o lípidos; en el plasma se encuentran un grupo de células como los glóbulos rojos, que transportan el oxígeno; o los glóbulos blancos que combaten infecciones.

El aparato locomotor lleva a cabo un tipo de respuesta elaborada por el sistema nervioso, el movimiento. Está constituido por el sistema esquelético y el sistema muscular, los cuales funcionan de forma coordinada. Cuando el sistema nervioso envía una orden de contracción o de relajación a los músculos, estos, junto a los huesos a los que están unidos, producen un movimiento.

Los sistemas nervioso y endocrino son los encargados de la función de relación en el ser humano. Gracias al sistema nervioso podemos percibir los estímulos que nos rodean y emitir respuestas a los mismos. Por su parte, el sistema endocrino libera hormonas que regulan el funcionamiento de nuestro cuerpo.



<http://goo.gl/MV20Eb>



## BLOG

### Día Mundial del Corazón alerta sobre enfermedades cardíacas

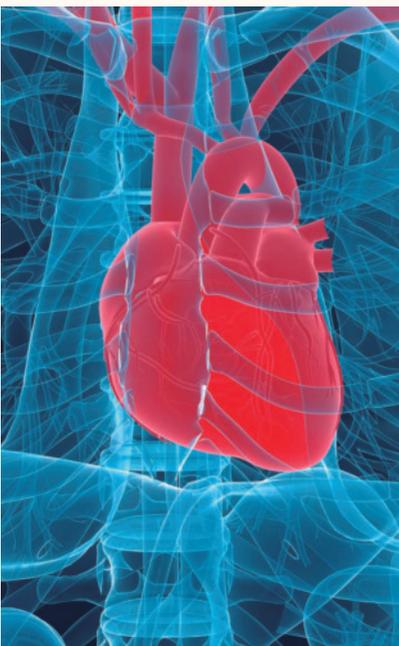
Las enfermedades cardiovasculares cobran 17,3 millones de muertes en el mundo.

Presión arterial alta, sobrepeso, tabaquismo, sedentarismo y una dieta poco nutritiva son factores de riesgo para sufrir una enfermedad cardiovascular más severa.

Según información de la Federación Mundial del Corazón, las enfermedades cardiovasculares son el asesino número uno del mundo. Cada año se cobran 17,3 millones de muertes prematuras —31% de todas las muertes registradas en el mundo, informa la OMS— y para 2030 se estima que esta cifra aumente a 23 millones.

—**Lee** el artículo completo en el siguiente *link*: <http://goo.gl/eXYbDZ>.

<http://goo.gl/6uml2u>



## SOCIEDAD

### El deporte y ejercicio físico como eje de la promoción de salud

La realización de algún ejercicio y la consecuente participación en algún deporte, bajo el cumplimiento de reglamentos y normativas, se convierten cada vez más en prácticas cotidianas a nivel nacional.

La población, en sentido general, se ha volcado a participar en actividades que le puedan brindar una mejora de su condición general de salud, y en las prácticas deportivas

organizadas, participando en eventos formales e informales de competición, exigiéndose cada vez más, al punto de ocasionar en algunos casos lesiones que perfectamente podrían ser evitables con el seguimiento médico-deportivo adecuado.

—**Visita** el siguiente enlace para que puedas ver más recomendaciones: <http://goo.gl/nuU3LA>.

## SENTIDO CRÍTICO

### Película

En el siguiente enlace encontrarás un documental acerca de enfermedades relacionadas con el sistema respiratorio: <https://goo.gl/iOsCEb>.

## SI YO FUERA...



<http://goo.gl/JT3qEc>

Un **anatomista**, estudiaría el funcionamiento de cada uno de los sistemas y aparatos del cuerpo humano para llevar una vida saludable y sana.

# Para finalizar

1. **Contesta:** ¿Qué diferencias existen entre las *arterias* y las *venas*?

2. ¿Cuáles son los vasos sanguíneos de menor diámetro?

—**Explica:** ¿Cuáles son los procesos que se llevan a cabo en ellos?

3. **Explica** la **sístole** y la **diástole**.

4. **Explica** si es cierta la siguiente afirmación.

En caso contrario, **justifica** tu respuesta.

- La sangre arterial también se denomina *sangre rica en oxígeno*; del mismo modo, la sangre venosa es la *sangre pobre*.

5. **Responde** las siguientes preguntas sobre el sistema esquelético:

a. ¿Qué funciones tiene?

b. ¿En qué zonas se agrupan los huesos que lo constituyen?

c. ¿Qué huesos comprende cada una de estas zonas?

d. **Pon** un ejemplo de un hueso cuya función sea proteger algún órgano.

e. ¿Por dónde se unen al esqueleto axial las extremidades superiores e inferiores?

f. ¿Qué función tiene el esqueleto axial?

6. **Define** los siguientes conceptos: *hueso*, *articulación*, *músculo esquelético*, *tendón*.

7. La hormona luteinizante (LH) actúa a nivel de ovarios estimulando la producción de estrógenos y progesterona, y la hormona foliculoestimulante (FSH) estimula la producción de los ovocitos.

—**Representa** esquemáticamente el sistema de retroalimentación de la LH y la FSH.

8. **Busca** información de la enfermedad de Cushing y el síndrome de Cushing en enciclopedias o bien en buscadores de Internet y **contesta:**

a. ¿Qué hormona es la responsable del síndrome?

b. ¿Qué hormona es la responsable de la enfermedad?

c. ¿Qué relación hay entre estas dos hormonas?

—**Dibuja** el sistema de retroalimentación implicado en una persona sana.

## Matemática

9. **Busca** información sobre alguna enfermedad propia del ser humano y **realiza** un ensayo indicando causas, consecuencias y posibles tratamientos de esa enfermedad.

## AUTOEVALUACIÓN

Reflexiona y **autoevalúate** en tu cuaderno:

### • Trabajo personal

¿Qué tema me ha resultado más fácil y cuál más difícil de comprender?

¿He cumplido mis tareas?

¿Qué aprendí en esta unidad?

• **Escribe** la opinión de tu familia.

### • Trabajo en equipo

¿He compartido con mis compañeros y compañeras?

¿He respetado las opiniones de los demás?

• **Pide** a tu profesor o profesora sugerencias para mejorar y **escríbelas**.

## ANÁLISIS DE SANGRE Y DE ORINA

### OBSERVAMOS:



<http://goo.gl/Pczgm7>

Los análisis de sangre y de orina son unos métodos de diagnóstico de enfermedades y de control de salud muy utilizados en la actualidad.

El estudio de los diferentes parámetros de estos análisis y su alteración respecto a los valores considerados normales nos proporcionan pistas para determinar el estado general del organismo.

### 12 PLANIFICAMOS

A continuación, mostramos una tabla con los valores considerados normales de algunos de los parámetros que se estudian en los análisis de sangre y de orina. También indicamos las posibles alteraciones relacionadas con un valor por debajo o por encima de los normales.

#### Análisis de sangre

Parámetros	Valores normales	Valores por encima	Valores por debajo
Hematócrito	Hombres: 38-54% Mujeres: 35-47%	Deshidratación	Anemia
Leucocitos	4000 -10 000 leucocitos/mm <sup>3</sup>	Infección, tumor	Inmunodepresión
Glucemia	70-110 mg/100 ml	Diabetes, intolerancia a la glucosa	Ayuno prolongado, hipoglucemia
Colesterolemia	100-200 mg/100 ml	Hipercolesterolemia	

## Análisis de orina

Parámetros	Valores normales	Valores por encima	Valores por debajo
pH	4,6-8	Infección urinaria, insuficiencia renal	Diabetes
Urea	20-30 mg / 24 horas	Mala función renal	Desnutrición
Glucosuria	0	Diabetes	-
Bilirrubina	0 - 1 mg / 100 ml	Hepatitis, piedras en la vesícula, cirrosis	-

Ahora presentamos los resultados de un paciente imaginario.

Hematócrito	32%
Leucocitos	2800 / mm <sup>3</sup>
Glucemia	55 mg / 100 ml
Colesterolemia	98 mg / 100 ml

pH	5
Urea	2,4 mg / 24 horas
Glucosuria	0
Bilirrubina	0

## DESARROLLAMOS

1. **Identifica** si existen parámetros que se encuentran fuera de los valores normales.
2. Basándote en los criterios indicados en las tablas de referencia, **realiza** una valoración del estado de salud del paciente imaginario e **indica** cuál crees que es la principal causa que explica su situación.
3. ¿Qué tipo de recomendaciones y tratamiento crees que le dará el médico a este paciente?
4. Razona si crees que estos resultados son muy frecuentes en tu localidad e **indica** en qué zonas pueden serlo.

## REFLEXIONAMOS

En este proyecto has tenido que trabajar toda una serie de actividades que te han permitido desarrollar habilidades como la atención, la concentración, la memoria, la comprensión y la expresión.

# Un alto en el camino

1. **Indica** qué microscopio utilizarías para la observación de la estructura de los poros de la membrana nuclear de una célula, la disposición de las células epiteliales de la mucosa respiratoria, la distribución de los orgánulos en una célula vegetal.
  2. **Indica** qué estructura de la célula procarionota se encarga de cada una de las siguientes funciones:
    - Resistencia a la acción fagocitaria
    - Síntesis de membrana
    - Reserva energética de polifosfato
    - Flotabilidad en medio acuático
    - Síntesis de proteínas
    - Movilidad
  3. **Enumera** las estructuras comunes y no comunes de las células eucariotas vegetales y animales. **Explica** la estructura y función de las no comunes.
  4. En conjunto, ¿las reacciones de la fotosíntesis serán endergónicas o exergónicas? Razona la respuesta.
  5. **Indica** qué tipo de relación interespecífica se establece entre los siguientes organismos:
    - La garcilla bueyera se alimenta de los parásitos de la piel de los bueyes.
    - La tenia vive en el tubo digestivo de los mamíferos aprovechándose de los alimentos que el animal consume.
    - Las rémoras se alimentan de los restos de comida que dejan los tiburones.
  6. En la siguiente tabla aparecen las biomasa relativas de todos los organismos de un ecosistema hipotético en dos años consecutivos:
- Suponiendo que el ecosistema se encuentra en equilibrio, ¿a qué nivel trófico pertenece cada especie? **Justifica** tu respuesta.
- a. **Calcula** la biomasa del ecosistema para cada año.
  - b. **Calcula** la producción de cada una de las especies y la producción total del ecosistema.
  - c. ¿Qué significa el valor negativo de producción de la especie C? Si este valor negativo se prolongase a lo largo de los años, ¿cómo afectaría al conjunto del ecosistema?
7. **Elabora** una tabla explicativa en la que se comparen la nutrición de las plantas cormófitas y la nutrición de los vertebrados teniendo en cuenta los siguientes aspectos: tipo de nutrición, tipo de nutrientes utilizados, órganos implicados en la captación de nutrientes, tipo de transformación de los nutrientes, principales procesos metabólicos, sustancias de excreción y estructuras implicadas en la excreción.
  8. **Elabora** una tabla en la que se comparen las características de la respiración de los anélidos, los artrópodos, los peces óseos, los peces cartilaginosos, los anfibios, los reptiles, las aves y los mamíferos.
  9. **Explica** cómo varían las presiones parciales de  $O_2$  y  $CO_2$  en el intercambio de gases alveolar y en el de la sangre a las células del cuerpo. ¿Cómo se transporta cada uno de estos gases en la sangre?
  10. **Escribe** un informe resumido sobre la morfología, las características y el funcionamiento de las vías vegetales encargadas del transporte del agua y las sales minerales.
  11. **Explica** el recorrido completo de la sangre en un mamífero y **puntualiza** cómo va variando la concentración de  $O_2$  y  $CO_2$  en cada tramo.

	Biomasa año 1 (gC/m <sup>2</sup> )	Biomasa año 2 (gC/m <sup>2</sup> )
Especie A	2200	2450
Especie B	685	850
Especie C	5125	4950
Especie D	1150	1250

12. **Elabora** un esquema de llaves de las partes del sistema nervioso central. **Explica** la función de cada una de estas partes.

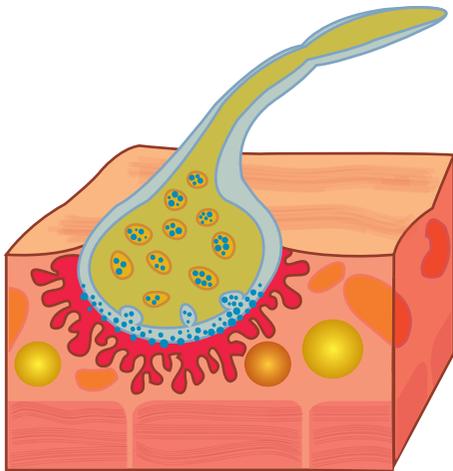
13. **Observa** la siguiente ilustración:

a. ¿Qué tipo de interacción celular está representada? **Di** qué tipo de células participan y **señálalas** en el dibujo.

b. ¿Qué neurotransmisor interviene?

c. ¿Cuál es el ion característico de este tipo de interacción?

—**Describe** el funcionamiento de esta interacción.



14. A la consulta de un médico llega un padre cuya hija presenta un abultamiento del cuello y que, según el padre, se cansa mucho, siempre tiene frío y pierde la memoria a menudo. ¿Qué enfermedad puede padecer la niña? ¿A qué se deben cada uno de los síntomas de la enfermedad?

15. **Contesta** las siguientes preguntas referentes al sistema locomotor:

a. ¿Qué relación tiene el aparato locomotor con el sistema nervioso?

b. ¿Qué sistemas constituyen el aparato locomotor?

c. ¿Qué tipos de articulaciones hay en el aparato locomotor?

d. ¿Cómo se insertan los músculos en los huesos?

16. **Explica** en qué consiste una *fractura* y un *esguince*.

17. **Relaciona** cada glándula endocrina con las hormonas que segregan:

- |                           |                           |
|---------------------------|---------------------------|
| • Hipófisis               | • Estrógenos              |
| • Tiroides                | • Prolactina              |
| • Páncreas                | • Insulina                |
| • Paratiroides            | • Cortisol                |
| • Glándulas suprarrenales | • Hormona paratiroidea    |
| • Ovarios                 | • Testosterona            |
| • Testículos              | • Tiroxina                |
|                           | • Adrenalina              |
|                           | • Progesterona            |
|                           | • Glucagón                |
|                           | • Hormona del crecimiento |

18. **Indica** qué hormona realiza cada una de las siguientes funciones.

- Estimula la absorción de la glucosa por parte de las células.
- Estimula la secreción de leche después del parto.
- Activa el crecimiento y el desarrollo corporal.
- Participa en la regulación de la cantidad de calcio y fósforo en la sangre.
- Prepara el cuerpo en una situación de alarma.
- Estimula el aumento de la cantidad de glucosa en la sangre.
- Activa la respiración celular y la síntesis de proteínas, especialmente en épocas de crecimiento.



PLAN NACIONAL  
DEL LIBRO Y LA LECTURA  
José de la Cuadra



¡LEER ENCIENDE  
TU IMAGINACIÓN!

Visita nuestra página y accede a un mundo de contenidos  
[www.planlibroylectura.gob.ec](http://www.planlibroylectura.gob.ec)

## Matilde Montoya

Elena Favilli y Francesca Cavallo

Había una vez una mujer mexicana llamada Soledad que tuvo una hija a la que llamó Matilde. Soledad no tardó en darse cuenta de que su hija tenía una inteligencia excepcional. A los cuatro años ya sabía leer y escribir, y a los once estaba lista para entrar al bachillerato. A los dieciséis, Matilde empezó a educarse como partera, pero tenía sueños más ambiciosos. Quería ser doctora.

Cuando entró a la Escuela Nacional de Medicina, era la única estudiante mujer. Mucha gente le dijo que las mujeres no podían ser doctoras, pero su mamá y sus amistades estaban de su lado.

Al final del primer año, la universidad intentó expulsarla, así que Matilde decidió escribirle una carta al presidente de México para pedirle ayuda. Le escribió también a la universidad para pedir que dejaran de ser tan injustos con ella. Matilde logró terminar las clases, pero entonces la universidad le impidió presentar el examen final.

Una vez más, Matilde le escribió al presidente para que interviniera. Esta vez se aprobó una ley que les permitía a las mujeres estudiar medicina y ser doctoras. El presidente fue en persona a la universidad para ver a Matilde hacer su examen final. Fue un momento histórico.

Al siguiente día, los periódicos de todo el país aclamaban la historia de la señorita Matilde Montoya, la primera doctora mexicana.

Tomado de Favilli, E. y Cavallo, F. (2017). *Cuentos de buenas noches para niñas rebeldes*. Bogotá: Planeta.

**Elena Favilli** nació en Italia. Es escritora y empresaria de medios de comunicación. Estudió semiótica en la Universidad de Bolonia, y periodismo digital en la U.C. Berkeley.

**Francesca Cavallo** nació en Italia. Tiene títulos en Ciencias de la Comunicación y Dirección Teatral. Fue fundadora de la compañía de teatro Kilidrammi, de Paolo Rossi

## Dahuë yo'oye

Alexis Oviedo

La tierra rozó la barriga de la canoa y descendimos al improvisado muelle en la ribera del Cuyabeno. Era domingo por la mañana, las nubes estaban más oscuras que los días precedentes y parecía aún más temprano de lo que era en realidad. La comunidad Siona, a la que arribamos, estaba desierta y, sin embargo, podía escucharse al fondo de la misma, al interior de una construcción mixta, la voz eufórica de un pastor cristiano y la respuesta de sus feligreses. Efi, el guía, detuvo al grupo debajo de un árbol de guaba machetona y comenzó a mostrar los árboles de chonta, las frondosas matas de yuca y algunos corocillos, mientras esperaba el fin del oficio religioso y la llegada de Mama Luz, la matriarca.

El grupo se concentra en la explicación, y yo más bien en el paisaje, por lo que soy el único en notar a un muchacho, con camiseta y pantaloneta negras, salir de un rincón de la selva opuesto al templo. Tendrá no más de dieciséis años y se acerca lentamente hacia nosotros guardando prudente distancia. Cuando está a pocos metros, puedo ver que sus ojos están enormemente abiertos, sus manos crispadas abriendo y cerrando los dedos, como si se preparara para usarlas. Nos mira de reojo, a medida que se aleja lentamente, mientras el grupo inocente disfruta de unas guabas. Efi percibió dónde estaba mi atención y me dijo:

—Ese muchacho tiene muy mala energía, cuando era chico se le metió un espíritu de la selva muy poderoso.

—¿Le han llevado al hospital en Lago Agrio? —inquirí esperando la respuesta mística.

—Imposible, los brujos dicen que el espíritu es tan poderoso que podría matar al médico. Ninguno de los curanderos se atreve a tratarlo solo. Dicen que solo una ceremonia con al menos 30 shamanes podría hacer algo...

Los miembros del grupo disfrutaban del fruto de la guaba machetona y comentan sobre su exquisitez nunca probada. El guía retoma la explicación de la flora y el muchacho viene de nuevo en dirección contraria, pasa a nuestro lado a la misma prudente distancia, pero esta vez con paso ágil. Lo miro con disimulo, protegido por las gafas y la visera.



Cuando está completamente de espaldas, ausculto sus movimientos para determinar un diagnóstico. Entonces gira violentamente su cabeza y su mirada llameante se ensarta en mis ojos. Me asusto por un instante, me invade un leve estremecimiento en esa fracción de segundo, tal como aquella vez que vi junto a mi pierna una serpiente en Dureno. De inmediato el templo se llena de euforia, el pastor genera invocaciones más fuertes que se amplifican desde el megáfono y que anteceden a gritos, quejidos y hasta llanto de los asistentes. El muchacho desaparece en la selva y el templo queda en silencio.

Efi nos lleva a una plantación de yuca cercana. Aparece Mama Luz con su vestido vaporoso color jade y su amplia sonrisa, hunde sus manos en la tierra y muestra los tubérculos que acaba de sacar. Al mismo tiempo se abren las nubes y el sol pretende mostrarse, todo lo cual hace que las exclamaciones emocionadas de los visitantes se dejen oír.

Puedo divisar otra vez al muchacho, quien desde un costado de la plantación, está agazapado entre unas matas de plátano. Ahora luce una camiseta amarilla, sus ojos siguen enormemente abiertos, pero no mira al grupo de reojo, sino directamente, con la misma expresión de un jaguar listo para saltar. Mama Luz delicadamente vuelca la vista hacia el platanar y el chiquillo se esconde.

Tomado de <https://goo.gl/9NyMjC> (15/02/2018)

**Alexis Oviedo** (1970). Escritor ecuatoriano, autor de varios textos sobre educación, lenguaje, literatura y matemáticas. Su novela *Arcanos Mayores* se publicó en 2017.

## A imagen y semejanza

Mario Benedetti

Era la última hormiga de la caravana, y no pudo seguir la ruta de sus compañeras. Un terrón de azúcar había resbalado desde lo alto, quebrándose en varios terroncitos. Uno de estos le interceptaba el paso. Por un instante la hormiga quedó inmóvil sobre el papel color crema. Luego, sus patitas delanteras tantearon el terrón. Retrocedió, después se detuvo. Tomando sus patas traseras como casi punto fijo de apoyo, dio una vuelta alrededor de sí misma en el sentido de las agujas de un reloj. Solo entonces se acercó de nuevo.

Las patas delanteras se estiraron, en un primer intento de alzar el azúcar, pero fracasaron. Sin embargo, el rápido movimiento hizo que el terrón quedara mejor situado para la operación de carga. Esta vez la hormiga acometió lateralmente su objetivo, alzó el terrón y lo sostuvo sobre su cabeza. Por un instante pareció vacilar, luego reinició el viaje, con un andar bastante más lento que el que traía. Sus compañeras ya estaban lejos, fuera del papel, cerca del zócalo. La hormiga se detuvo, exactamente en el punto en que la superficie por la que marchaba, cambiaba de color. Las seis patas hollaron una N mayúscula y oscura. Después de una momentánea detención, terminó por atravesarla. Ahora la superficie era otra vez clara. De pronto el terrón resbaló sobre el papel, partiéndose en dos. La hormiga hizo entonces un recorrido que incluyó una detenida inspección de ambas porciones, y eligió la mayor. Cargó con ella, y avanzó. En la ruta, hasta ese instante libre, apareció una colilla aplastada. La bordeó lentamente, y cuando reapareció al otro lado del pucho, la superficie se había vuelto nuevamente oscura porque en ese instante el tránsito de la hormiga tenía lugar sobre una A. Hubo una leve corriente de aire, como si alguien hubiera soplado. Hormiga y carga rodaron. Ahora el terrón se desarmó por completo. La hormiga cayó sobre sus patas y emprendió una enloquecida carrerita en círculo. Luego pareció tranquilizarse. Fue hacia uno de los granos de azúcar que antes había formado parte del medio terrón, pero no lo cargó. Cuando reinició su marcha no había perdido la ruta. Pasó rápidamente sobre una D oscura, y al reingresar en la zona clara, otro obstáculo la detuvo. Era un trocito de algo, un palito acaso tres veces más grande que ella misma. Retrocedió, avanzó, tanteó el palito, se quedó inmóvil durante unos segundos. Luego empezó la tarea de carga. Dos veces se resbaló el palito, pero al final quedó bien afirmado, como una suerte de mástil inclinado. Al pasar sobre el área de la segunda A oscura, el andar de la hormiga era casi triunfal. Sin embargo, no había avanzado dos centímetros por la superficie clara del papel, cuando algo o alguien movió aquella hoja y la hormiga rodó, más o menos replegada sobre sí misma. Solo pudo reincorporarse cuando llegó a la madera del piso. A cinco centímetros estaba el palito. La hormiga avanzó hasta él, esta vez con parsimonia, como midiendo cada séxtuple paso. Así y todo, llegó hasta su objetivo, pero cuando estiraba las patas delanteras, de nuevo corrió el aire y el palito rodó hasta detenerse diez centímetros más allá, semicaído en una de las rendijas que separaban los tablones del piso.



Uno de los extremos, sin embargo, emergía hacia arriba. Para la hormiga, semejante posición representó en cierto modo una facilidad, ya que pudo hacer un rodeo a fin de intentar la operación desde un ángulo más favorable. Al cabo de medio minuto, la faena estaba cumplida. La carga, otra vez alzada, estaba ahora en una posición más cercana a la estricta horizontalidad. La hormiga reinició la marcha, sin desviarse jamás de su ruta hacia el zócalo. Las otras hormigas, con sus respectivos víveres, habían desaparecido por algún invisible agujero. Sobre la madera, la hormiga avanzaba más lentamente que sobre el papel. Un nudo, bastante rugoso de la tabla, significó una demora de más de un minuto. El palito estuvo a punto de caer, pero un particular vaivén del cuerpo de la hormiga aseguró su estabilidad. Dos centímetros más y un golpe resonó. Un golpe aparentemente dado sobre el piso. Al igual que las otras, esa tabla vibró y la hormiga dio un saltito involuntario, en el curso del cual, perdió su carga. El palito quedó atravesado en el tablón contiguo. El trabajo siguiente fue cruzar la hendidura, que en ese punto era bastante profunda. La hormiga se acercó al borde, hizo un leve avance erizado de alertas, pero aun así se precipitó en aquel abismo de centímetro y medio. Le llevó varios segundos rehacerse, escalar el lado opuesto de la hendidura y reaparecer en la superficie del siguiente tablón. Ahí estaba el palito. La hormiga estuvo un rato junto a él, sin otro movimiento que un intermitente temblor en las patas delanteras. Después llevó a cabo su quinta operación de carga. El palito quedó horizontal, aunque algo oblicuo con respecto al cuerpo de la hormiga. Esta hizo un movimiento brusco y entonces la carga quedó mejor acomodada. A medio metro estaba el zócalo. La hormiga avanzó en la antigua dirección, que en ese espacio casualmente se correspondía con la veta. Ahora el paso era rápido, y el palito no parecía correr el menor riesgo de derrumbe. A dos centímetros de su meta, la hormiga se detuvo, de nuevo alertada. Entonces, de lo alto apareció un pulgar, un ancho dedo humano, y concienzudamente aplastó carga y hormiga.

Tomado de [https://goo.gl/Ay4WaW\(02/03/2018\)](https://goo.gl/Ay4WaW(02/03/2018))

**Mario Benedetti** (1920-2009). Escritor uruguayo perteneciente a la Generación del 45 de su país. Publicó numerosos relatos, novelas y poemarios durante su vida.

## El híbrido

Franz Kafka

Tengo un animal curioso mitad gatito, mitad cordero. Es una herencia de mi padre. En mi poder se ha desarrollado del todo; antes era más cordero que gato. Ahora es mitad y mitad. Del gato tiene la cabeza y las uñas, del cordero el tamaño y la forma; de ambos los ojos, que son huraños y chispeantes, la piel suave y ajustada al cuerpo, los movimientos a la par saltarines y furtivos. Echado al sol, en el hueco de la ventana se hace un ovillo y ronronea; en el campo corre como loco y nadie lo alcanza. Dispara de los gatos y quiere atacar a los corderos. En las noches de luna su paseo favorito es la canaleta del tejado. No sabe maullar y abomina a los ratones. Horas y horas pasa al acecho ante el gallinero, pero jamás ha cometido un asesinato. Lo alimento con leche; es lo que le sienta mejor. A grandes tragos sorbe la leche entre sus dientes de animal de presa. Naturalmente, es un gran espectáculo para los niños. La hora de visita es los domingos por la mañana. Me siento con el animal en las rodillas y me rodean todos los niños de la vecindad.

Se plantean entonces las más extraordinarias preguntas, que no puede contestar ningún ser humano. Por qué hay un solo animal así, por qué soy yo el poseedor y no otro, si antes ha habido un animal semejante y qué sucederá después de su muerte, si no se siente solo, por qué no tiene hijos, como se llama, etcétera.

No me tomo el trabajo de contestar: me limito a exhibir mi propiedad, sin mayores explicaciones. A veces las criaturas traen gatos; una vez llegaron a traer dos corderos. Contra sus esperanzas, no se produjeron escenas de reconocimiento. Los animales se miraron con mansedumbre desde sus ojos animales, y se aceptaron mutuamente como un hecho divino.

En mis rodillas el animal ignora el temor y el impulso de perseguir. Acurrucado contra mí es como se siente mejor. Se apega a la familia que lo ha criado. Esa fidelidad no es extraordinaria: es el recto instinto de un animal que, aunque tiene en la tierra innumerables lazos políticos, no tiene un solo consanguíneo, y para quien es sagrado el apoyo que ha encontrado en nosotros.



A veces tengo que reírme cuando resuella a mi alrededor, se me enreda entre las piernas y no quiere apartarse de mí. Como si no le bastara ser gato y cordero quiere también ser perro. Una vez —eso le acontece a cualquiera— yo no veía modo de salir de dificultades económicas, ya estaba por acabar con todo. Con esa idea me hamacaba en el sillón de mi cuarto, con el animal en las rodillas; se me ocurrió bajar los ojos y vi lágrimas que goteaban en sus grandes bigotes. ¿Eran tuyas o mías? ¿Tiene este gato de alma de cordero el orgullo de un hombre? No he heredado mucho de mi padre, pero vale la pena cuidar este legado.

Tiene la inquietud de los dos, la del gato y la del cordero, aunque son muy distintas. Por eso le queda chico el pellejo. A veces salta al sillón, apoya las patas delanteras contra mi hombro y me acerca el hocico al oído. Es como si me hablara, y de hecho vuelve la cabeza y me mira deferente para observar el efecto de su comunicación. Para complacerlo hago como si lo hubiera entendido y muevo la cabeza. Salta entonces al suelo y brinca alrededor.

Tal vez la cuchilla del carnicero fuera la redención para este animal, pero él es una herencia y debo negársela. Por eso deberá esperar hasta que se le acabe el aliento, aunque a veces me mira con razonables ojos humanos, que me instigan al acto razonable.

Tomado de <https://goo.gl/cRRyc9> (20/03/2018)

**Franz Kafka** (1883-1924). Escritor nacido en Praga, en el seno de una familia acomodada perteneciente a la minoría judía de lengua alemana. La fuerza de su obra ha sido tan importante que el término kafkiano se aplica a situaciones sociales angustiosas o grotescas, o a su tratamiento en la literatura.

## El libro de arena (fragmento)

Jorge Luis Borges

Yo vivo solo, en un cuarto piso de la calle Belgrano. Hará unos meses, al atardecer, oí un golpe en la puerta. Abrí y entró un desconocido. Era un hombre alto, de rasgos desdibujados. Acaso mi miopía los vio así. Todo su aspecto era de pobreza decente. Estaba de gris y traía una valija gris en la mano. En seguida sentí que era extranjero. Al principio lo creí viejo; luego advertí que me había engañado su escaso pelo rubio, casi blanco, a la manera escandinava.

En el curso de nuestra conversación, que no duraría una hora, supe que procedía de las Orcadas. Le señalé una silla. El hombre tardó un rato en hablar. Exhalaba melancolía, como yo ahora.

—Vendo biblias —me dijo. No sin pedantería le contesté:

—En esta casa hay algunas biblias inglesas, incluso la primera, la de John Wiclif. Tengo asimismo la de Cipriano de Valera, la de Lutero, que literariamente es la peor, y un ejemplar latino de la Vulgata. Como usted ve, no son precisamente biblias lo que me falta. Al cabo de un silencio me contestó:

—No solo vendo biblias. Puedo mostrarle un libro sagrado que tal vez le interese. Lo adquirí en los confines de Bikanir. Abrió la valija y lo dejó sobre la mesa. Era un volumen en octavo, encuadernado en tela. Sin duda había pasado por muchas manos. Lo examiné; su inusitado peso me sorprendió. En el lomo decía Holy Writ y abajo Bombay.

—Será del siglo diecinueve —observé.

—No sé. No lo he sabido nunca —fue la respuesta.

Lo abrí al azar. Los caracteres me eran extraños. Las páginas, que me parecieron gastadas y de pobre tipografía, estaban impresas a dos columnas a la manera de una biblia. El texto era apretado y estaba ordenado en versículos. En el ángulo superior de las páginas había cifras arábigas. Me llamó la atención que la página par llevara el número (digamos) 40 514 y la impar, la siguiente, 999. La volví; el dorso estaba numerado con ocho cifras. Llevaba una pequeña ilustración, como es de uso en los diccionarios: un ancla dibujada a la pluma, como por la torpe mano de un niño. Fue entonces que el desconocido me dijo: —Mírela bien. Ya no la verá nunca más.

Había una amenaza en la afirmación, pero no en la voz. Me fijé en el lugar y cerré el volumen. Inmediatamente lo abrí. En vano busqué la figura del ancla, hoja tras hoja. Para ocultar mi desconcierto, le dije:

—Se trata de una versión de la Escritura en alguna lengua indostánica, ¿no es verdad?

—No —me replicó. Luego bajó la voz como para confiarme un secreto:



—Lo adquiriré en un pueblo de la llanura, a cambio de unas rupias y de la Biblia. Su poseedor no sabía leer. Sospecho que en el Libro de los Libros vio un amuleto. Era de la casta más baja; la gente no podía pisar su sombra sin contaminación. Me dijo que su libro se llamaba el Libro de Arena porque ni el libro ni la arena tienen principio ni fin. Me pidió que buscara la primera hoja.

Apoyé la mano izquierda sobre la portada y abrí con el dedo pulgar casi pegado al índice. Todo fue inútil: siempre se interponían varias hojas entre la portada y la mano. Era como si brotaran del libro.

—Ahora busque el final.

También fracasé; apenas logré balbucear con una voz que no era la mía:

—Esto no puede ser.

Siempre en voz baja el vendedor de biblias me dijo:

—No puede ser, pero es. El número de páginas de este libro es exactamente infinito. Ninguna es la primera; ninguna, la última. No sé por qué están numeradas de ese modo arbitrario. Acaso para dar a entender que los términos de una serie infinita aceptan cualquier número.

Después, como si pensara en voz alta:

—Si el espacio es infinito estamos en cualquier punto del espacio. Si el tiempo es infinito estamos en cualquier punto del tiempo.

Tomado de <https://goo.gl/VUKxrw> (01/03/2018)

**Jorge Luis Borges** (1899-1986). Poeta, ensayista y escritor argentino. Entre sus obras destacan *Historia universal de la infamia*, *Antología de la literatura fantástica*, *La moneda de hierro*, *El informe de Brodie*, entre otras.

## Si sos un tipo feliz

José Hernández

Si sos un tipo feliz  
sin temores y sin miedos  
no se te ocurra jamás  
dejarte hacer un chequeo,  
porque te vas a enterar,  
sin siquiera suponerlo,  
que estás en las diez de últimas  
aunque te cueste creerlo.

Seguro van a decirte  
que te sobran triglicéridos  
lo mismo fosfolípidos,  
sin colesterol del bueno,  
y que por los ateromas  
que ellos te van produciendo  
ya tenés la cañería  
tapada de medio a medio:  
que eso preanuncia un infarto,  
que todo es cuestión de tiempo...

También te puede ocurrir  
que te encuentren un bloqueo,  
una elongación de aorta  
que no augura nada bueno;  
taquicardia sinusal  
que habrá que parar a tiempo,  
o una isquemia de cuidado  
en el ventrículo izquierdo.

Son enormes las variantes  
del informe del chequeo,  
todo es cuestión del color  
del cristal de tu galeno:  
inflamación en el colon,  
irritación en el recto,  
que el intestino delgado  
no absorbe los alimentos;  
exceso de fosfatasas  
o carencia de anticuerpos;  
que puedas tener mareos  
por culpa del oído medio;  
enfisema pulmonar,  
úlceras en el duodeno,  
insuficiencia renal,  
cálculos en el colédoco;  
y hasta te pueden decir  
aunque no entiendas ni medio,  
que hay una falla en el ácido  
desoxirribonucleico.

Y aunque te sientas fenómeno  
y así le insistas al médico,  
lo tenés que aceptar todo  
porque lo dice el chequeo.



Lo que más te va a asombrar  
-aunque en esto seas un lego-  
es la gran similitud  
de todos los tratamientos  
excluyendo, por supuesto,  
el tema medicamentos:  
siempre una dieta hiposódica,  
andar kilómetro y medio  
y nada de carnes rojas,  
ni embutidos ¡ni quesos!;  
si pescado -bien hervido-,  
y pollo, pero sin cuero...

Tendrás que decirle adiós  
a tus grandes compañeros:  
el whisky y el cigarrillo,  
y hasta al cafecito negro.  
Si a vos, que antes del chequeo,  
casi te creías Tarzán,  
poco menos que un pendejo,  
te digan 'que estás pal jonca  
si no lo tomás en serio'...

Por eso querido amigo  
a aconsejarte me atrevo:  
si sos un tipo feliz,  
sin temores y sin miedos,  
¡no se te ocurra jamás,  
dejarte hacer un chequeo!

Tomado de <https://goo.gl/iAXPzm> (15/02/2018)

**José Hernández** (1834-1886). Escritor argentino de la obra *Martín Fierro*, cuya importancia radica en la valoración del hombre de campo.

## A la deriva

Horacio Quiroga

El hombre pisó blanduzco, y en seguida sintió la mordedura en el pie. Saltó adelante, y al volverse con un juramento vio una yararacusú que arrollada sobre sí misma esperaba otro ataque.

El hombre echó una veloz ojeada a su pie, donde dos gotitas de sangre engrosaban dificultosamente, y sacó el machete de la cintura. La víbora vio la amenaza, y hundió más la cabeza en el centro mismo de su espiral; pero el machete cayó de lomo, dislocándole las vértebras.

El hombre se bajó hasta la mordedura, quitó las gotitas de sangre, y durante un instante contempló. Un dolor agudo nacía de los dos puntitos violetas, y comenzaba a invadir todo el pie. Apresuradamente se ligó el tobillo con su pañuelo y siguió por la picada hacia su rancho.

El dolor en el pie aumentaba, con sensación de tirante abultamiento, y de pronto el hombre sintió dos o tres fulgurantes puntadas que como relámpagos habían irradiado desde la herida hasta la mitad de la pantorrilla. Movía la pierna con dificultad; una metálica sequedad de garganta, seguida de sed quemante, le arrancó un nuevo juramento.

Llegó por fin al rancho, y se echó de brazos sobre la rueda de un trapiche. Los dos puntitos violeta desaparecían ahora en la monstruosa hinchazón del pie entero. La piel parecía adelgazada y a punto de ceder, de tensa. Quiso llamar a su mujer, y la voz se quebró en un ronco arrastre de garganta reseca. La sed lo devoraba.

—¡Dorotea! —alcanzó a lanzar en un estertor. ¡Dame caña!

Su mujer corrió con un vaso lleno, que el hombre sorbió en tres tragos. Pero no había sentido del gusto alguno.

—¡Te pedí caña, no agua! —rugió de nuevo. ¡Dame caña!

—¡Pero es caña, Paulino! —protestó la mujer espantada.

—¡No, me diste agua! ¡Quiero caña, te digo!

La mujer corrió otra vez, volviendo con la damajuana. El hombre tragó uno tras otro dos vasos, pero no sintió nada en la garganta.

—Bueno; esto se pone feo —murmuró entonces, mirando su pie lívido y ya con lustre gangrenoso. Sobre la honda ligadura del pañuelo, la carne desbordaba como una monstruosa morcilla.

Los dolores fulgurantes se sucedían en continuos relampagueos, y llegaban ahora a la ingle. La atroz sequedad de garganta que el aliento parecía caldear más, aumentaba a la par. Cuando pretendió incorporarse, un fulminante vómito lo mantuvo medio minuto con la frente apoyada en la rueda de palo.

Pero el hombre no quería morir, y descendiendo hasta la costa subió a su canoa. Sentóse en la popa y comenzó a palear hasta el centro del Paraná. Allí la corriente del río, que en las inmediaciones del Iguazú corre seis millas, lo llevaría antes de cinco horas a Tacurú-Pucú.



El hombre, con sombría energía, pudo efectivamente llegar hasta el medio del río; pero allí sus manos dormidas dejaron caer la pala en la canoa, y tras un nuevo vómito —de sangre esta vez— dirigió una mirada al sol que ya trasponía el monte.

La pierna entera, hasta medio muslo, era ya un bloque deforme y durísimo que reventaba la ropa. El hombre cortó la ligadura y abrió el pantalón con su cuchillo: el bajo vientre desbordó hinchado, con grandes manchas lívidas y terriblemente doloroso. El hombre pensó que no podría jamás llegar él solo a Tacurú-Pucú, y se decidió a pedir ayuda a su compadre Alves, aunque hacía mucho tiempo que estaban disgustados.

La corriente del río se precipitaba ahora hacia la costa brasileña, y el hombre pudo fácilmente atracar. Se arrastró por la picada en cuesta arriba, pero a los veinte metros, exhausto, quedó tendido de pecho.

—¡Alves! —gritó con cuanta fuerza pudo; y prestó oído en vano. —¡Compadre Alves! ¡No me niegue este favor! —clamó de nuevo, alzando la cabeza del suelo. En el silencio de la selva no se oyó un solo rumor. El hombre tuvo aún valor para llegar hasta su canoa, y la corriente, cogiéndola de nuevo, la llevó velozmente a la deriva.

El Paraná corre allí en el fondo de una inmensa hoya, cuyas paredes, altas de cien metros, encajonan fúnebremente el río. Desde las orillas bordeadas de negros bloques de basalto, asciende el bosque, negro también. Adelante, a los costados, detrás, la eterna muralla lúgubre, en cuyo fondo el río arremolinado se precipita en incesantes borbollones de agua fangosa. El paisaje es agresivo, y reina en él un silencio de muerte. Al atardecer, sin embargo, su belleza sombría y calma cobra una majestad única.

El sol había caído ya cuando el hombre, semitendido en el fondo de la canoa, tuvo un violento escalofrío. Y de pronto, con asombro, enderezó pesadamente la cabeza: se sentía mejor. La pierna le dolía apenas, la sed disminuía, y su pecho, libre ya, se abría en lenta inspiración.

El veneno comenzaba a irse, no había duda. Se hallaba casi bien, y aunque no tenía fuerzas para mover la mano, contaba con la caída del rocío para reponerse del todo. Calculó que antes de tres horas estaría en Tacurú-Pucú.

El bienestar avanzaba, y con él una somnolencia llena de recuerdos. No sentía ya nada ni en la pierna ni en el vientre. ¿Viviría aún su compadre Gaona en Tacurú-Pucú? Acaso viera también a su expatrón míster Dougald, y al recibidor del obraje.

¿Llegaría pronto? El cielo, al poniente, se abría ahora en pantalla de oro, y el río se había coloreado también. Desde la costa paraguaya, ya entenebrecida, el monte dejaba caer sobre el río su frescura crepuscular, en penetrantes efluvios de azahar y miel silvestre. Una pareja de guacamayos cruzó muy alto y en silencio hacia el Paraguay.

Allá abajo, sobre el río de oro, la canoa derivaba velozmente, girando a ratos sobre sí misma ante el borbollón de un remolino. El hombre que iba en ella se sentía cada vez mejor, y pensaba entretanto en el tiempo justo que había pasado sin ver a su ex patrón Dougald. ¿Tres años? Tal vez no, no tanto. ¿Dos años y nueve meses? Acaso. ¿Ocho meses y medio? Eso sí, seguramente.

De pronto sintió que estaba helado hasta el pecho. ¿Qué sería? Y la respiración también...

Al recibidor de maderas de míster Dougald, Lorenzo Cubilla, lo había conocido en Puerto Esperanza un viernes santo... ¿Viernes? Sí, o jueves...

El hombre estiró lentamente los dedos de la mano.  
—Un jueves...

Y cesó de respirar.

Tomado de <https://goo.gl/pXV9gA> (02/03/2018)

**Horacio Quiroga** (1878-1937). Escritor uruguayo considerado un maestro del relato breve, por su prosa vívida enmarcada en las corrientes del naturalismo y el modernismo.



## Itzamá

María Aveiga del Pino

Gotea el tiempo. Lenta sangre en la muesca de una piedra. Cada recuerdo arrancado a la noche ofrece su rostro. Luego se aleja. Quiero el mar, el olor de mujer en un vestido leve. Llegará el mediodía cegado de selva y agobio. Llegará con el murmullo en la plaza donde se bebe agua pútrida y en los caminos las madres vierten salmuera de sus pechos y los hombres lamen cuerpos cercenados en la guerra. Mientras rezo. A nadie.

Tomado de <https://goo.gl/P9M2HB> (12/01/2018)

**María Aveiga del Pino** (1966). Poeta, antropóloga y arqueóloga ecuatoriana. Ha colaborado con artículos y poemas en importantes revistas del medio, como *Con\texto*.

## Genética

Ricardo Soca

La genética es la ciencia que trata de la herencia biológica y de las leyes que la rigen. Su nombre se deriva del griego *genetikós* 'genitivo', 'engendrador', derivado de *génnesis* 'origen', 'nacimiento', procedente del indoeuropeo *gen-*, que significa 'generación, producción'. Este término indoeuropeo está presente en el origen de numerosas palabras en todas las lenguas modernas, tales como en español: *general*, *generación* y *genital*, entre muchas otras. En las lenguas modernas, la palabra surge en el inglés *genetics*, hacia 1865, pero solo adquiere su significado actual por obra del genetista inglés William Bateson en 1906, y se propaga rápidamente al francés *génétique*, al italiano *genetica*, al alemán *Genetik* y tanto al español como al portugués *genética*.

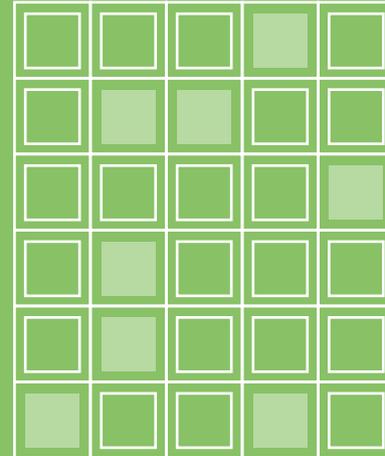
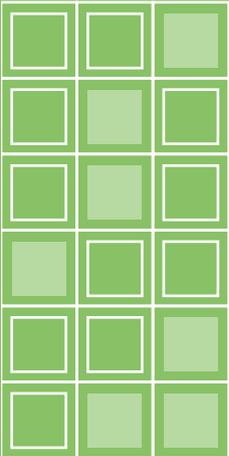
Tomado de <https://goo.gl/tPniNL> (20/03/2018)

**Ricardo Soca**. Estudioso del origen de las palabras. Ha publicado los libros *La fascinante historia de las palabras* y *Nuevas fascinantes historias de las palabras*.

ISBN: 978-9942-23-016-4



9789942230164



MINISTERIO  
DE EDUCACIÓN



EL  
GOBIERNO  
DE TODOS



 @MinisterioEducacionEcuador

 @Educacion\_EC

 /MinEducacionEcuador

 /Educacionecuador

[www.educacion.gob.ec](http://www.educacion.gob.ec)

Información: 1800 EDUCACIÓN (338222) o [info@educacion.gob.ec](mailto:info@educacion.gob.ec)