



Bachillerato General Unificado

BIOLOGÍA

2.º BGU
TEXTO DEL ESTUDIANTE



MINISTERIO DE EDUCACIÓN

Lenín



PRESENTACIÓN

Las páginas de este texto reflejan la suma de voluntades más importante del país en torno a la Educación. En ellas se conjuga el esfuerzo de millones de estudiantes que día a día asisten a clases y también el de sus padres, madres, maestros y autoridades. Cada uno de estos actores, desde su espacio, apuntalan la construcción de esa sociedad de oportunidades y de justicia que aspiramos todos los ecuatorianos.

En el Ministerio de Educación trabajamos arduamente para favorecer el desarrollo integral de todos los estudiantes del país. El reto es enorme, pero lo asumimos con absoluta responsabilidad, sabiendo que contamos con el apoyo y compromiso de miles de educadores, héroes silenciosos que son referentes de vida para las niñas, niños y adolescentes.

Nuestras líneas de trabajo están enfocadas a obtener los siguientes resultados:

Lograr que el acceso a la educación y la permanencia en el sistema educativo sean derechos efectivos de todos los estudiantes. Lo más importante para esta Cartera de Estado es que todos nuestros estudiantes alcancen sus metas educativas y estén listos para asumir nuevos retos en su vida adulta. Y éste es el motivo por el que también mantenemos las puertas abiertas para los adultos que no tuvieron la oportunidad de concluir sus estudios.

Generar las mejores condiciones de aprendizaje para formar agentes transformadores de la sociedad, capaces de manifestar sus ideas y empoderarse de sus derechos y responsabilidades.

Propiciar una cultura de diálogo y participación dentro de la escuela, que tanta falta hace en nuestra sociedad. Creemos en el gran potencial de las ideas de las niñas, niños y adolescentes. Por ello, creamos espacios de participación para formular políticas públicas que garanticen sus derechos.

Impulsar estrategias participativas con todos los actores de la comunidad educativa, para fomentar valores como el respeto, la tolerancia, la solidaridad, la honestidad y la equidad. Aprender a vivir armónicamente es un saber tan importante como cualquier asignatura.

Estos resultados solo se pueden alcanzar con el compromiso de todos; involucrarse es el gran primer paso.

La educación siempre será una buena noticia para todos los ecuatorianos, juntos soñamos, juntos construimos.

Gracias por ser parte de este gran proyecto.

Monserrat Creamer
Ministra de Educación



Prohibida su comercialización

BIOLOGIA

2
BGU

Prohibida su comercialización

PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA
Lenín Moreno Garcés

MINISTRA DE EDUCACIÓN
Monserrat Creamer Guillén

Viceministra de Educación
Susana Araujo Fiallos

Viceministro de Gestión Educativa
Vinicio Baquero Ordóñez

Subsecretaria de Fundamentos Educativos
María Fernanda Crespo Cordovez

Subsecretario de Administración Escolar
Mariano Eduardo López

Directora Nacional de Currículo
Graciela Mariana Rivera Bilbao la Vieja

Director Nacional de Recursos Educativos
Ángel Gonzalo Núñez López

**Directora Nacional de Operaciones
y Logística**
Carmen Guagua Gaspar

Primera impresión
Marzo 2020

Impreso por:

**EDITORIAL DON BOSCO OBRAS
SALESIANAS DE COMUNICACIÓN**

Marcelo Mejía Morales
Gerente general

Paúl F. Córdova Guadamud
Dirección editorial

Ligia Elena Quijia
Editor de área

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

Raúl López Huerta
**Creación de contenidos
nuevos**

Luis Felipe Sánchez
Coordinación de estilo

Gabriela Cañas
Revisión de estilo

Pamela Cueva Villavicencio
Coordinación gráfica

Karla Medina
Alex Castro Cepeda
Andrea Quintana Salto
Diagramación

Jorge Cadena Cadena
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



ISBN 978-9942-23-016-4
Primera impresión: julio 2016
Este libro fue avaluado por la
Universidad Internacional SEK, y
obtuvo su certificación curricular
el 30 de mayo de 2016.

MINISTERIO DE EDUCACIÓN

© Ministerio de Educación del Ecuador
Av. Amazonas N34-451 y Av. 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 por los editores y se cite correctamente la fuente autorizada.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA PROHIBIDA SU VENTA

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.

Lenín



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 (94)

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 transmisión de la información genética a la descendencia por medio de la fertilización.

Unidades

1	2	3	4	5	6
✓					
✓					
✓					
✓					

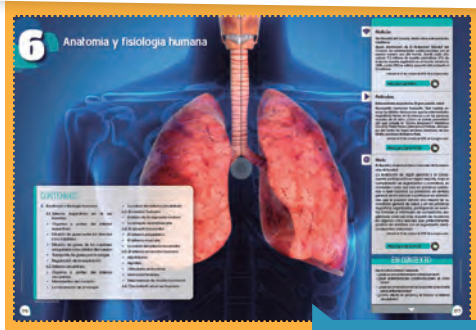
Unidades

- 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**

Para empezar



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

Activa tu conocimiento con el gráfico

Contenidos



Aprendemos biología a través de actividades.

Experimento



- Te convertirás en un joven biólogo.

Zona Wifi



- Aprenderás la biología en relación con la sociedad.

Resumen



- Síntesis de lo aprendido

Evaluando tus destrezas

Para finalizar



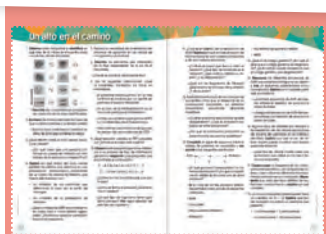
Autoevaluación

Proyecto



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

Un alto en el camino



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

¿Qué significan estos íconos?

Y TAMBIÉN:



TIC



Actividades:



interdisciplinarias

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/gMaJm8

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.

Y TAMBIÉN:



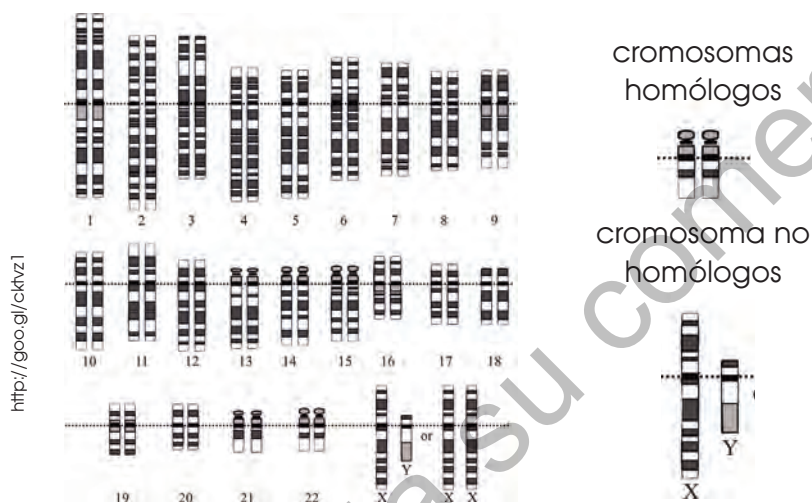
La **variabilidad** es más grande cuanto menos importante es ese carácter para la supervivencia del individuo. Así, es más elevada la variabilidad en el color del pelo que en la estructura de la hemoglobina. En la especie humana, el color del pelo no es un factor que condicione la supervivencia; en cambio,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

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**.

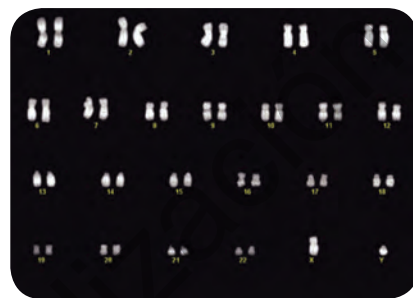
Para observar la dotación cromosómica de un individuo, elaboramos un **cariotipo**:



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.

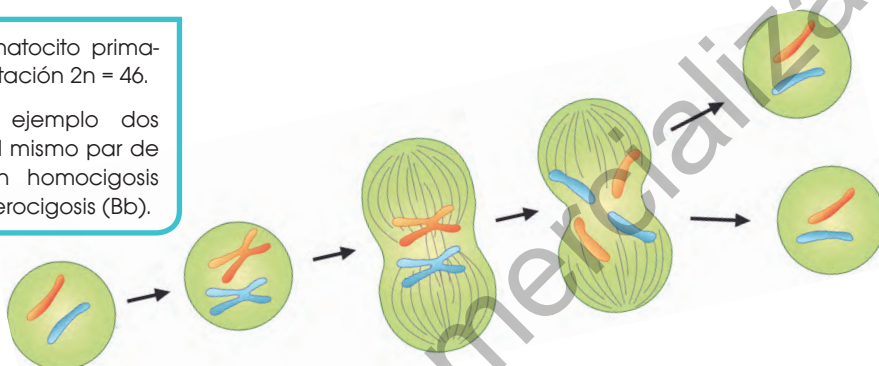
2. LA TRANSMISIÓN DE LOS CARACTERES

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/D9LhSI>

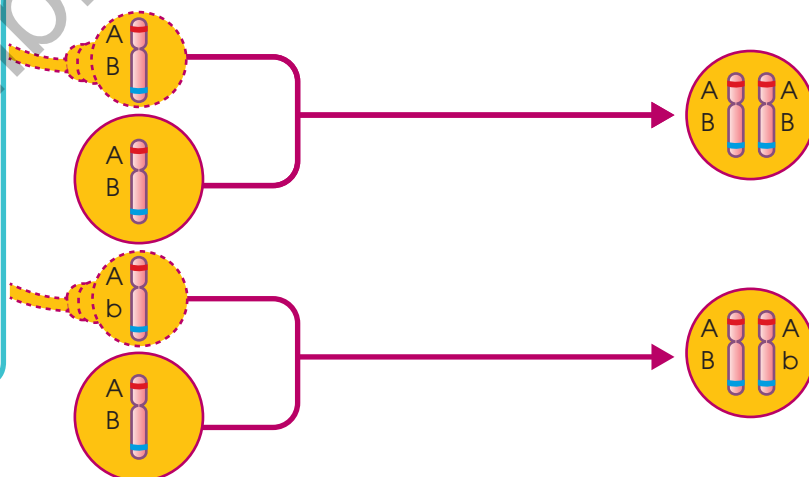
Durante la **fecundación** se unen las dotaciones cromosómicas de los dos gametos, óvulo y espermatozoide. El resultado será el **cigoto** que ya es diploide, es decir, presenta pares de cromosomas homólogos. El cigoto tendrá dos copias de cada gen, una en cada cromosoma del par de homólogos. Estos **genes** 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

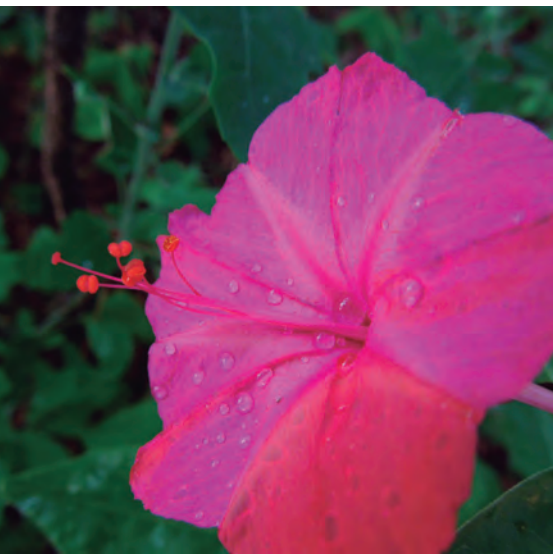
El **fenotipo** de muchos caracteres no depende exclusivamente del genotipo, sino que también está influido por el ambiente en el que el individuo desarrolla su actividad vital: fenotipo = genotipo + ambiente.

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	_____ LI _____	Largas _____ Cortas
«Pigmentación de la piel en humanos»	Pigmentada: A Albina: a	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.



cromosomas sexuales femeninos



cromosomas sexuales masculinos

- 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^d, que determina «afectado de daltonismo» y es recesivo.

Y TAMBIÉN: ¿?

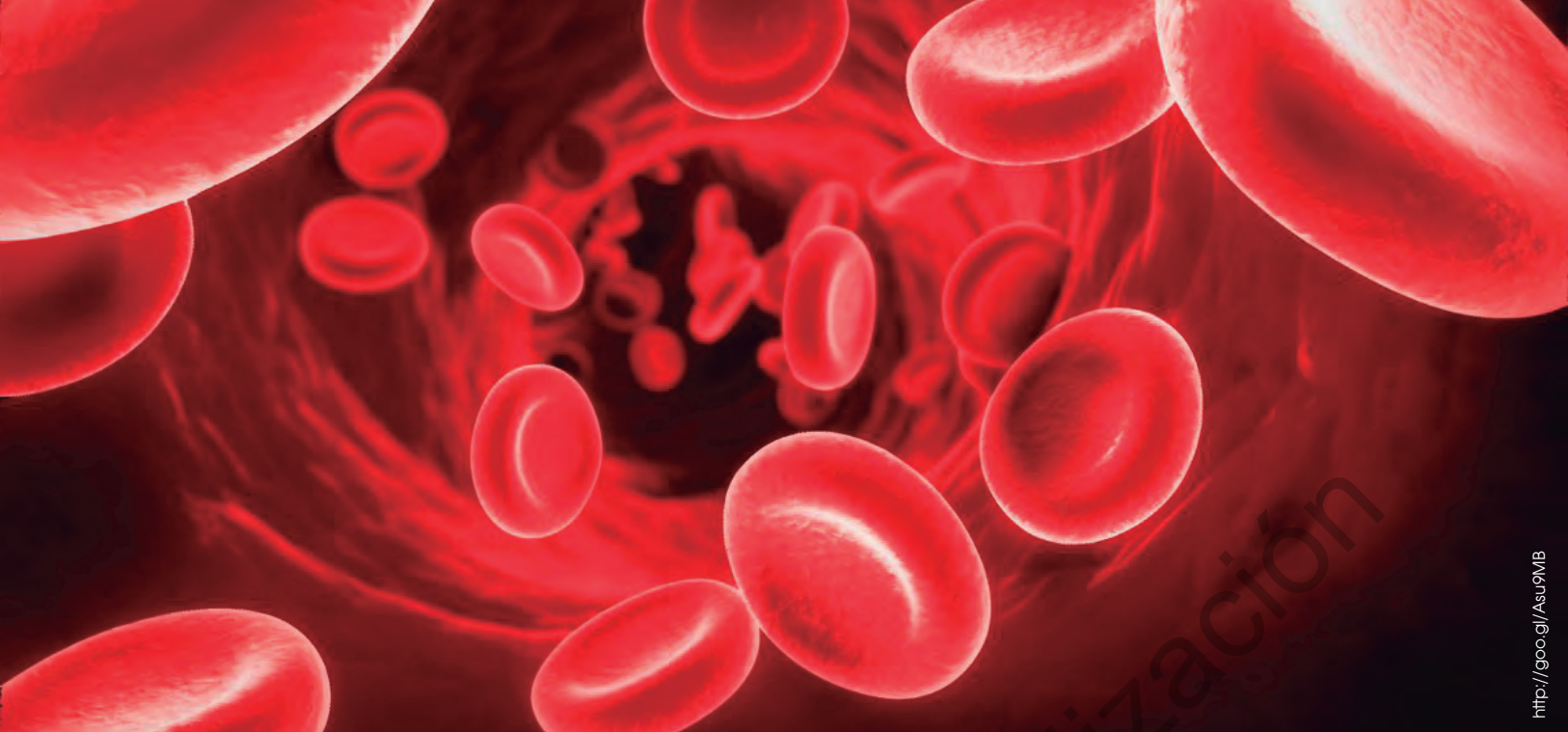
Test de Ishihara

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 ^d	X ^d		X ^d
	Fenotipos					

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

- ¿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.

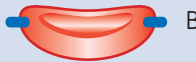
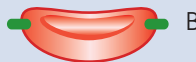
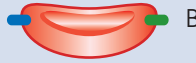


3.4. Herencia de alelos múltiples

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 B
0	ii	— 	 Anticuerpo A  Anticuerpo B	No	No
A	$I^A I^A$, $I^A i$	A 	 Anticuerpo B	Sí	No
B	$I^B I^B$, $I^B i$	B 	 Anticuerpo A	No	Sí
AB	$I^A I^B$	A,B 	—	Sí	Sí

<https://google.com/p/17v>



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

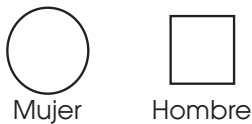
Prohibida su reproducción

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.

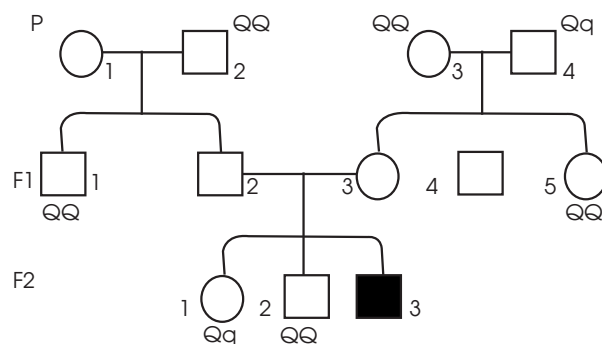
Para identificar a los distintos individuos, utilizamos la numeración arábica. Iniciamos la numeración en cada generación. Dentro de cada generación, numeramos todos los individuos que tengan relación con la familia, sean descendientes de la generación parental o no.

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?



Actividades

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

Trastorno	Descripción	Alelos y tipo de herencia
Anemia falciforme	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.
Albinismo	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.
Condrodistrofia	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.
Fenilcetonuria	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.

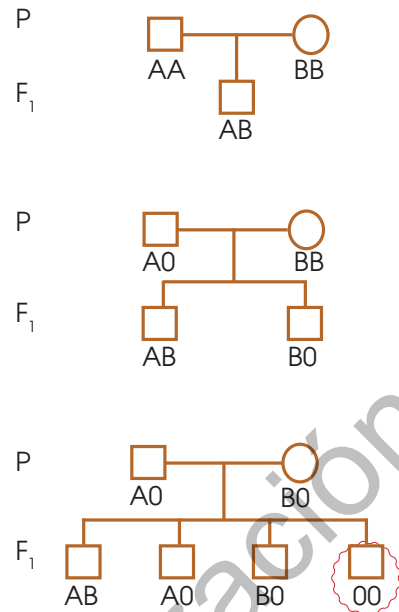
9. Un hombre de grupo sanguíneo O se somete a una prueba de paternidad de un niño de grupo sanguíneo AB. ¿Es posible que ese hombre sea el padre del niño? **Justifica** tu respuesta.
10. Cuál debería ser el genotipo de los padres de dos hermanos cuyos grupos sanguíneos son AB y O respectivamente?
11. **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:

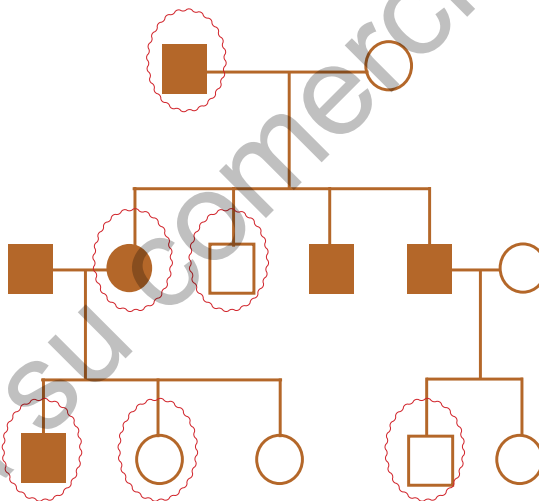
—¿Cuál es el genotipo de un hombre de grupo sanguíneo A y el de una mujer de grupo B que tienen un hijo del grupo O?

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.



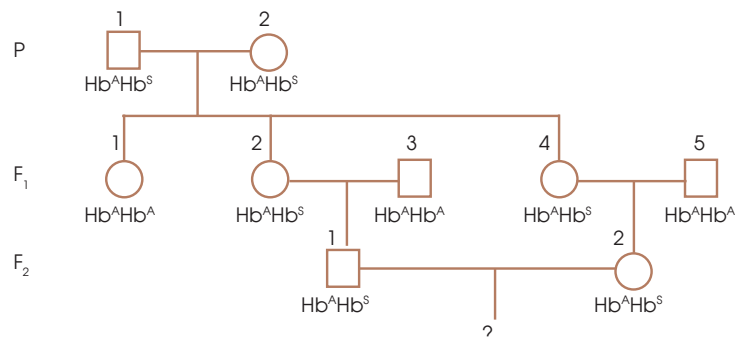
13. Después de realizar análisis durante tres generaciones de una familia, observamos la presencia de dos alelos diferentes respecto de la anemia falciforme:

- 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 F₂ tenga un hijo homocigótico para el alelo falciforme?



<http://goo.gl/xsSHWY>



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:

- Al contrario que sus coetáneos, solo estudiaba la herencia de uno o dos ca-



<http://goo.gl/fav5Y>

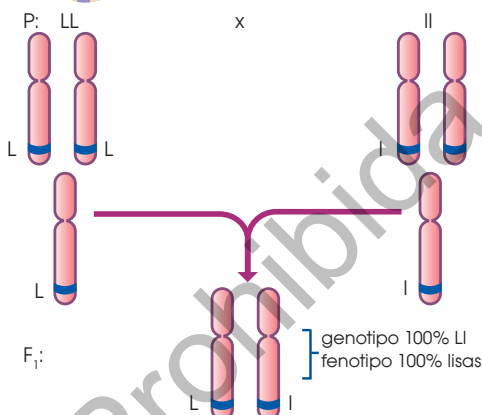
racteres como máximo. Además, los caracteres estudiados eran fáciles de observar y el organismo utilizado (guisante de jardín) era fácil de mantener y de controlar su fecundación, además de presentar un tiempo de generación relativamente corto.

- 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

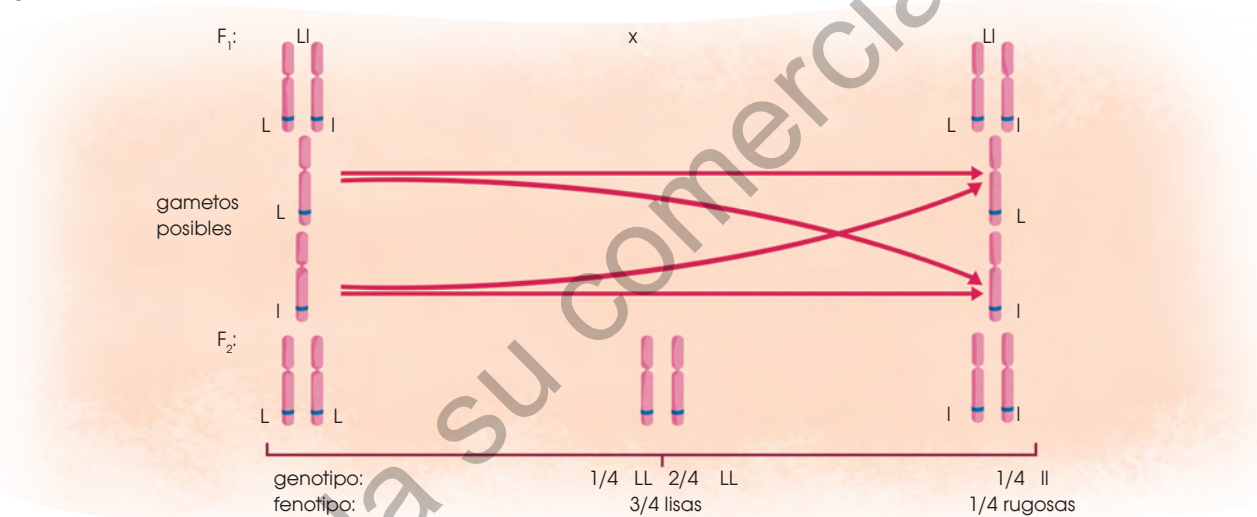
Si cruzamos dos heterocigotos de la F_1 entre sí, veremos que en la descendencia (F_2) obtenemos todos los genotipos y fenotipos posibles siguiendo unas proporciones concretas.

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).

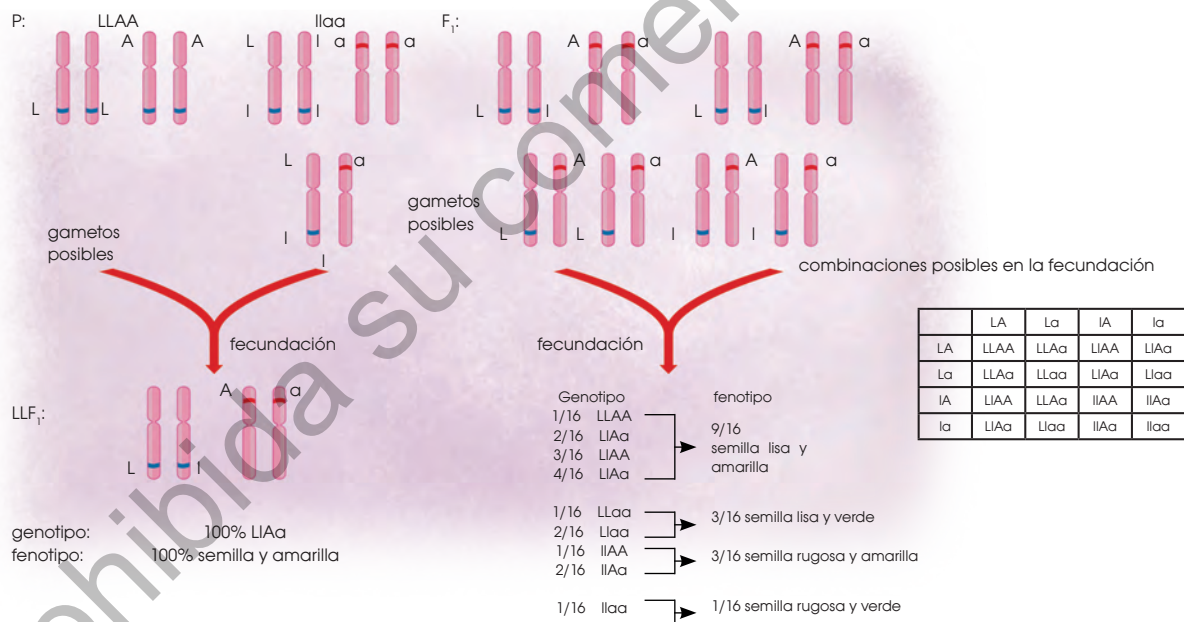
Después de cruzar a los homocigotos para los dos caracteres, vemos que, de acuerdo con la primera ley, toda la F_1 es heterocigota e igual entre sí.

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:

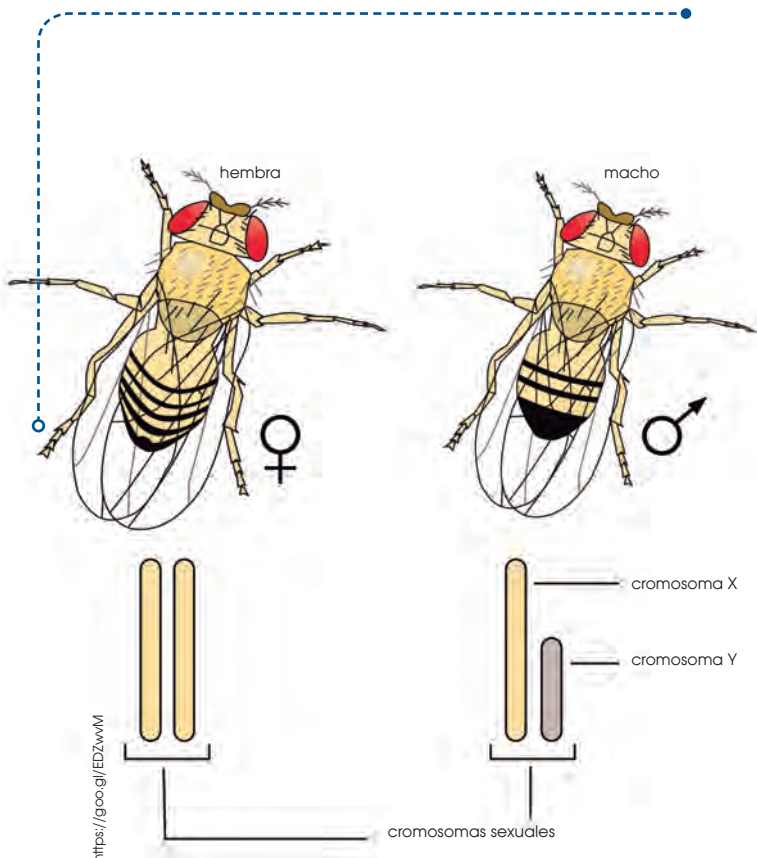
- Los caracteres estudiados están determinados por genes situados en el mismo cromosoma.
- Los caracteres estudiados están determinados por genes situados en los cromosomas sexuales.



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 tomates 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:



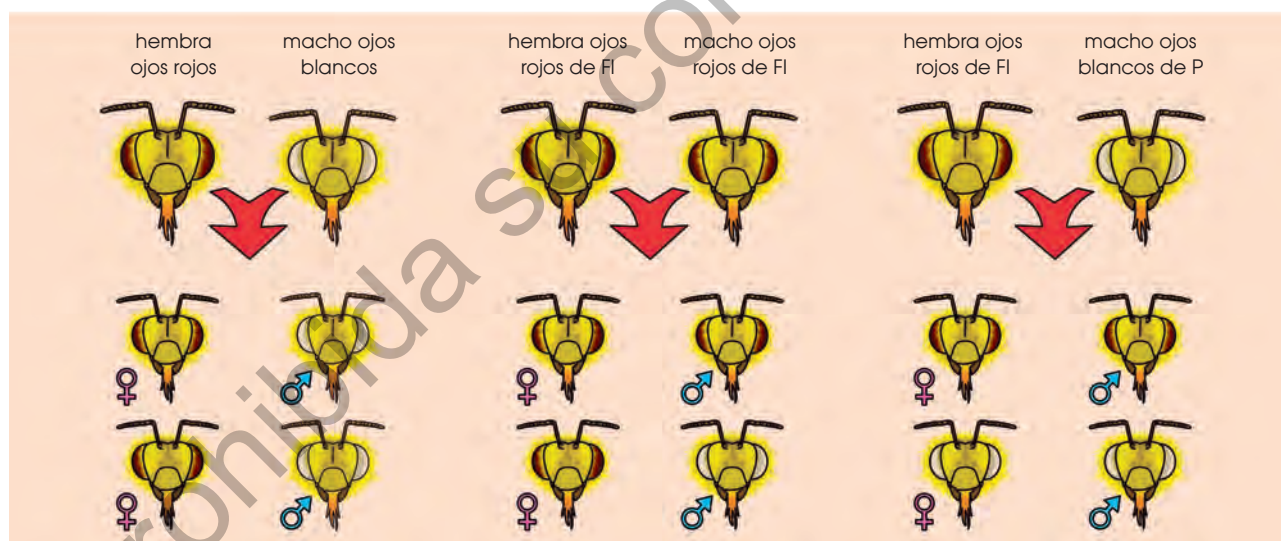
Gregor Mendel fue pionero en la investigación con seres vivos, pues trabajó con la planta del guisante y con la del dondiego. Los hongos *Neurospora* y *Aspergillus*, numerosas especies de bacterias, entre estas *Escherichia coli*, y muchos tipos de virus han sido objeto de una gran cantidad de estudios. 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 FII 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.



Al genoma de *Drosophila* lo conocemos detalladamente, porque se han conseguido identificar todos los genes y su situación en los cromosomas.

18. **Representa** los cruzamientos anteriores respecto al color del cuerpo. Indica cual es el carácter dominante y recesivo.
19. **Establece** una hipótesis sobre la herencia del color de los ojos en *Drosophila*. **Represéntala** en un esquema en forma de árbol. **Expón** tu hipótesis oralmente a los compañeros y compañeras.

5. HERENCIA DE ENFERMEDADES LIGADAS AL SEXO

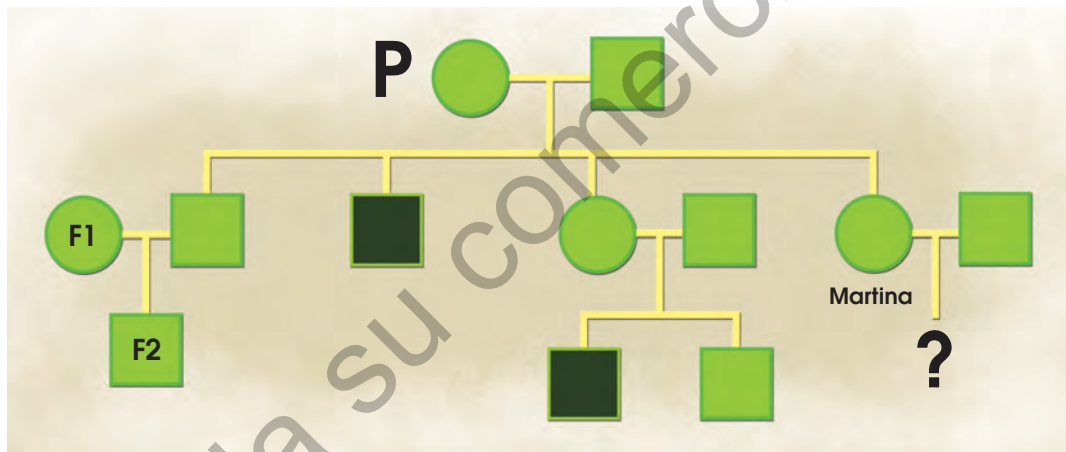
Como ya hemos visto, existen ciertas enfermedades hereditarias ligadas al cromosoma X como la hemofilia o el daltonismo. Por lo tanto, estas enfermedades se expresan de forma diferente en hombres y mujeres. Ambas enfermedades son recesivas y los hombres presentarán la enfermedad si poseen el cromosoma 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

nante o recesivo respecto al alelo «sano»?

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



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 domi-

estas categorías de individuos.

- **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 pro-

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.

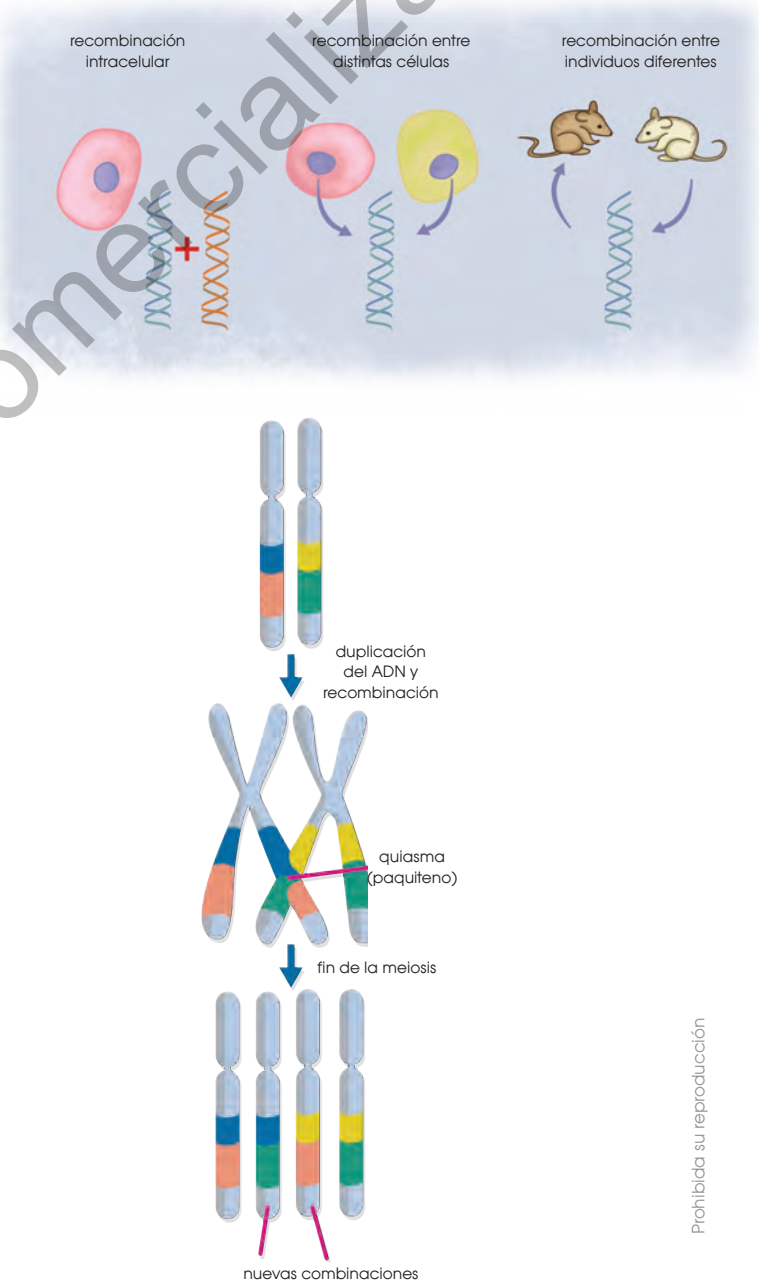
La recombinación génica en el laboratorio se realiza mediante la unión de fragmentos de ADN que originalmente están separados, porque corresponden a cromosomas distintos de la misma célula, a células diferentes o, incluso, a organismos distintos.

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

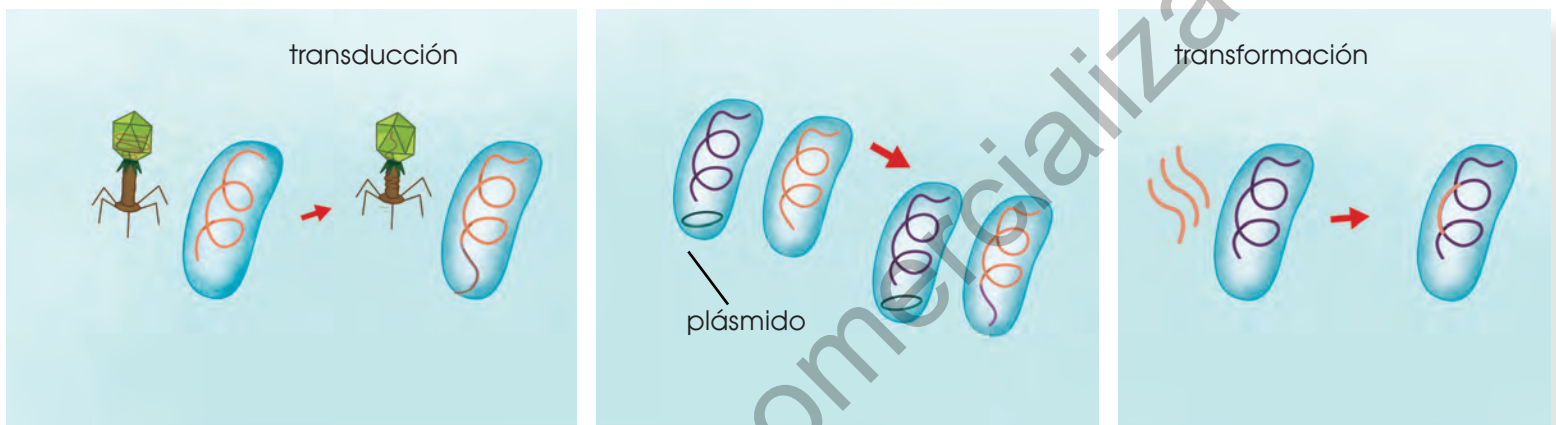
Para obtener nuevas combinaciones de genes, llevamos a cabo una serie de operaciones en las que utilizamos enzimas, microorganismos y virus como «instrumentos» imprescindibles.

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

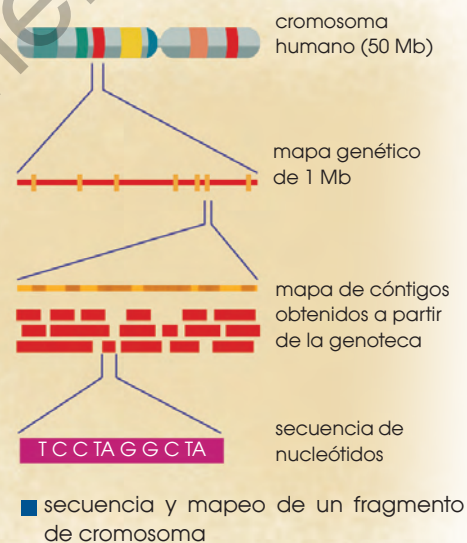
fragmentos que se han solapado, llamados *cóntigos* (*contigs* en inglés), que son los que permiten ordenar todos los fragmentos. Por último, se completan los espacios vacíos.

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

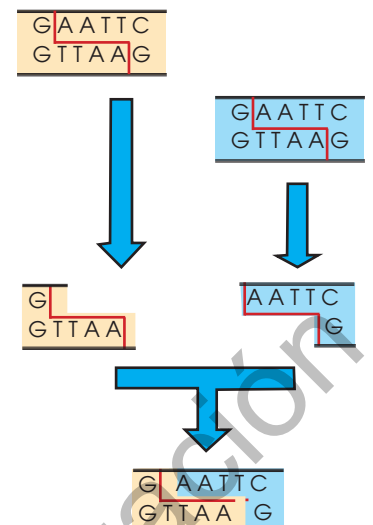
A continuación, se incuba el plásmido obtenido de la recombinación junto con el cultivo de bacterias específicamente seleccionados. En las condiciones adecuadas, el plásmido se incorpora a las células bacterianas.

Identificación del ADN clonado

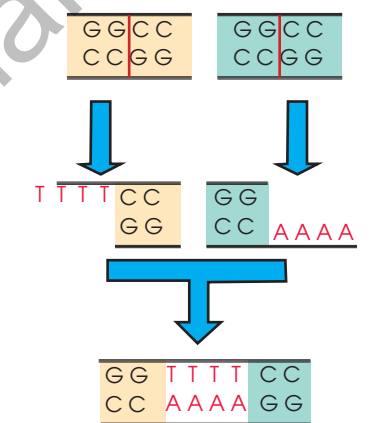
Aunque las condiciones sean las más favorables, en cada fase se produce un porcentaje de errores que afectan tanto a la unión entre el plásmido y el ADN que se tiene que clonar como a la incorporación del plásmido a las células bacterianas. Por este motivo, en el cultivo se encuentran:

- 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.

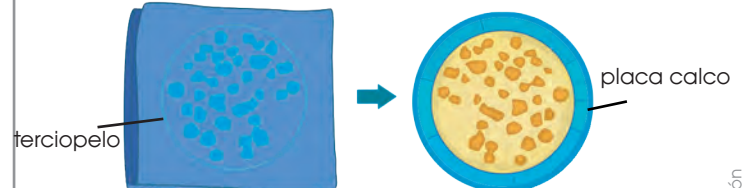
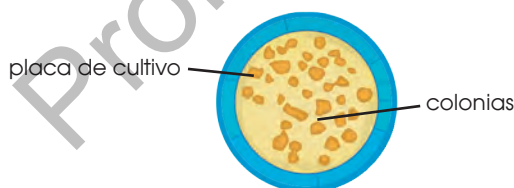
Para la correcta identificación se obtiene una placa de cultivo de bacterias así como su placa calco.



■ Unión de extremos obtenidos con EcoR I

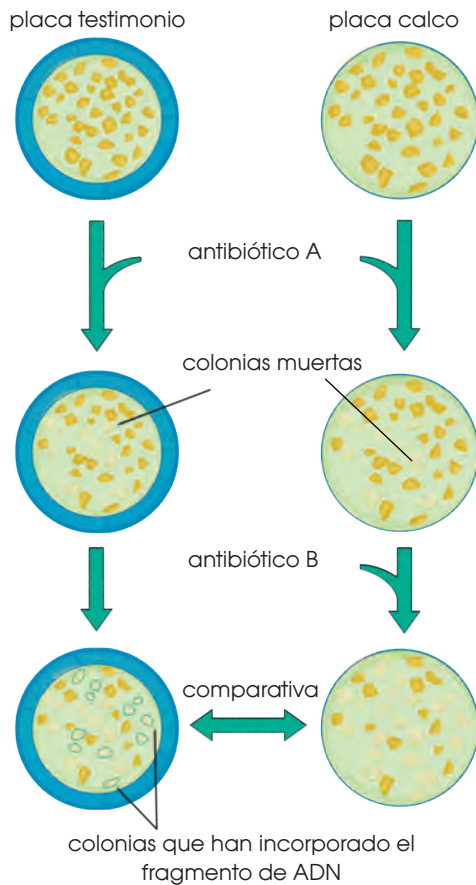


■ Unión de extremos obtenidos con Hae III



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://goo.gl/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.

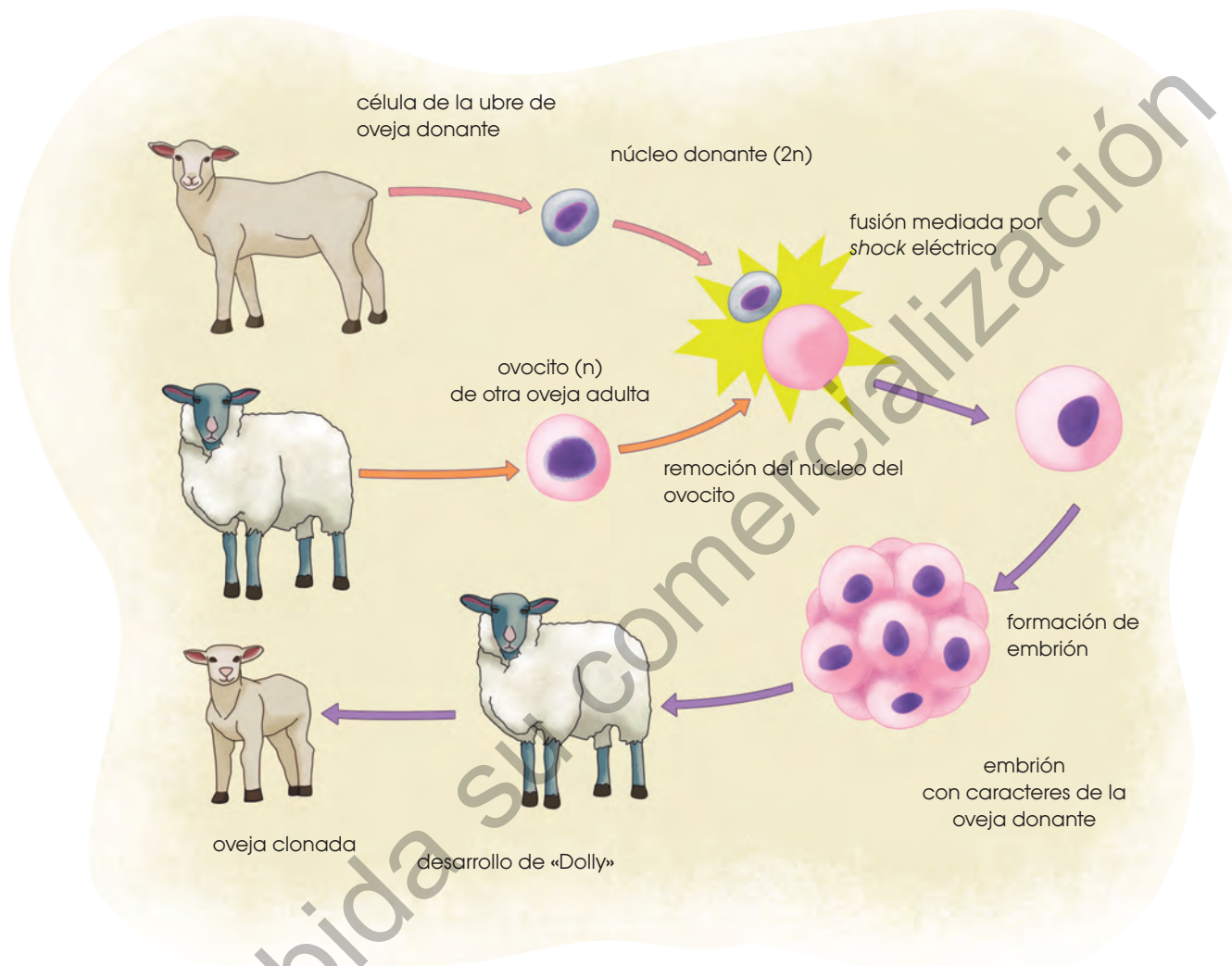
A pesar de todas estas ventajas, es necesario evaluar concienzudamente los posibles

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 F₁. 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

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

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

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.

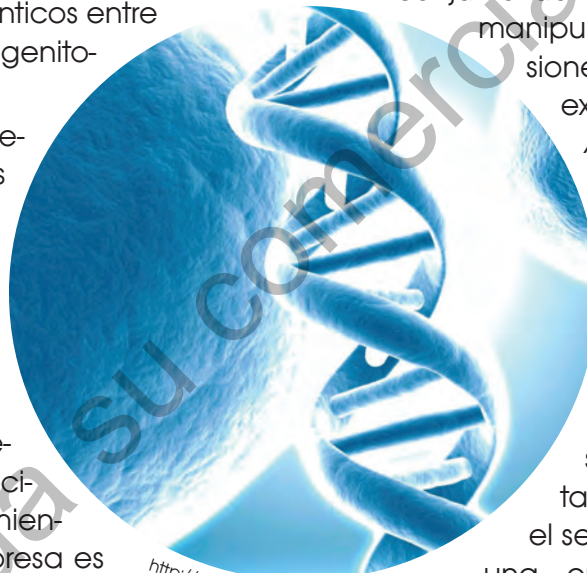
Conocemos como *ingeniería genética* al conjunto de técnicas basadas en la manipulación del ADN. En ocasiones, también utilizamos la

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.



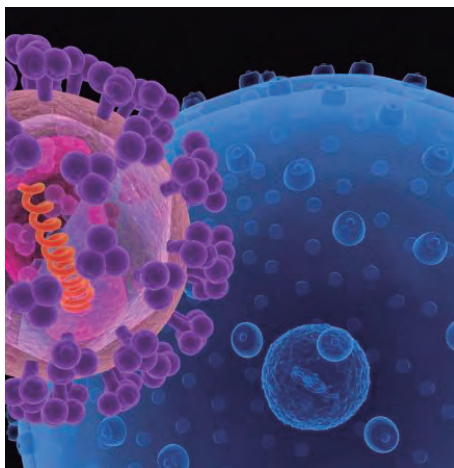
<http://goo.gl/OvrfckF>



BLOG

Este virus genéticamente modificado sirve como tratamiento contra el cáncer

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



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/nIOeg5>

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.

Prohibida su reproducción



Para finalizar



1. **Define** los siguientes conceptos: *genotipo*, *fenotipo*, *alelo dominante*, *alelo recesivo*, *alelo equipotente*.
2. Si una persona de grupo sanguíneo O tiene un hijo con una persona del grupo sanguíneo AB, ¿qué probabilidad hay de que sea del grupo O? ¿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 O 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

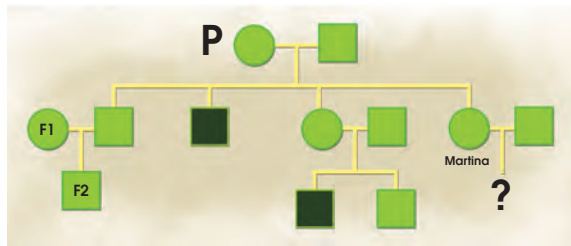
determina flor blanca. El color de la semilla en la misma planta presenta el alelo dominante A, que determina semilla amarilla, y el alelo recesivo a, que determina semilla verde.

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.

F ₁	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?

• 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 **escribelas**.

INVESTIGANDO NUESTRO GENOMA

OBSERVAMOS



<http://googl/NclNV>

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...).

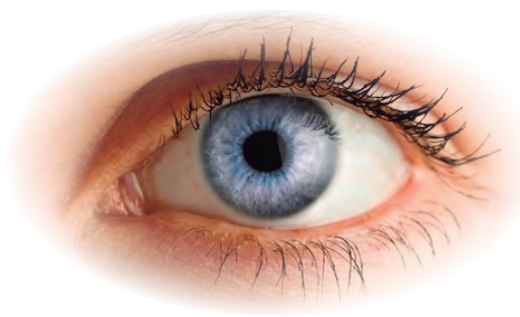
PLANIFICAMOS

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?

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.



<http://goo.gl/AvyZLu>



<http://goo.gl/BuIRz2i>

REFLEXIONAMOS

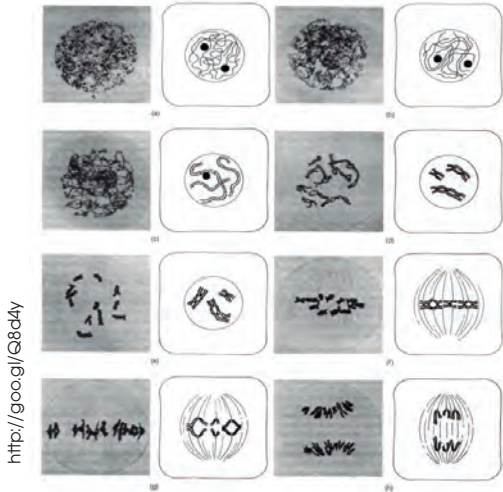
En este proyecto has tenido que trabajar toda una serie de actividades que te han permitido desarrollar habilidades como la atención, la concentración, la memoria, la comprensión y la expresión.

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'

- ¿Cuáles son las dos moléculas que participan?
 - ¿Cómo se llama el proceso? ¿Qué enzima lo cataliza?
 - ¿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*.
- ¿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?
 - ¿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?

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

14. **Menciona** las diferentes secuencias de

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.

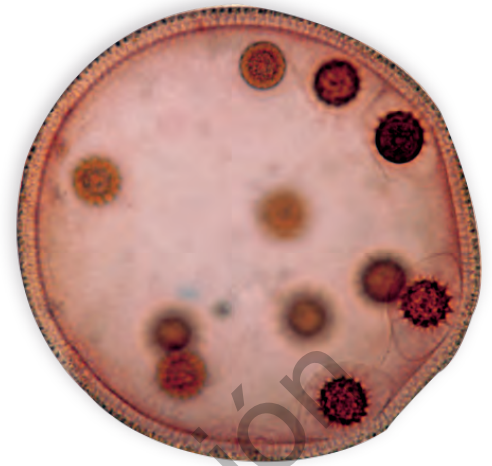
- **Posibilidad de desarrollar funciones** más complejas.

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.

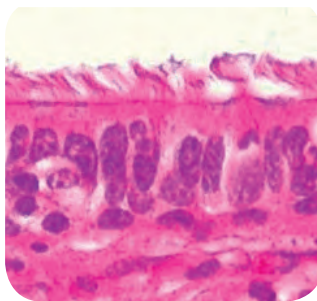
En un organismo pluricelular complejo, como el ser humano, podemos observar diferentes niveles de organización celular: La **organización pluricelular estricta** es propia de una gran diversidad de organismos y se caracteriza por la presencia de:

- Un **medio interno** distinto del exterior.
- **Distintos tipos de células** que, a lo largo del proceso evolutivo, adquieren funciones especializadas.



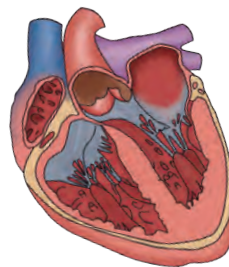
<http://goo.gl/FlgkAk>

Nivel tisular:
tejido epitelial



<http://goo.gl/3RF58L>

Nivel celular:
célula epitelial



Nivel de órgano:
corazón



<http://goo.gl/FMLR4c>

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.

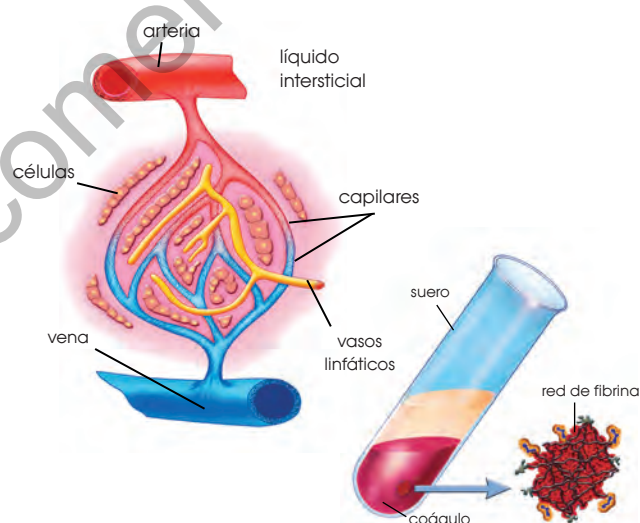
El líquido intersticial, de composición similar al plasma, rodea a las células de la mayoría de los tejidos, con las cuales intercambia sustancias.

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**.



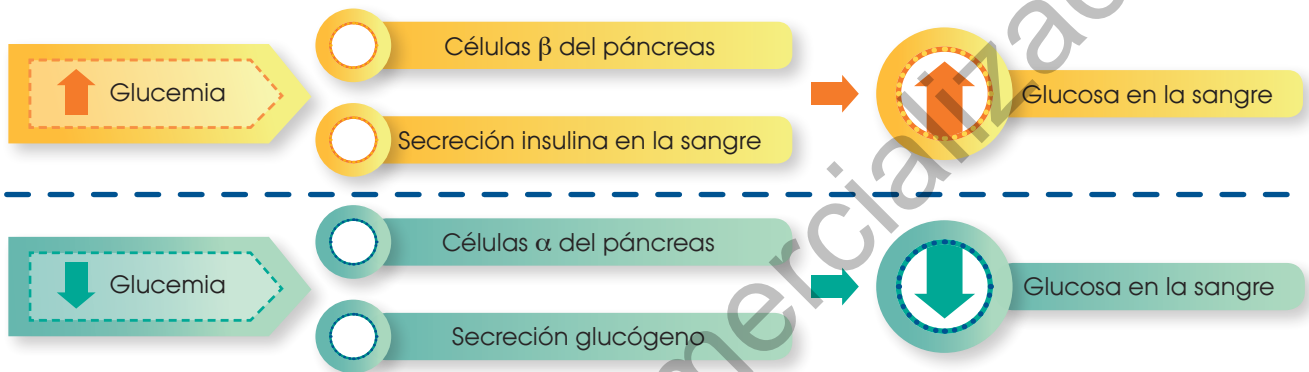
Y TAMBIÉN: ¿?

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 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.

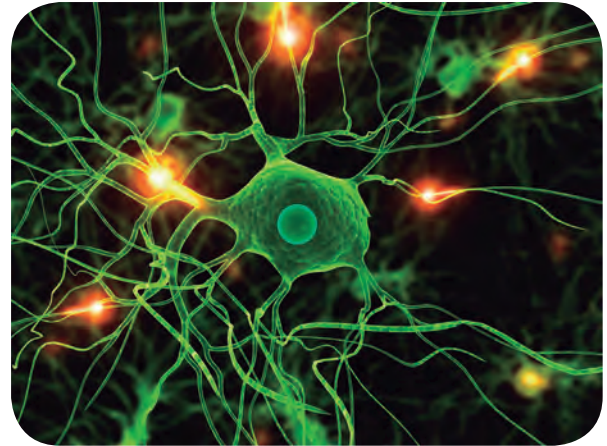
Los mecanismos que permiten la homeostasis son diversos y van desde la presencia de cubiertas protectoras, como la cutícula de los vegetales o la piel de los vertebrados, hasta los más sofisticados mecanismos bioquímicos. Así, la regulación de los niveles de glucosa en la sangre del ser humano (**glucemia**) 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 α y β .

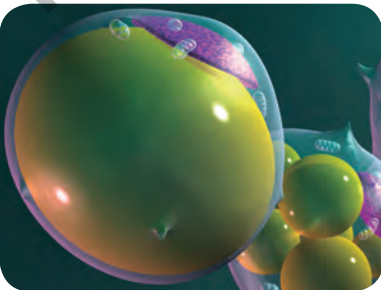


Presencia de distintos tipos de células

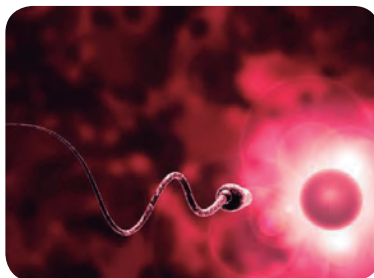
La morfología de las diferentes células que pueden formar parte de un mismo organismo es muy variada y está relacionada con la función que desempeñan. Así, los espermatozoides tienen una estructura adaptada al movimiento; la morfología de las células ciliadas ofrece la máxima superficie de intercambio 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.



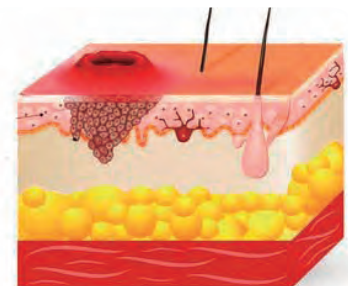
<http://goo.gl/mCH0Hb>



<http://goo.gl/GzNxs7>



<http://goo.gl/hGqIBZ>



<http://goo.gl/ZoQy/q>

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**.

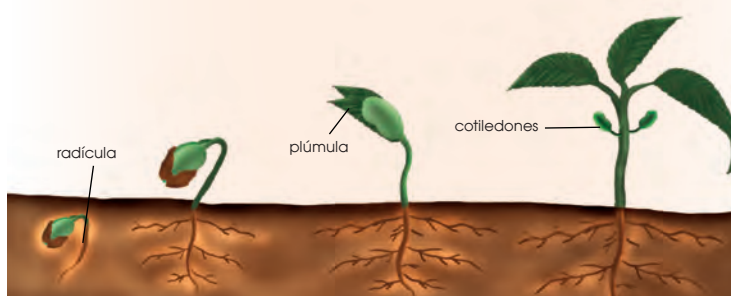
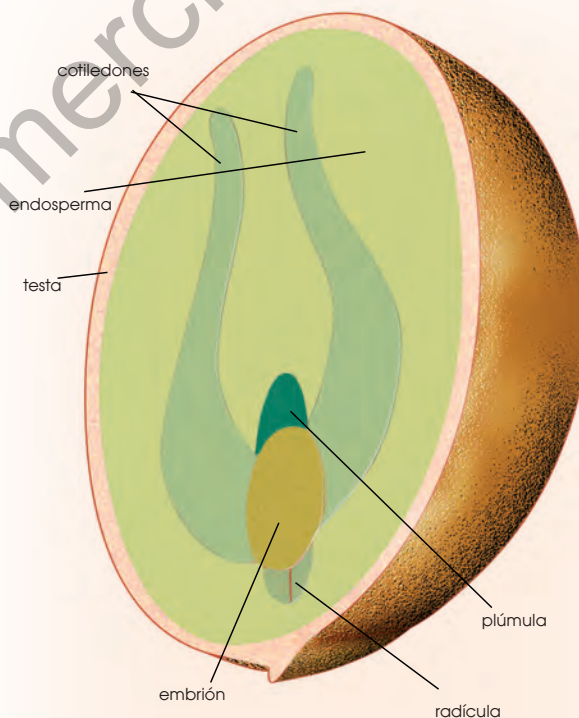
En el caso de las **plantas dicotiledóneas**, además de la radícula y la plúmula, en el embrión también pueden distinguirse los **cotiledones**.

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.



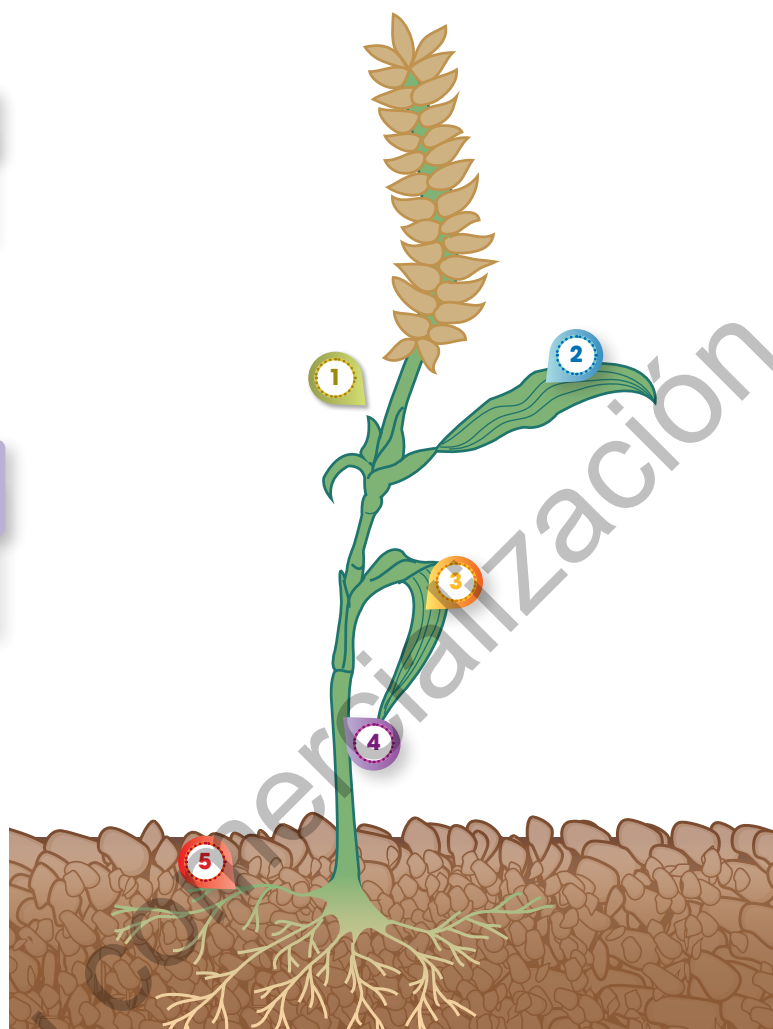
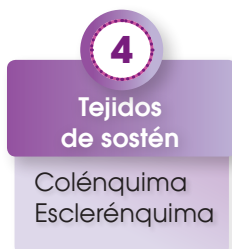
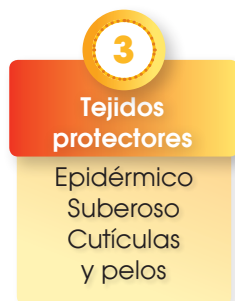
4. TEJIDOS VEGETALES

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.





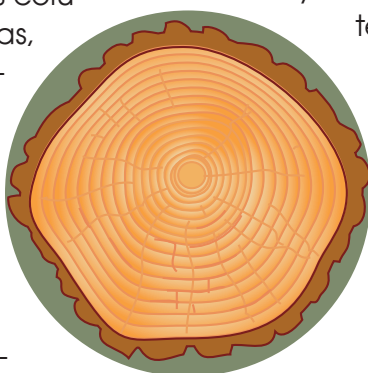
4.2. Meristemos

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:

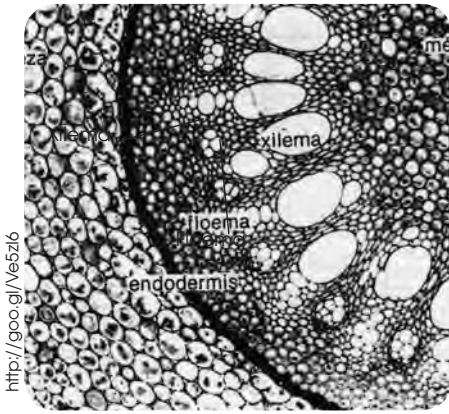
- **Embrionario:** Forma el embrión, en la fase de semilla, y puede permanecer en reposo durante mucho tiempo.
- **Primario o apical:** Está especializado en el crecimiento en longitud de la planta. Se localiza en los extremos de la raíz (cofia) y el tallo (yemas terminales y axilares).



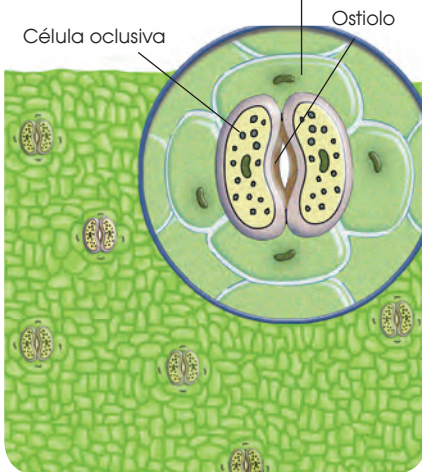
- **Secundario:** Produce el crecimiento en grosor de la planta. Se localiza en toda la planta (partes gruesas del tallo y raíz) y está formado por células que, en determinadas épocas del año, recuperan la capacidad de dividirse para diferenciarse en tejidos concretos. Distinguimos:

—**El cámbium:** Se encuentra intercalado entre los tejidos que conducen la savia y los regenera periódicamente.

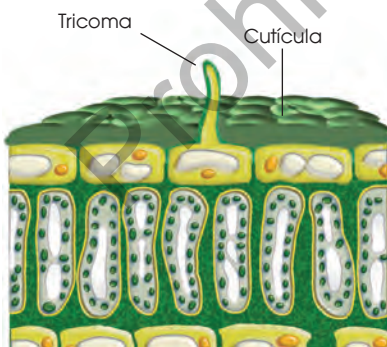
—**El felógeno:** Está bajo la epidermis y produce, entre esta y el propio tejido una nueva capa de células que forman un tejido, protector, denominado *suberoso*. Produce el crecimiento en grosor de tallos y raíces.



■ 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:

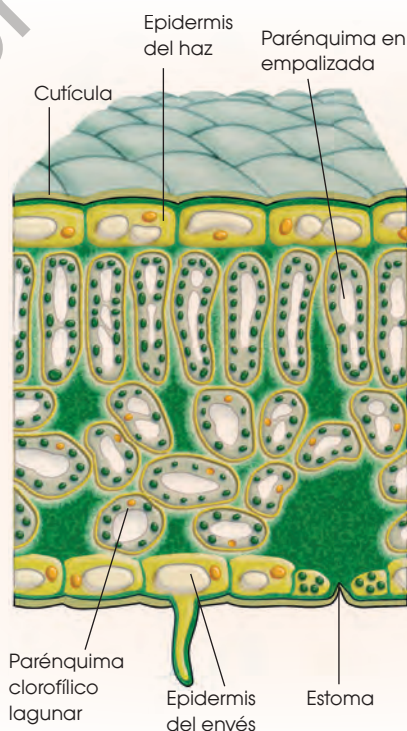
- **Clorofílico:** Es el principal tejido fotosintético; por ello, sus células contienen abundantes cloroplastos. Se localiza en las partes verdes: hojas y tallos herbáceos. Distinguimos dos capas:
 - La capa más próxima a la epidermis está formada por el **parénquima clorofílico en empalizada**, que 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 CO_2 , 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.

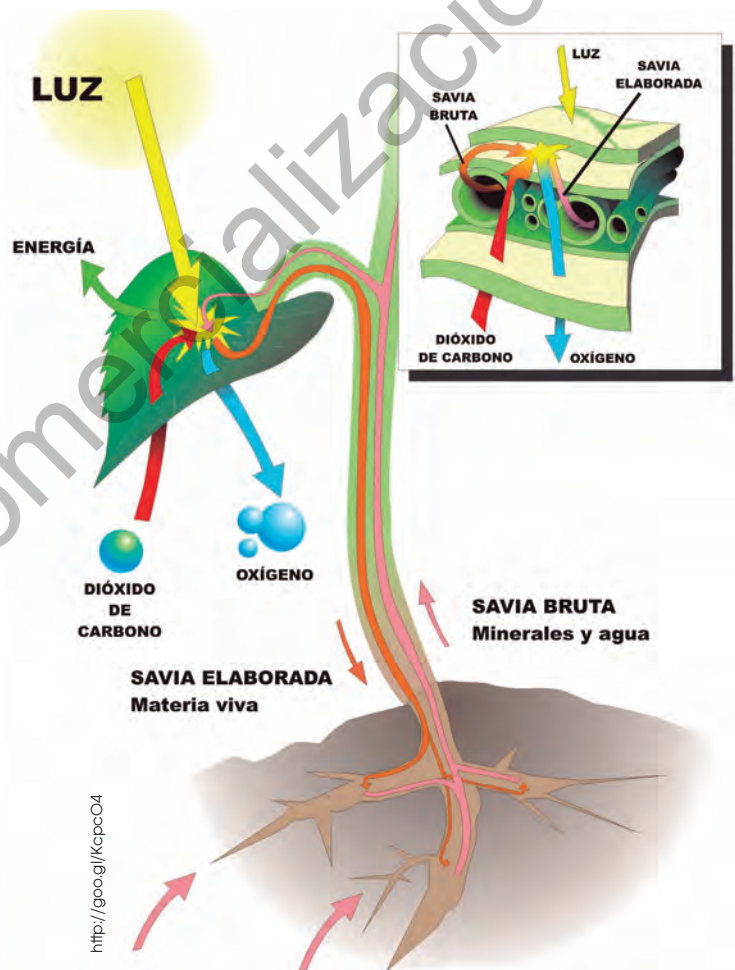
Las cormófitas viven en ambientes terrestres, poseen tejidos y órganos especializados en la captación de los diferentes nutrientes:

- 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 **apertura** 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/m² de hojarasca.
- En un bosque se miden 269 g de hojas/m² 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.

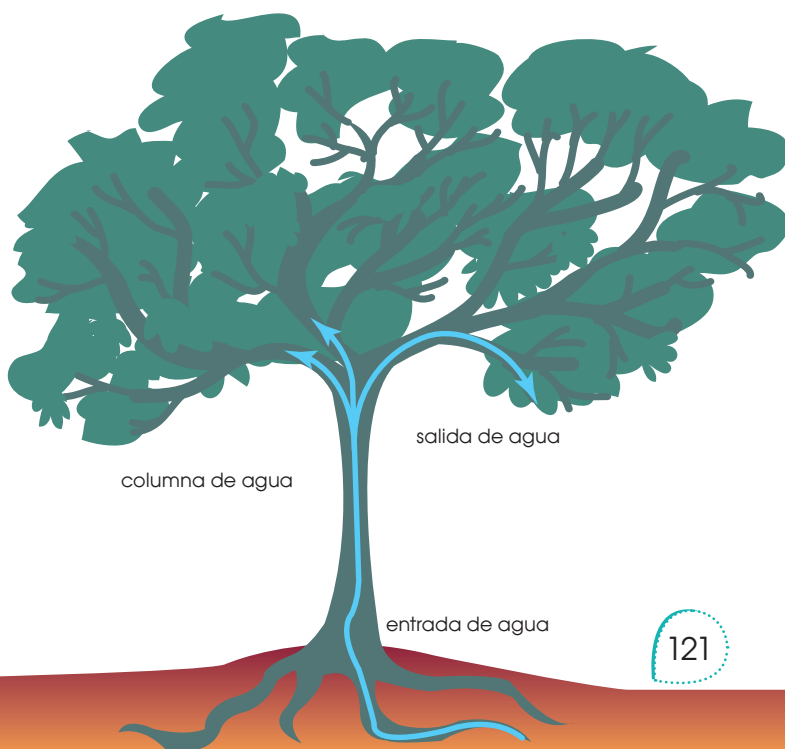
—La presencia de animales excavadores o el crecimiento de las raíces remueve el suelo y contribuye a su **aireación**.

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 res-

piración 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 cm³ de agua al día.

Sustancias no nitrogenadas

Muchas de ellas se producen y se acumulan en frutos, hojas, tallos o raíces.

Sustancias no nitrogenadas

Pigmentos

La coloración roja, azul o morada de las flores y de los frutos se debe a la secreción de **antocianos**.

Terpenos

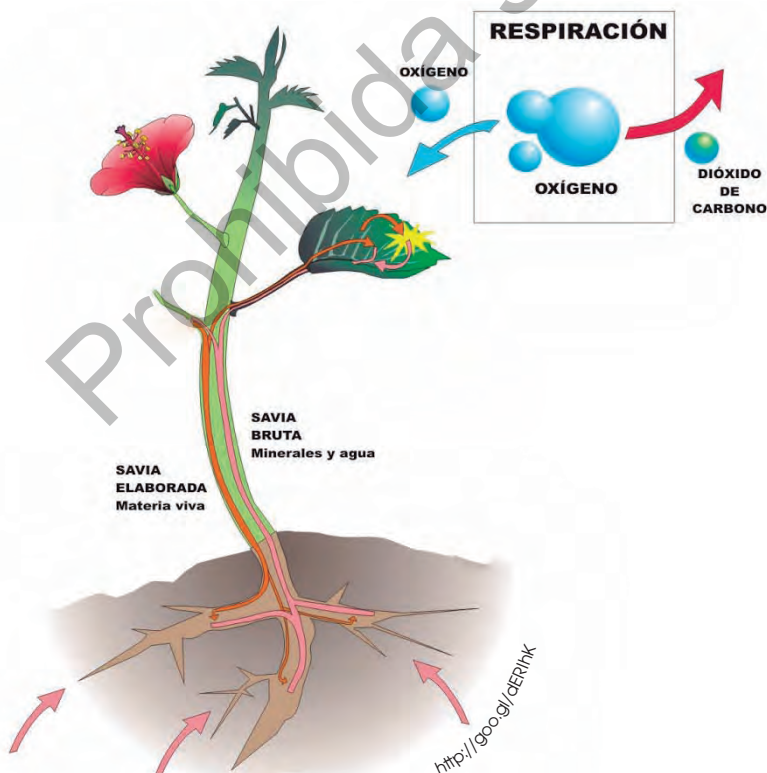
Se trata de lípidos que pueden ser esencias volátiles que dan olor característico a la planta como el mentol, geraniol, limoneno y otras. Por otro lado, pueden ser sustancias viscosas como la resina de las coníferas.

Sales

En las plantas halófilas (es decir, plantas que pueden vivir en terrenos con una elevada concentración de sales), encontramos glándulas secretoras de sal que pueden expulsar el cloruro sódico en forma de pequeños cristales, los cuales acabarán recubriendo las hojas.

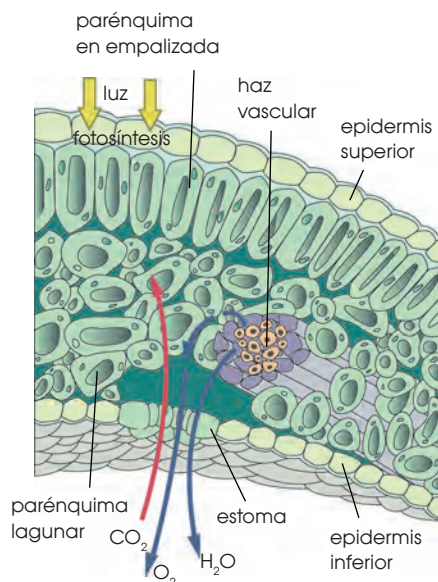


7. LA RESPIRACIÓN EN LOS VEGETALES



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.

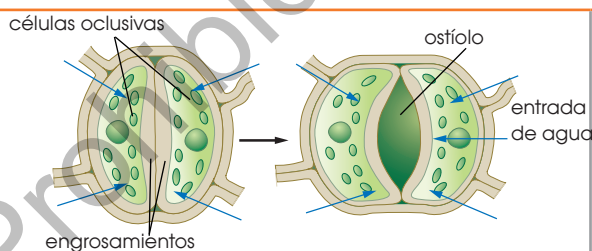
—Desprenden O_2 a la atmósfera o al agua.

Respecto a la **transpiración**:

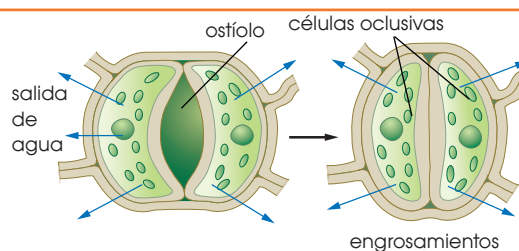
—Las plantas pierden hasta el 90% del agua absorbida por las raíces en forma de **vapor de agua**, a través de los estomas.

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 **ostiolo**.



Si las células oclusivas reducen su contenido en agua, adoptan una forma alargada y ambas células contactan por el centro y cierran el ostiolo.

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 (CO_2 y 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

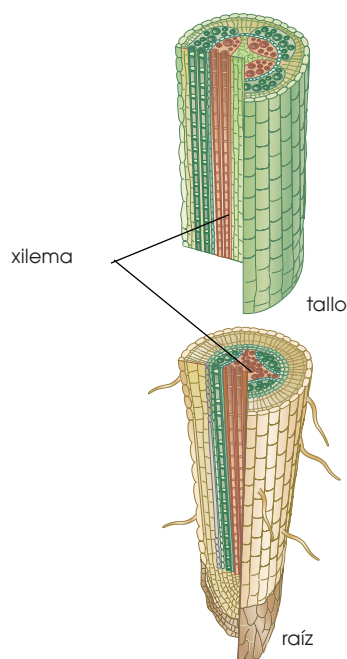
El conjunto de vías conductoras ascendentes recibe el nombre de **vasos leñosos** o **xilema**.

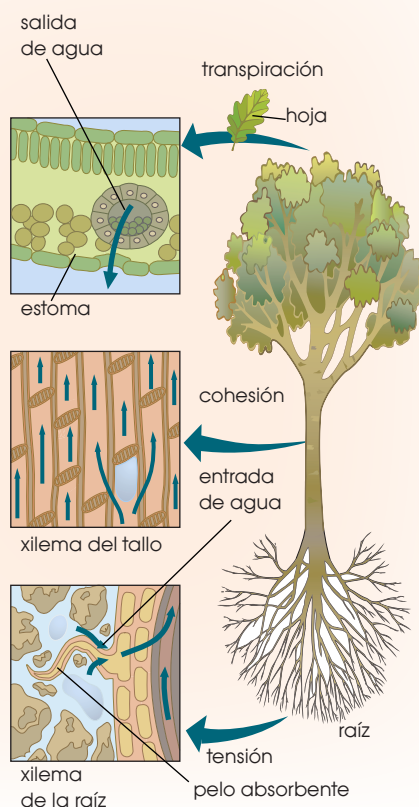
- El transporte tiene lugar entre los pelos absorbentes de la **raíz** y las zonas verdes fotosintéticas, en especial las **hojas**.
- Al líquido circulante en sentido ascendente lo solemos denominar **savia bruta**, compuesta por agua y sustancias minerales disueltas.
- Todos los vasos leñosos son aproximadamente 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⁺.
- 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 encuentran 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.

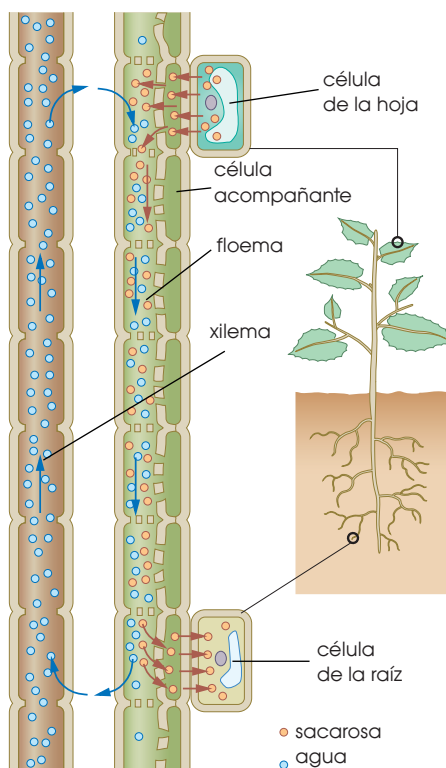
En las angiospermas, se encuentran células acompañantes y tubos liberianos con placas cribosas muy perpendiculares.

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 pónsetias.

—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.

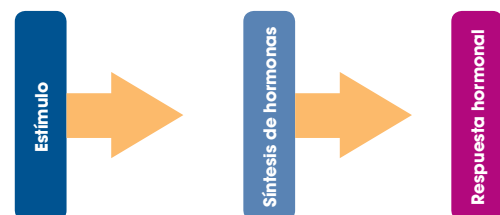
9.1. Funciones y actividad de las fitohormonas

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://googl/ArGauq>



Hormonas	Lugar de síntesis	Funciones principales	Factores que influyen en su actividad
Auxinas	Brotes apicales	Regulan el crecimiento del tallo y la raíz.	La luz activa el mecanismo de acción.
Citoquininas	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.
Etileno	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.
Ácido abscísico	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.
Giberelinas	Tallos y hojas jóvenes	Germinación de las semillas.	Activan su acción los fotoperíodos largos.

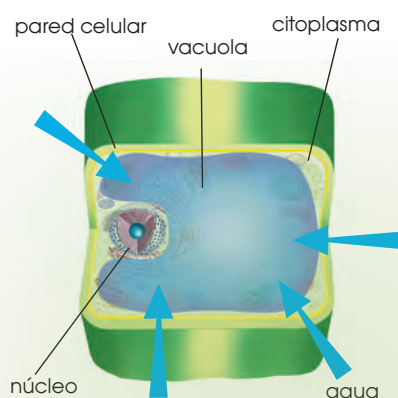
La actividad de las fitohormonas está todavía en estudio. Uno de los procesos mejor conocidos es el **mecanismo de acción de las auxinas**, que describimos a continuación:

—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.



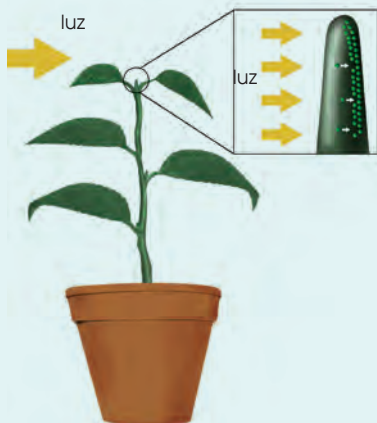
■ Principales zonas donde se sintetizan las hormonas vegetales.

Y TAMBIÉN:

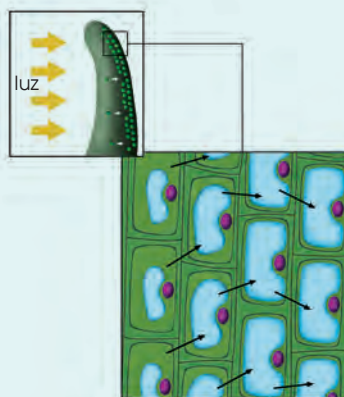


La **turgencia celular** consiste en un aumento del volumen de la célula vegetal, de modo que el citoplasma ejerce una presión sobre la pared celular.

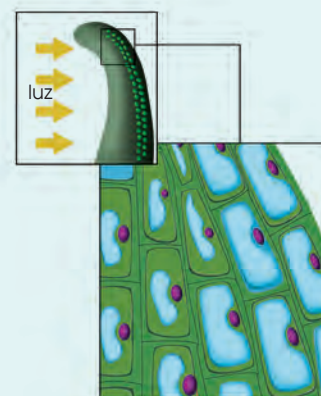
Cuando el medio que envuelve a las células tiene menor concentración de iones que el interior celular, el agua penetra en la vacuola, por el proceso de ósmosis. La célula vegetal se hincha y el citoplasma queda presionado sobre la pared celular.



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^+ , que transportarán los H^+ 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:

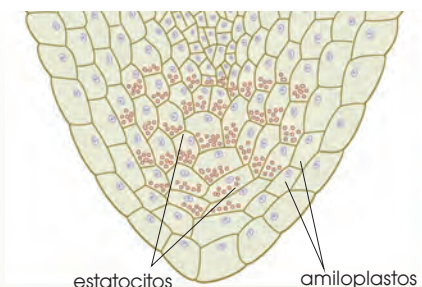


El fototropismo positivo de los tallos fue descrito por primera vez por Charles Darwin en 1881.

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/bcEJax>

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

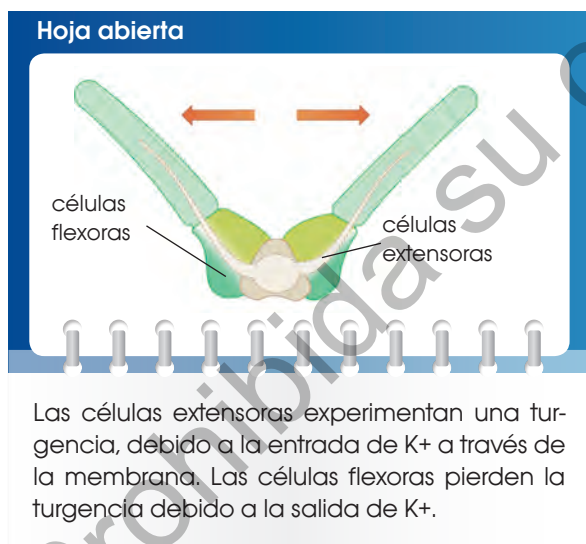
Son movimientos rápidos de una parte de la planta que, a diferencia de los casos anteriores, puede volver a la posición inicial cuando el estímulo que ha originado el movimiento, cesa. Las más conocidas son las fotonastias y las seismonastias.

- **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 peciolo 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

Los organismos pluricelulares desarrollan una serie de tejidos en los que sus células se especializan y cumplen con funciones específicas. 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 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://goo.gl/3cvb1w>



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 combus-

tibles 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



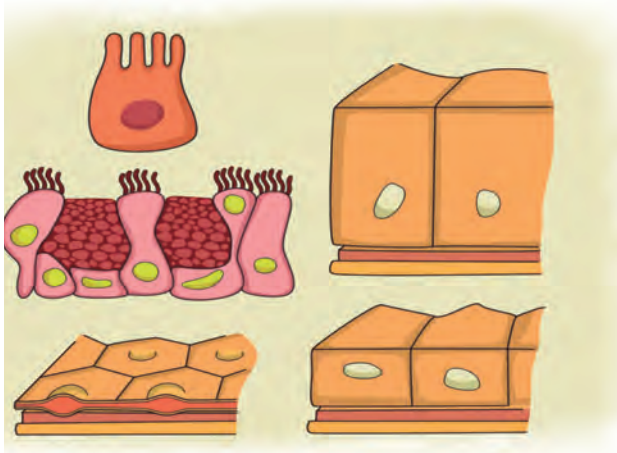
<http://goo.gl/DXFF56>

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:

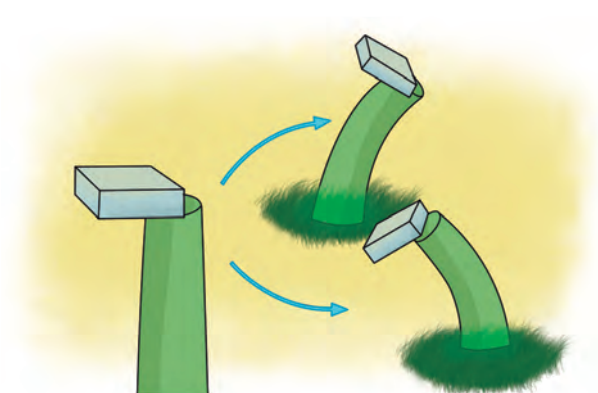
- un órgano productor
- un órgano consumidor

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:

a. ¿Por qué el ápice se deja un tiempo encima de un bloque de agar?

b. ¿Qué hormona es la responsable del resultado del experimento?

c. Si colocáramos el bloque de agar la-deado en lugar de centrado, ¿la plan-ta 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 trata-miento del tercer paso?

—**Describe** el proceso que permite a una planta el crecimiento de sus raíces.

10. **Observa** la siguiente fotografía. **Comen-ta** que movimiento de la planta repre-sentan y **explica** en qué consiste dicho movimiento.



<http://goo.gl/R76rcO>



<http://goo.gl/jxC1u6>

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 **escribelas**.

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/plG1lb>



Web:

Fabrican hueso solo con algunas proteínas de las células madre

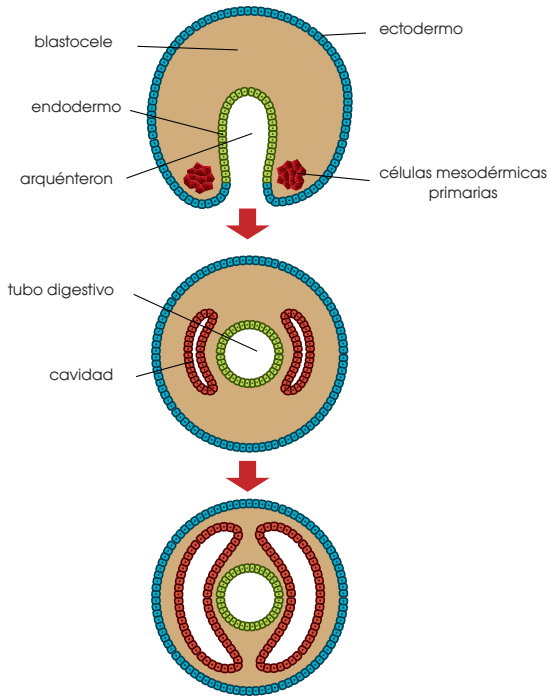
El enfoque resulta tan eficaz como el tratamiento estándar actual con este tipo de células, en lo que a cantidad de tejido óseo creado se refiere. El uso de células madre para la fabricación de nuevos huesos parece prometedor, pero estas células, una vez implantadas en el organismo, pueden provocar tumores. 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/YyO0Ht>

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,

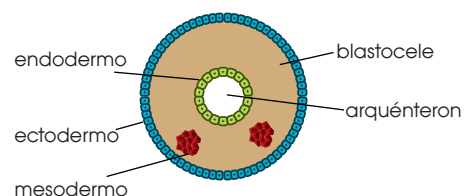
la capacidad de generar un individuo cada una. Es el estadio de **blástula**.

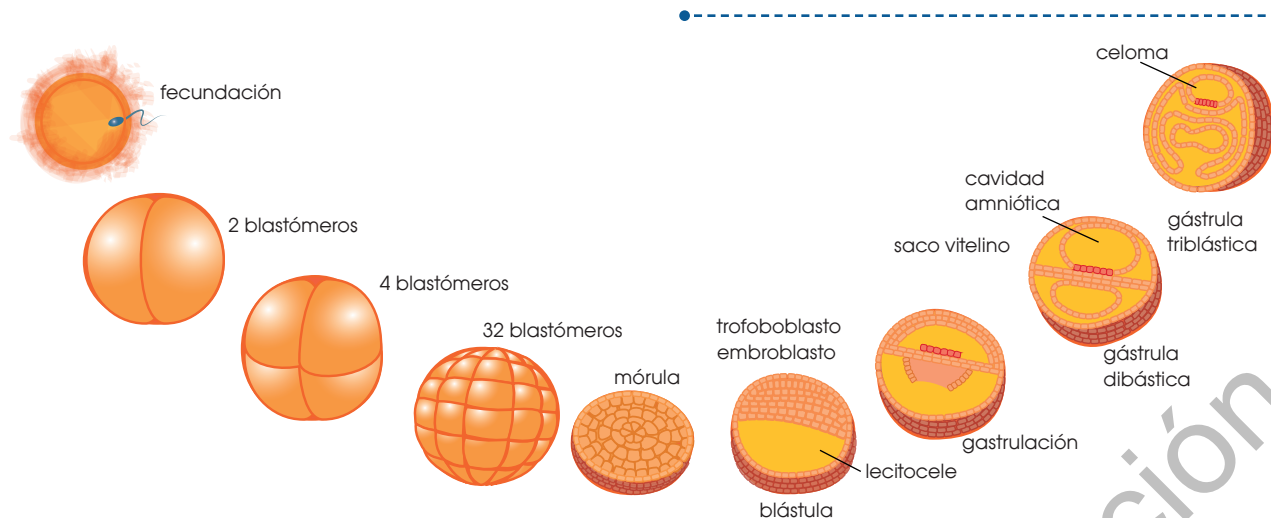
- **Gastrulación:** Se produce una invaginación hacia el interior del blastocelo que da lugar a la aparición de dos capas de células denominadas **ectodermo**, la exterior, y **endodermo**, la interior. En este estadio el embrión se denomina **gástrula** y la cavidad interna, **arquenteron**. Por la zona donde se produce la invaginación queda el **blastoporo**, que comunica el exterior con el arquenteron.

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 arquenteron 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**.





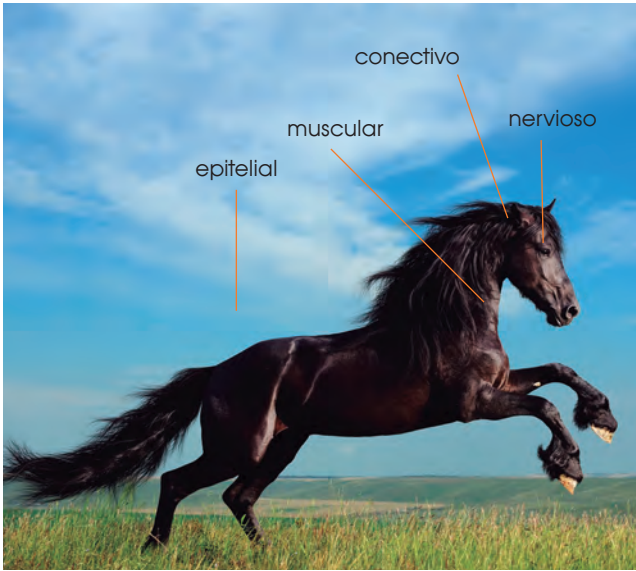
Si la cavidad está totalmente rodeada por el mesodermo, la denominamos **celoma** y se trata de animales celomados, como los anélidos, los artrópodos y los vertebrados.

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
Ectodermo	Epidermis de la piel Órganos anexos a la piel (uñas, pelo...) Encéfalo y sistema nervioso
Endodermo	Revestimiento del tubo digestivo y del respiratorio Glándulas como el hígado, el páncreas...
Mesodermo	Dermis de la piel Revestimiento de cavidades internas Órganos excretores y reproductores Órganos circulatorios Músculos y esqueleto

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

Tejido epitelial	De revestimiento
	Glandular
Tejidos conectivos	Conjuntivo
	Adiposo
	Cartilaginoso
	Óseo
Tejido muscular	Estriado
	Cardíaco
	Liso
Tejido nervioso	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

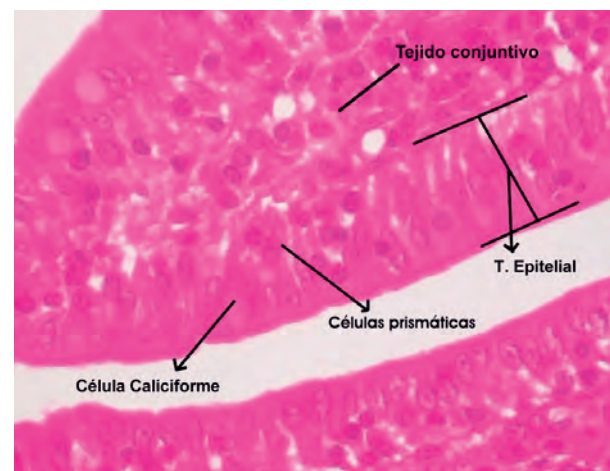
Agrupar diversos tipos de tejidos que pueden tener función protectora, secretora o de absorción. El tejido epitelial recubre la superficie del cuerpo y las cavidades y conductos del organismo. Sus células son geométricas, más o menos regulares y están unidas íntimamente por desmosomas, hecho que provoca 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.

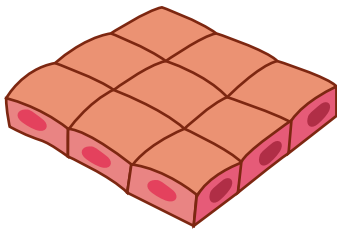
Según esto podemos distinguir:

- 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.



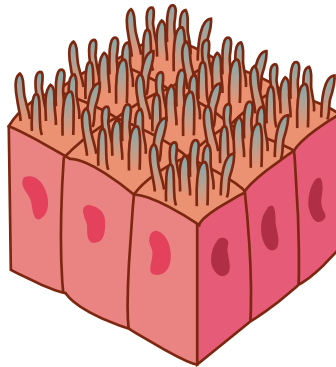
La **sangre** es un tejido formado por diversos tipos de células rodeadas de un medio líquido. Estas características lo diferencian del resto de los tejidos.

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:

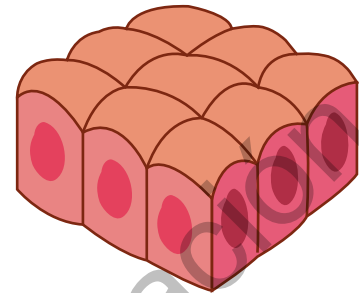


Epitelio plano simple: Tapiza la pared interna de los vasos sanguíneos y de órganos como el corazón. En este caso, la capa recibe el nombre de **endotelio**.

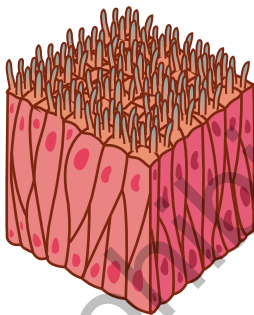
También tapiza cavidades internas procedentes del celoma, como la peritoneal y la pleural. En este caso, lo denominamos **mesotelio**.



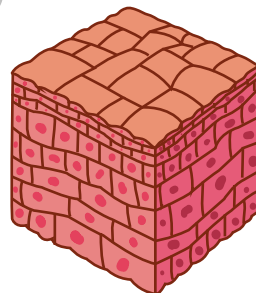
Epitelio cilíndrico: Es el epitelio que presentan las microvellosidades intestinales; permite aumentar la superficie de absorción.



Epitelio cúbico: Tapiza las glándulas salivares, el riñón, el páncreas y también las células pigmentadas de la retina.

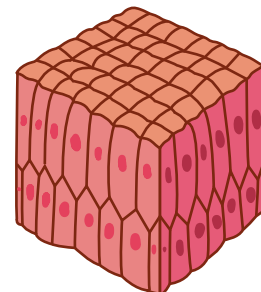


Epitelio cilíndrico pseudoestratificado: La disposición de los núcleos produce una imagen similar a la que se observa cuando existen varias capas. Presenta cilios, por lo que lo denominamos también **epitelio vibrátil**. Recubre la mayor parte de las vías respiratorias.



Epitelio plano estratificado: Recubre la superficie externa de la mayoría de los vertebrados, y forma la epidermis de la piel.

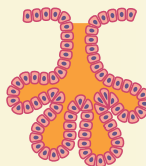
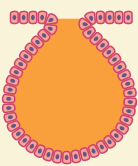
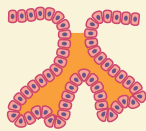
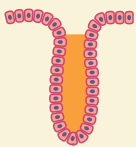
La parte superior de la epidermis es una capa córnea; cuando esta falta, la piel recibe el nombre de **mucosa**.



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:

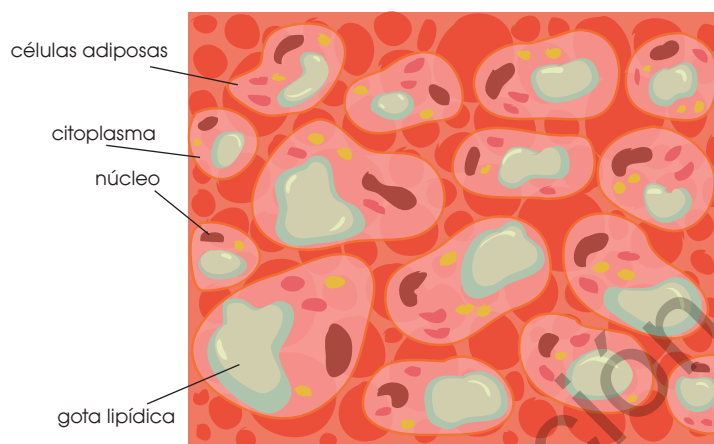
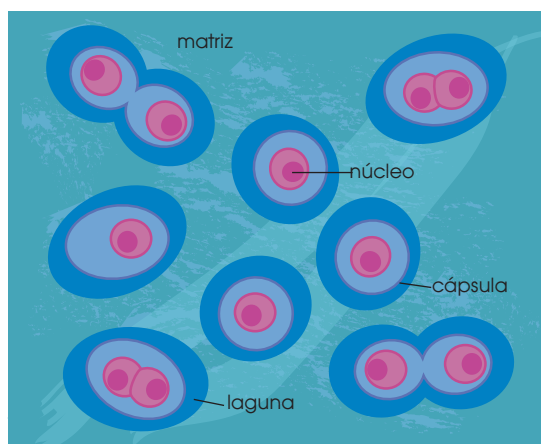
- **Exocrinas:** Vierten las sustancias que producen exclusivamente al exterior del organismo, como las **glándulas lacrimales**.
- **Endocrinas:** Segregan sustancias exclusivamente al medio interno, como la hipófisis, que produce la hormona del crecimiento.
- **Mixtas:** Segregan dos tipos de sustancias 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.

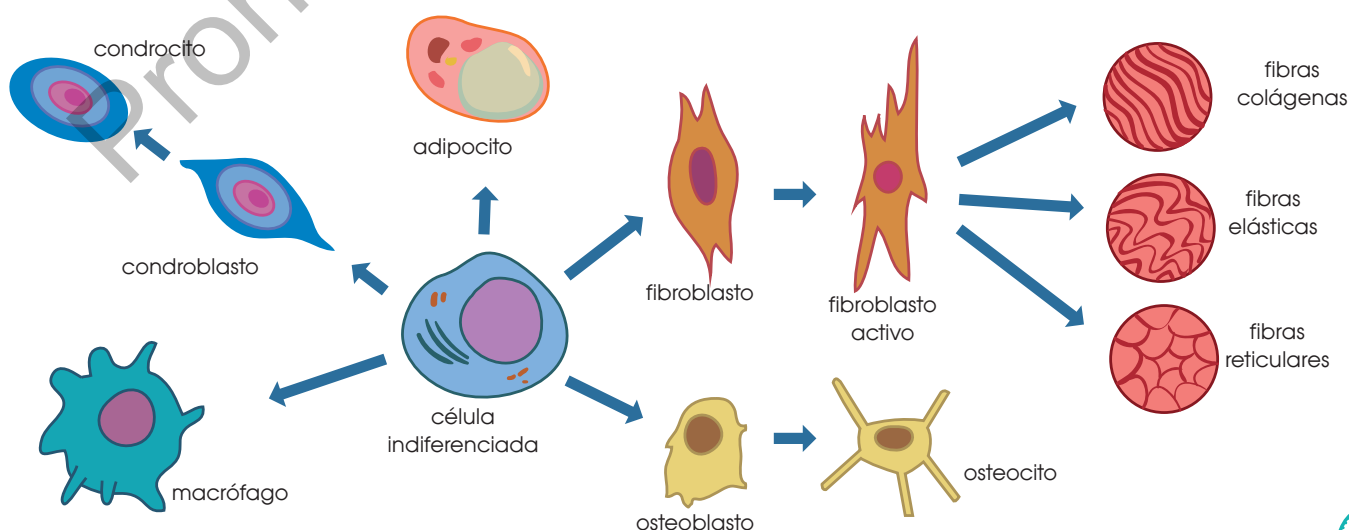
Vamos a conocer los componentes del **tejido conectivo básico**:

Células	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.
Matriz	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.
	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

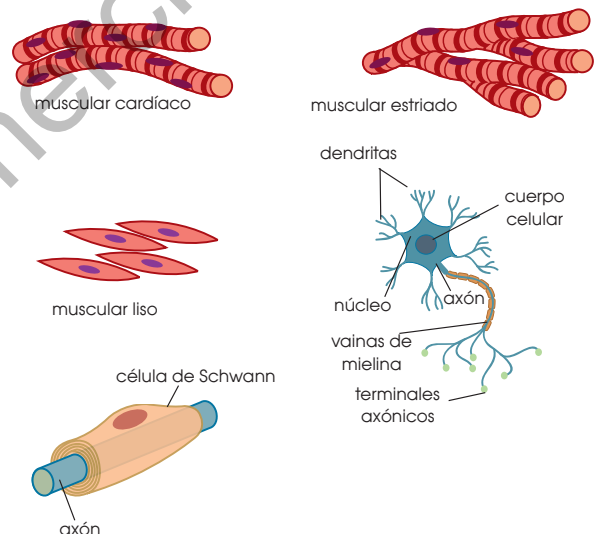
Está formado por dos tipos de células: neuronas y células gliales.

- 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.



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.

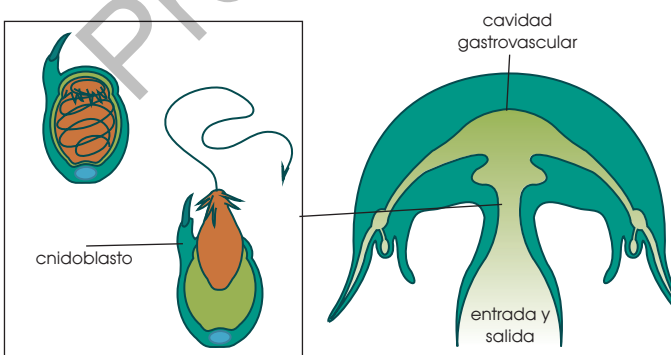
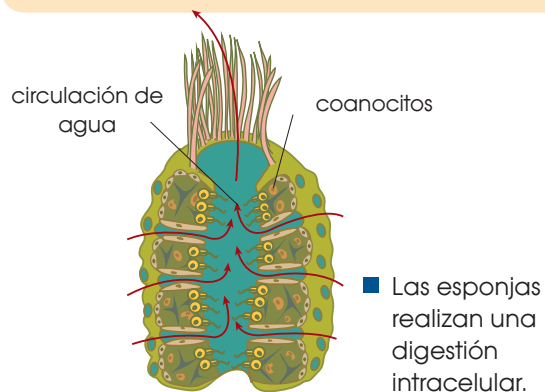
En un breve repaso, analizaremos los mecanismos de digestión más significativos desde el punto de vista evolutivo.

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.

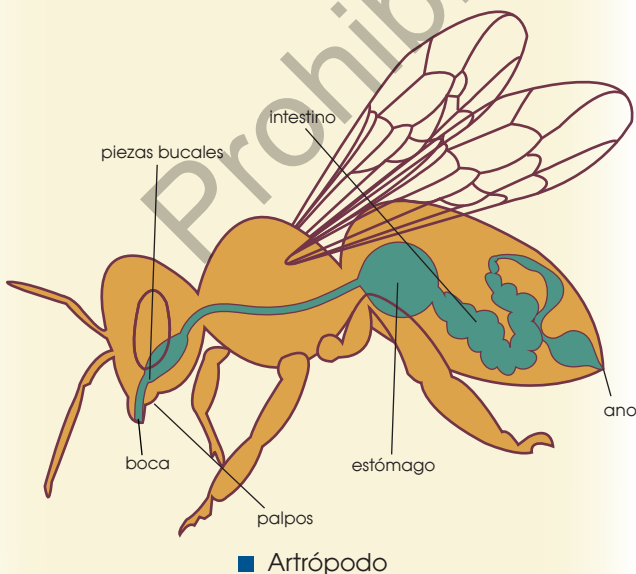
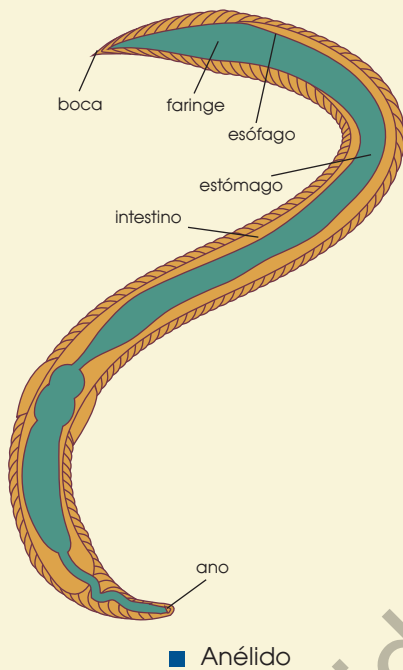
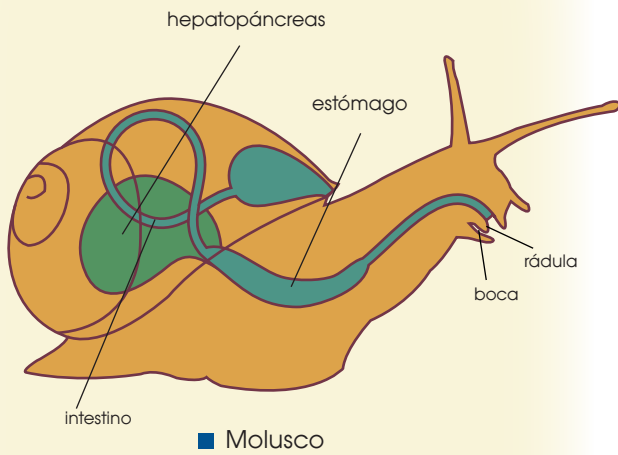
Los **cnidarios**, en cambio, capturan su alimento a partir de unas células urticantes, llamadas **cnidoblastos**, muy abundantes sobre todo en los tentáculos. Los cnidarios son, evolutivamente, el primer grupo que presenta tubo digestivo. Este tiene forma de saco, lo llamamos **cavidad gastrovascular** 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.



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 enroscado. 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>

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.



<http://goo.gl/lc6Csx>

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.



<http://goo.gl/cyanJm>

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.

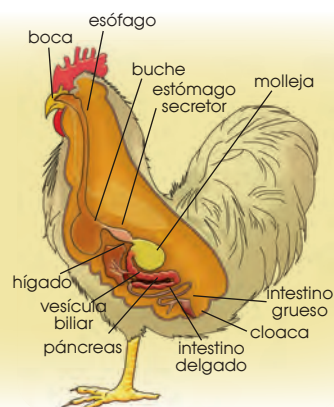
- El tubo digestivo es largo y en él distinguimos:
 - Buche**, para el reblandecimiento de granos y semillas.
 - Estómago secretor** de enzimas digestivos.
 - Estómago musculoso o molleja**, para la digestión mecánica o trituración de los alimentos.
 - Aparece la **vesícula biliar**, para la acumulación de jugos procedentes del hígado y la regulación de su secreción.

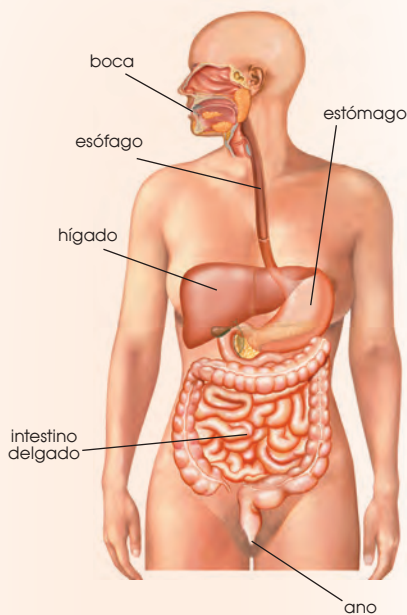
En los **mamíferos**, el aparato digestivo alcanza

la máxima complejidad.

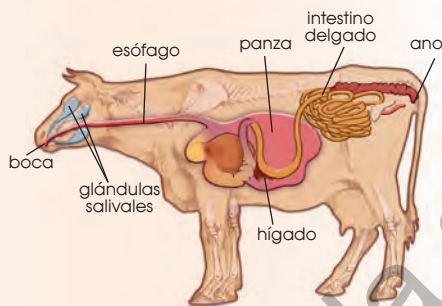
En general el tubo digestivo presenta:

- 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.

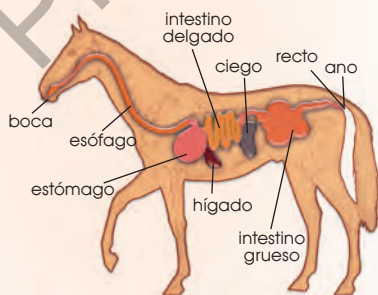




■ Omnívoro



■ 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 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.

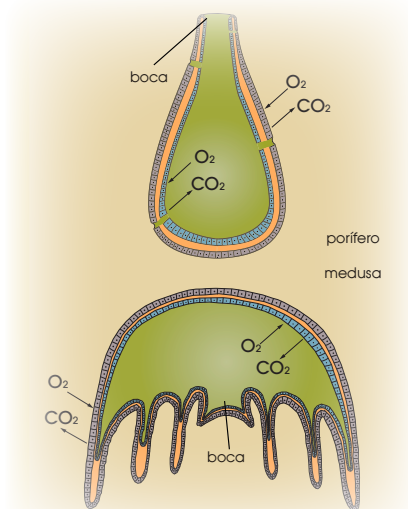
Aunque forman parte del sistema circulatorio, que se trata a fondo en la segunda parte de esta unidad, en la descripción de los mecanismos respiratorios se explican, muy a menudo, las características del líquido circulante así como de los pigmentos respiratorios, debido a la íntima relación que existe 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 O_2 y salida de 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

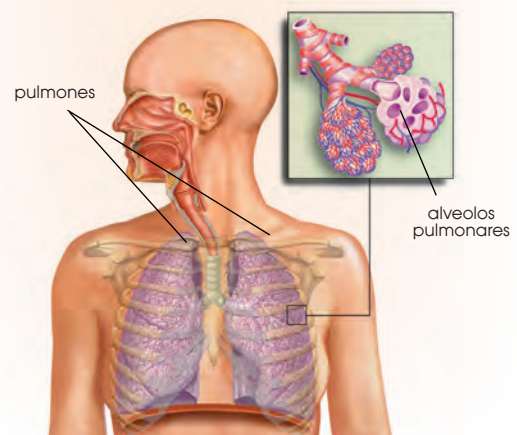
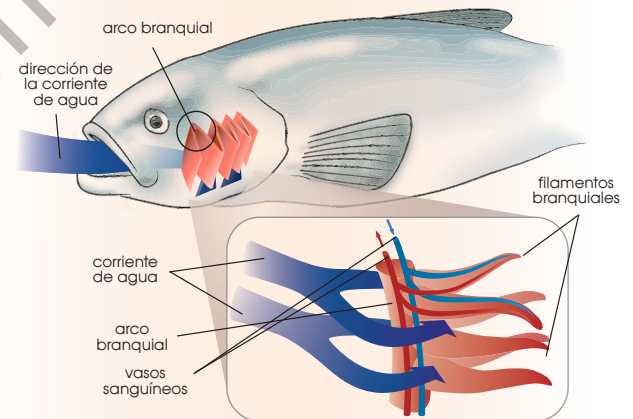
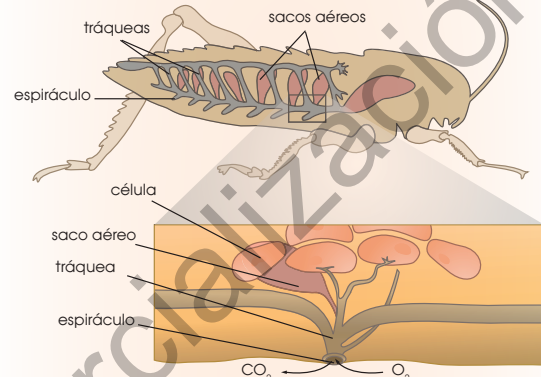
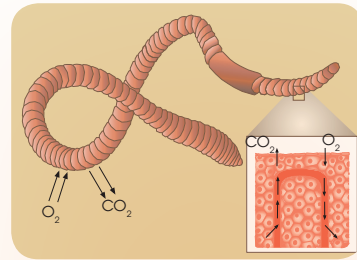
- Es propia de los **artrópodos**.
- Las **tráqueas** son una red de tubos que recorren el cuerpo del animal y que comunican con el exterior a través de un **espiráculo**.
- Las tráqueas, que están impermeabilizadas para evitar la pérdida de agua, se dividen en **traqueolas**.
- Las traqueolas llegan 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.

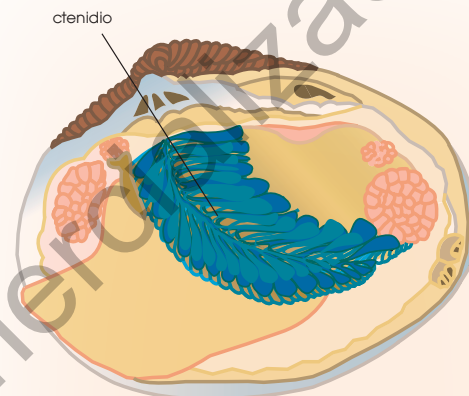
El pigmento respiratorio de los moluscos es la hemocianina, que tiene una tonalidad azulada.

En el caso de los **artrópodos** encontramos especies:

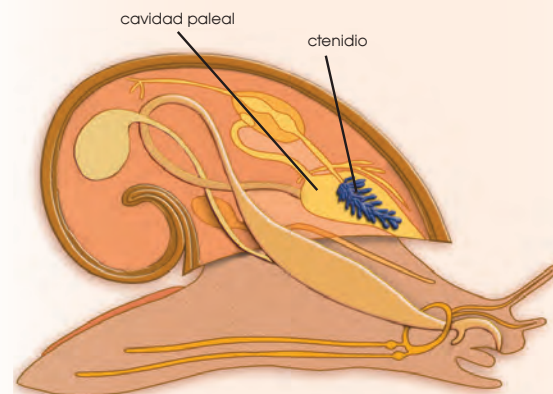
- **Acuáticas:** Respiran por **branquias** situadas en la base de sus apéndices. El movimiento de estos asegura una mayor circulación del agua por cada branquia. El pigmento

respiratorio es la **hemocianina**. La mayoría de los crustáceos respira de este modo.

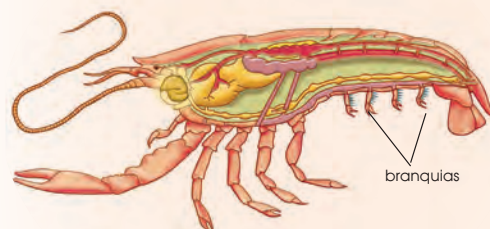
- **Terrestres:** Desarrollan un sistema respiratorio específico, las **tráqueas**. Este mecanismo respiratorio es característico de los insectos y los arácnidos. Distinguimos dos tipos de tráqueas: las filotráqueas y las dendrotráqueas.



■ 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.

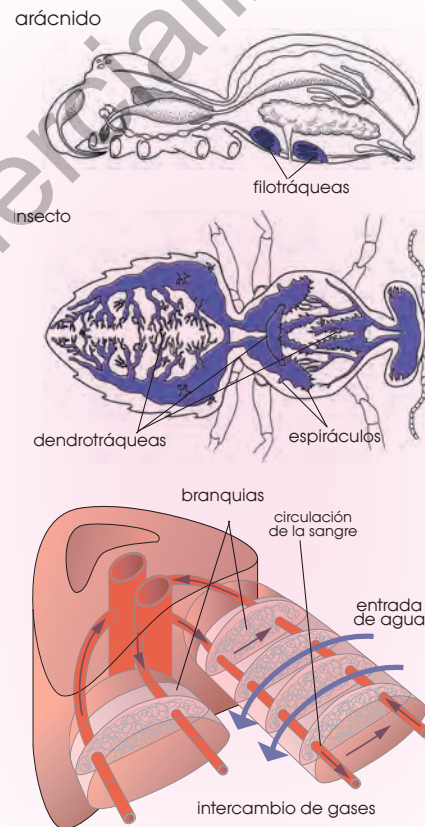
- Están formadas por una doble lámina, sostenida por un arco branquial. Cada

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 condriktios 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 CO_2 . ¿Podrías decir cuántas moléculas de 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 **osteíctios** existen normalmente cuatro pares de branquias repartidos a ambos lados de la cabeza y cubiertos por un opérculo.

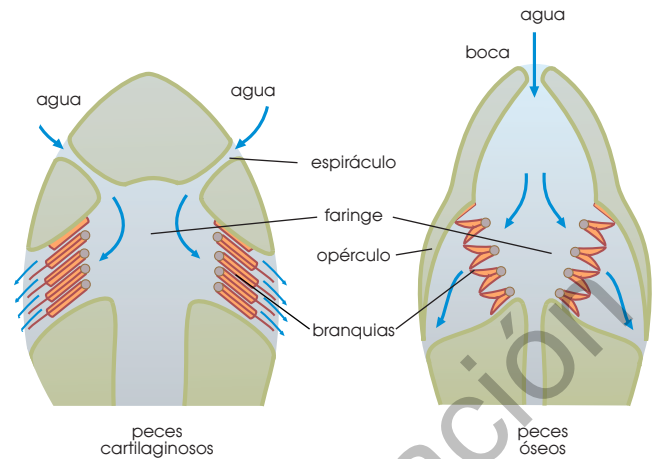
- En la inspiración, el pez abre la boca, el agua entra en la cavidad bucofaríngea y queda retenida en la cavidad branquial porque el opérculo la cierra.
- En la espiración, el pez cierra la boca, se contraen las paredes de la cavidad bucofaríngea y se levanta el opérculo, por donde sale el agua.

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:

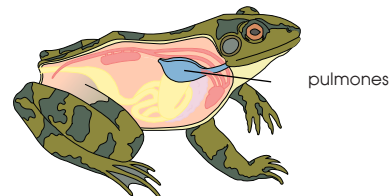
- El aire entra por las fosas nasales, que se abren a la cavidad bucal.
- Los movimientos de deglución (hundimiento y elevación del suelo de la boca) favorecen el paso de aire desde la boca a la faringe y a los pulmones.
- Existen otras dos zonas de intercambio de gases: el interior de la boca y la faringe, que están muy vascularizadas, y la piel desnuda, vascularizada y siempre húmeda.

Todos los **reptiles** tienen los órganos respiratorios adaptados a la vida terrestre.

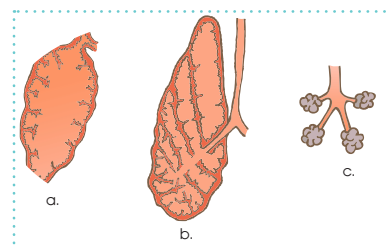
- La respiración es **pulmonar**, ya que tienen una piel impermeable que impide cualquier intercambio de gases. Los pulmones captan el oxígeno necesario para la actividad de estos animales. El desprendimiento de dióxido de carbono es bajo y poco eficiente, con lo cual soportan un alto contenido de este 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:
- pulmón de anfibio
 - pulmón de reptil
 - 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.

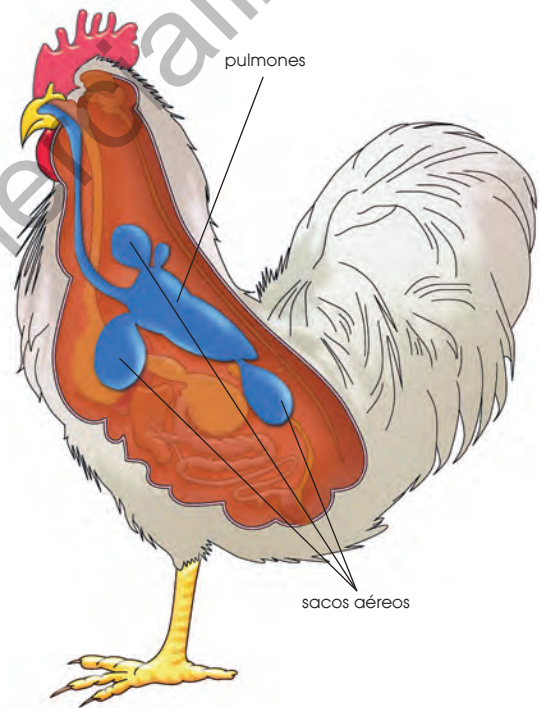
Los sacos aéreos contribuyen a aligerar el peso del animal y completan la función pulmonar como reserva de aire. Sin sobrecargar el peso, dedican una parte importante del volumen de su cuerpo al aparato respiratorio.

- 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

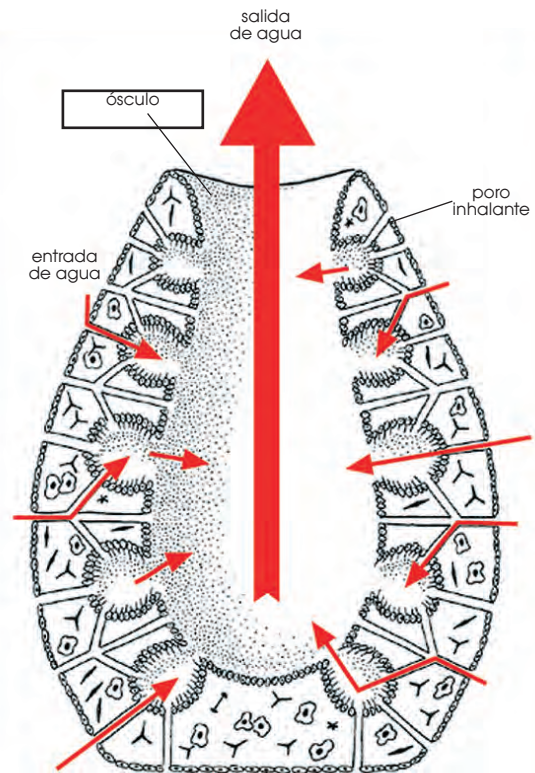
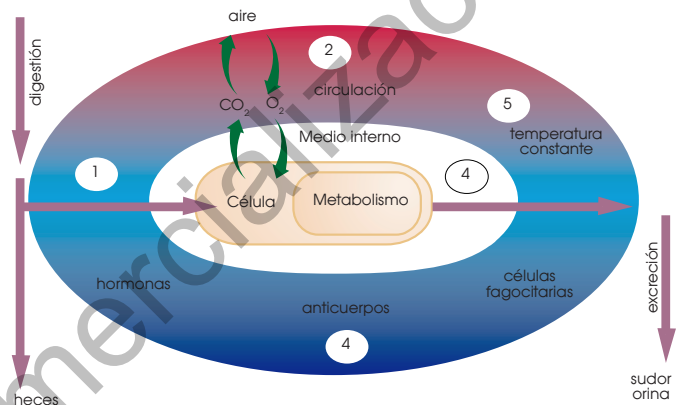
Los invertebrados pueden presentar dos tipos de circulación: **abierta**, si, en un momento de su recorrido, el líquido circulante sale de los vasos que lo conducen y se extiende por los tejidos; **cerrada**, cuando el líquido circulante siempre se desplaza contenido en los vasos.

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

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), hemeritrina (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).

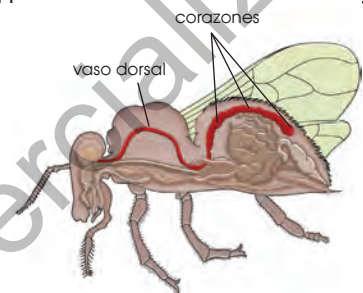
La circulación es **abierta**.

- 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-

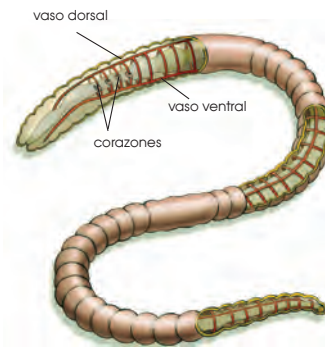
traen, el líquido es repartido por las arterias hasta las **lagunas hemocélicas**, lugares donde se acumula la hemolinfa. Desde ellas, la hemolinfa baña directamente los órganos.

- Cuando las cavidades del vaso se relajan, la hemolinfa penetra en ellas.

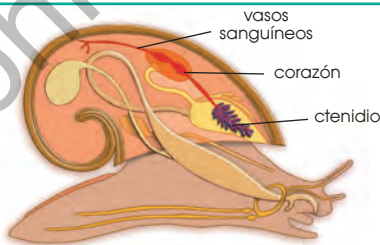
Las especies que respiran por **filotráqueas** tienen un sistema de circulación **más reducido** que las que respiran por **dendrotáqueas** o **branquias**. Ello se debe a que las primeras son muy eficientes en la distribución de los gases respiratorios y el sistema circulatorio solo se precisa para el transporte de las sustancias resultantes de la digestión y los alimentos.



■ Insecto

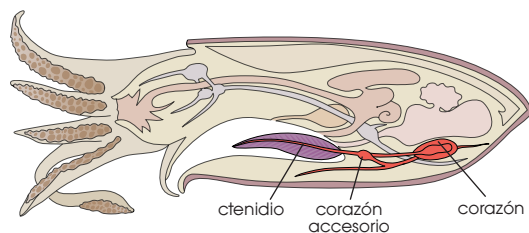


■ Anélido

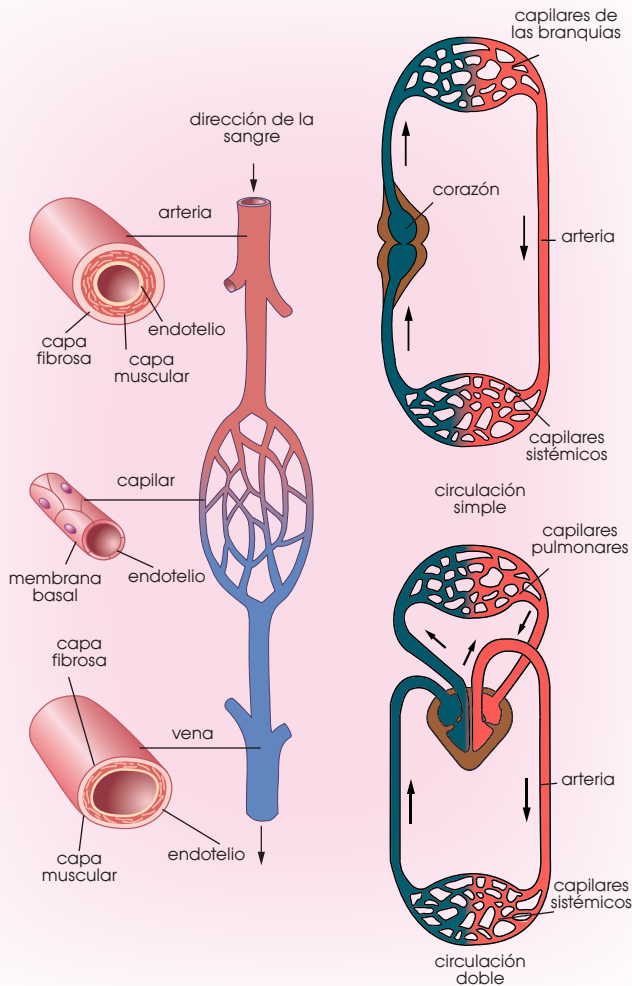


En **gasterópodos** y **bivalvos** la hemolinfa es bombeada por el corazón, protegido por una cubierta membranosa o pericardio.

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**.

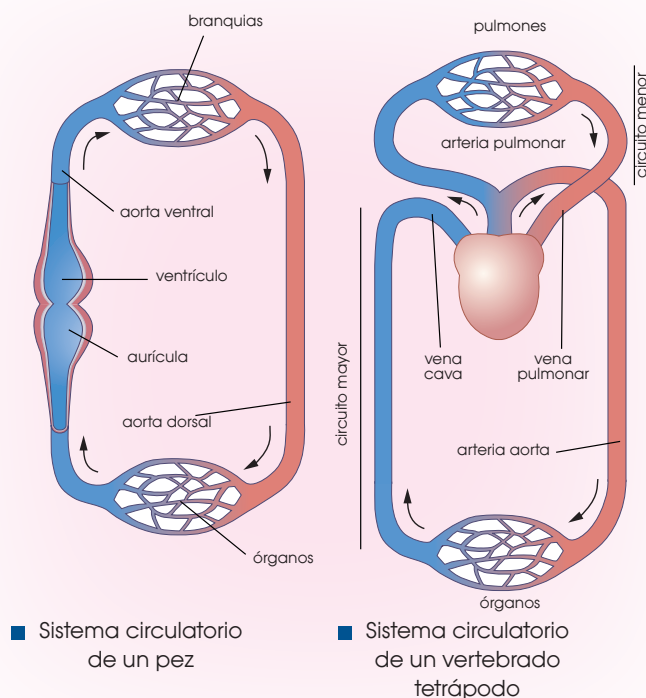
Las **arterias**, que reciben de lleno el empuje y la presión de la sangre bombeada por los ventrículos, tienen una musculatura potente y sus paredes son **muy elásticas**.

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.



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.

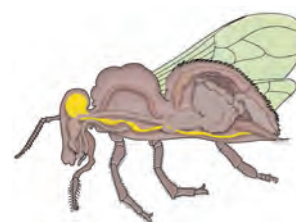
Sin sistema nervioso	Los poríferos solo poseen células nerviosas dispersas .	
Redes nerviosas	En los cnidarios las neuronas están dispersas pero conectadas formando una red nerviosa. Los impulsos nerviosos viajan así en todas direcciones.	
Anillos nerviosos	Propios de los equinodermos . El sistema nervioso está formado por una serie de anillos nerviosos de los que parten los nervios radiales.	
Sistemas nerviosos bilaterales	Los animales con simetría bilateral tienen un mayor número de células nerviosas que se suelen concentrar:	Anélidos: Las neuronas se agrupan en ganglios , que se distinguen en cada segmento del cuerpo. Existe un cerebro que centraliza toda la información.
	—En un extremo del animal, normalmente en posición ventral y frontal.	Artrópodos: Los ganglios se fusionan en la región frontal formando un cerebro .
	—Formando cordones que se pueden transformar en ganglios, nervios o centros nerviosos.	Moluscos: De este grupo, los bivalvos y gasterópodos poseen un centro nervioso en forma de anillo ganglionar mientras que los cefalópodos poseen un cerebro .



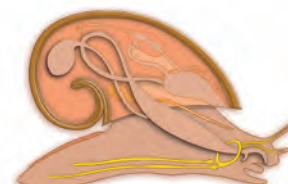
■ Sistema nervioso de un equinodermo



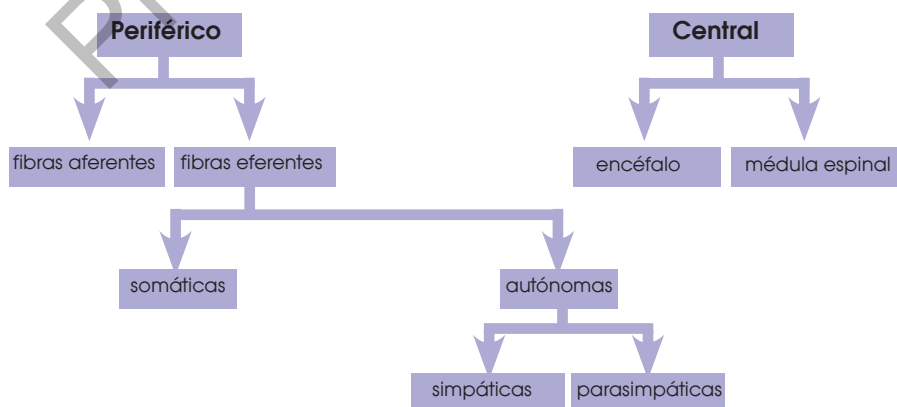
■ Sistema nervioso de un anélido

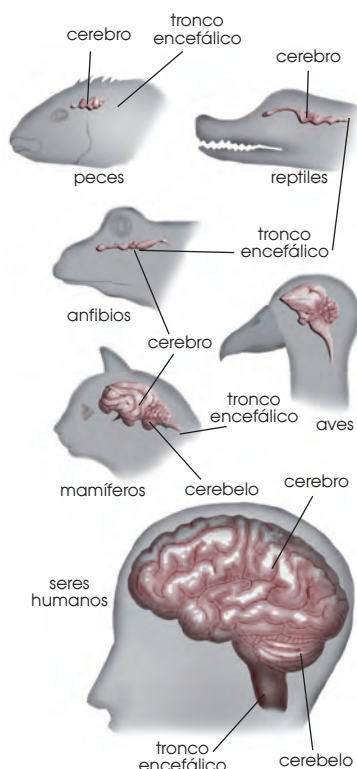


■ Sistema nervioso de un artrópodo



■ 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

<http://goo.gl/Ex0mF>

<http://goo.gl/vf0kkr>

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.

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.

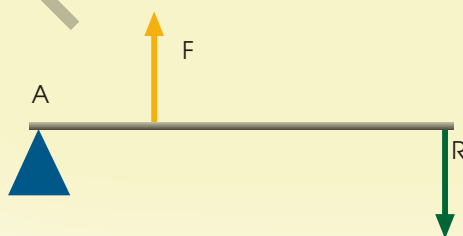
Flexión del antebrazo:

- El **punto de apoyo (A)** lo constituye la articulación del codo.

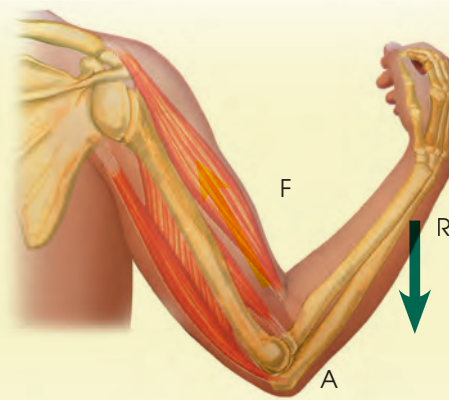
- La **fuerza motriz (F)** es producida por el músculo bíceps en el punto de inserción del antebrazo.
- La **fuerza de resistencia (R)** es el peso del antebrazo.

Las partes del esqueleto comunes a la mayoría de los vertebrados son:

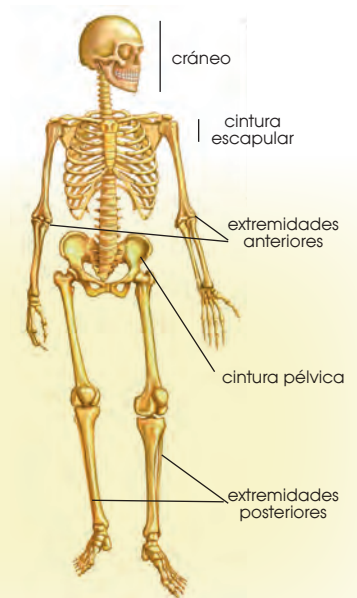
- **La columna vertebral:** Es el eje del esqueleto y está formada por vértebras, pequeñas piezas de tejido óseo y cartilaginoso, con un orificio central por el que pasa la médula espinal. Algunas vértebras se articulan con las costillas.
- **El cráneo:** Constituido por una serie de huesos que protegen 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.

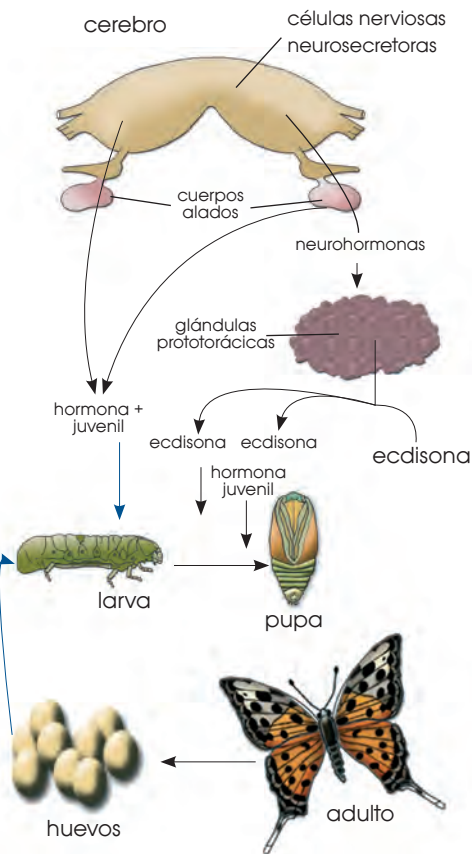
El desplazamiento es ágil y rápido, para lo cual disponen de una potente musculatura y distintas adaptaciones a la locomoción. Así, los gamos caminan sobre pezuñas o los gatos se desplazan sobre las puntas de los dedos, para conseguir mayor velocidad.

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.

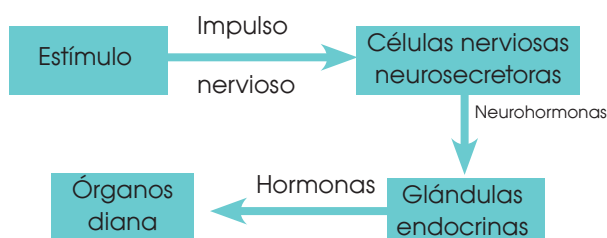
La acción equilibrada de la **hormona juvenil** y la **ecdisona** regula el proceso complejo de metamorfosis en los insectos.

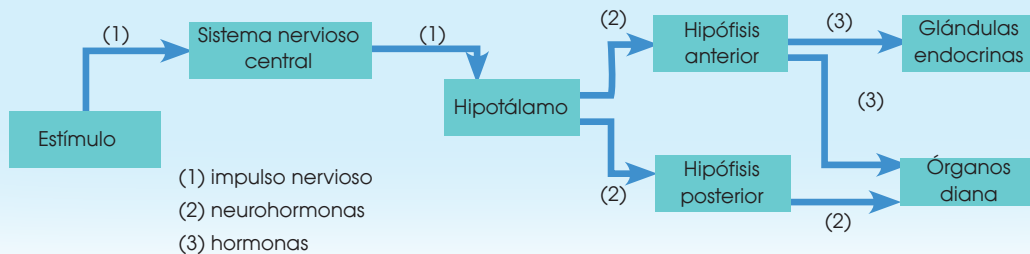
Es también muy importante la existencia de **feromonas**, moléculas orgánicas olorosas que se liberan al medio en forma de partículas volátiles. Las feromonas constituyen un método químico de comunicación entre individuos de la misma especie. El animal receptor de la feromona modifica su conducta en 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.

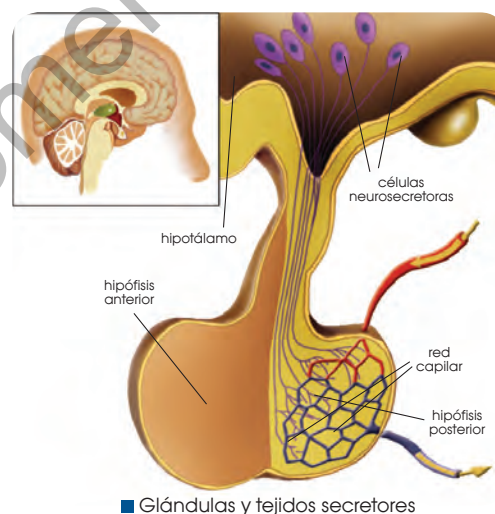
El proceso es el siguiente:

- 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

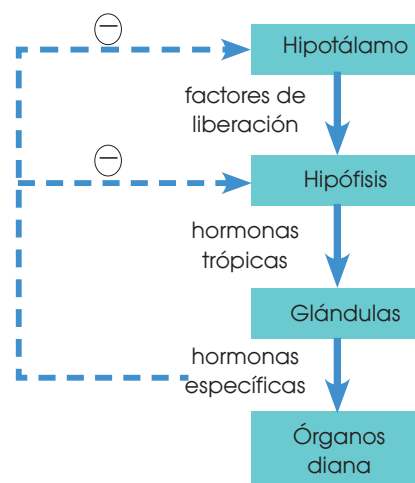
sangre, llegan y actúan sobre los órganos diana.

- 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
Peces	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: • La formación de gametos: óvulos y espermatozoides. • Los caracteres sexuales secundarios, que diferencian a los machos de las hembras.
Anfibios	Además del hipotálamo, la hipófisis y las glándulas sexuales presentan: • La glándula tiroidea, que segrega la hormona tiroidea. Esta regula el proceso de metamorfosis de la larva al individuo adulto. • Las glándulas paratiroides, cuya hormona regula la concentración de calcio en la sangre. • Glándulas suprarrenales, que producen adrenalina.
Reptiles	Presentan las mismas glándulas que los anfibios, y también: • Células pancreáticas productoras de insulina, que regula la entrada de glucosa en el citoplasma celular.
Aves	La glándula pineal o epífisis detecta las horas diarias de luz solar (fotoperíodo) y envía la información al hipotálamo, el cual regula procesos como: • La conducta reproductora ante el sexo opuesto. • La muda, cambio parcial o completo del plumaje, que suele producirse después de la nidificación y antes de la migración. • La migración, desplazamiento periódico de una población de aves en función de los cambios estacionales.



<http://goo.gl/gCJS6a>



<http://goo.gl/3bxRP1>

Actividades

- 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 lle-

var 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.

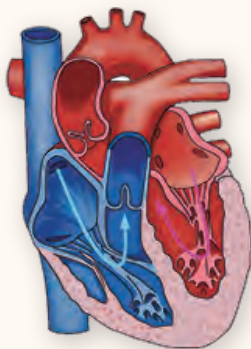


<http://goo.gl/zBLepz>



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/v0aXq): <http://goo.gl/v0aXq>.

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



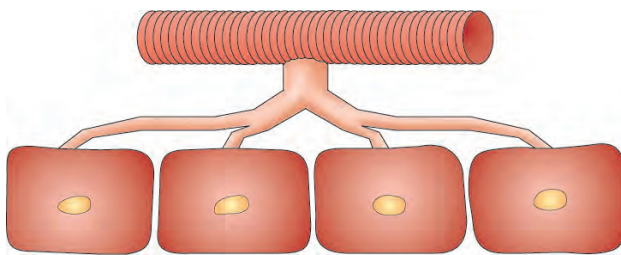
<http://goo.gl/1B7nQl>

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

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?

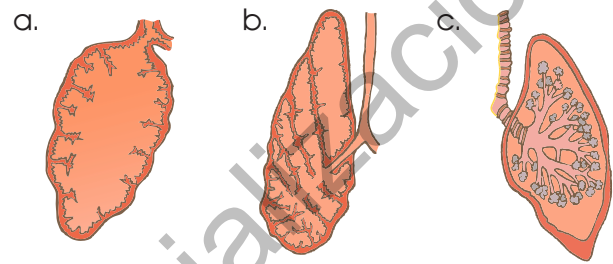
lombriz, rana, lagartija, manta, mejillón, pulpo

5. Razona por qué algunas especies de tiburones para poder respirar no pueden dejar de nadar.

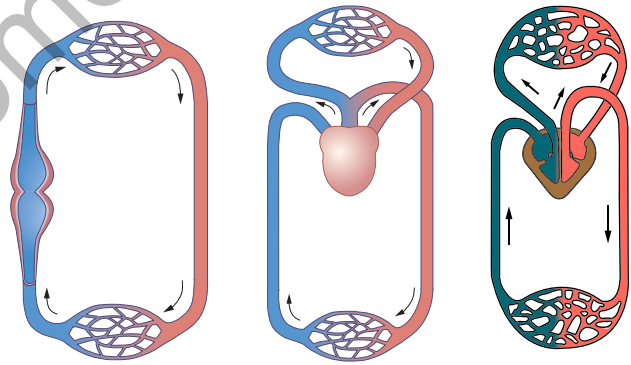
6. **Explica** qué diferencias se dan entre:

- *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 ⁺	400	20
Na ⁺	50	440
Cl ⁻	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/OdWeXa>

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**.

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/86EI3i>



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.

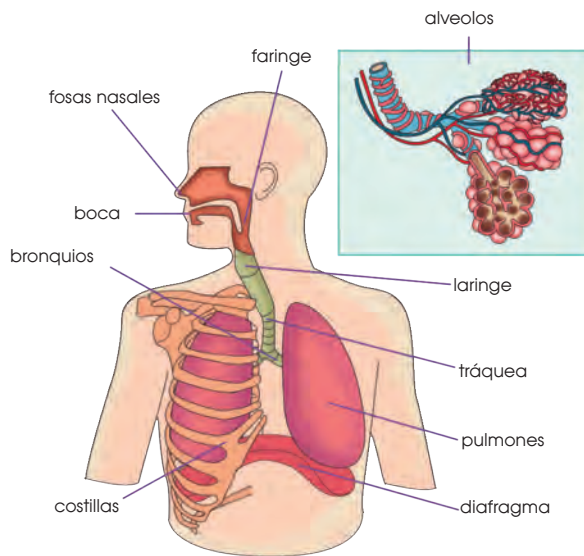
<https://goo.gl/G1VO3Z>

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:

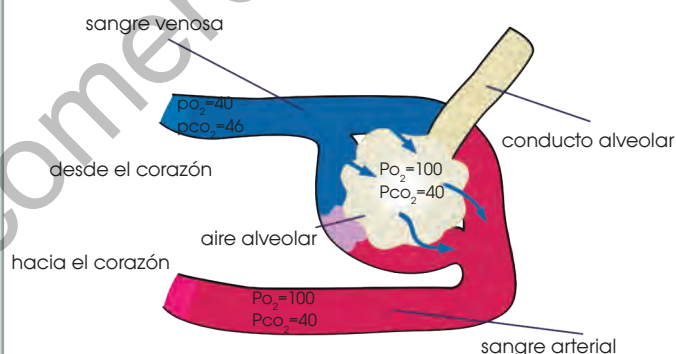


Las infecciones respiratorias como las neumonías, los traumatismos torácicos provocados por un accidente o las enfermedades pulmonares como el asma, pueden producir una insuficiencia respiratoria.

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.

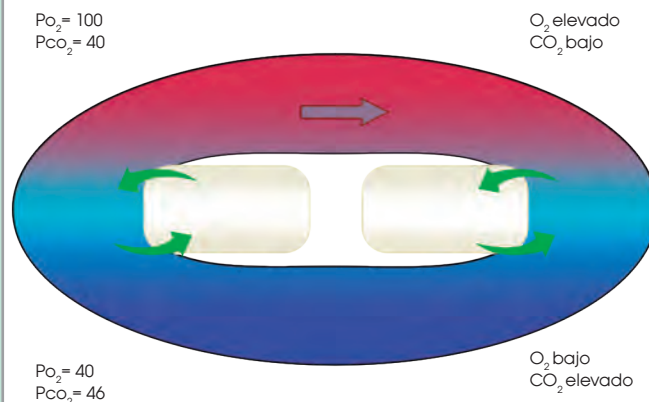
- La presión parcial de O_2 en el alveolo es de 100 mmHg, mientras que en la sangre, antes del intercambio, es de 40 mmHg; el gradiente de presión favorece el paso del oxígeno desde el alveolo **hacia la sangre**.
- La presión parcial de CO_2 en la sangre antes del intercambio es de 46 mmHg, mientras que en el alveolo es 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.

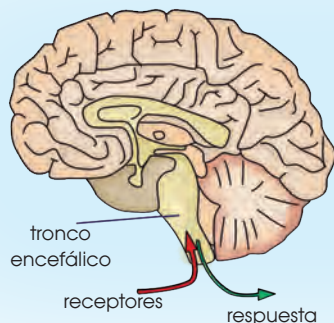


1.3. Difusión de gases de los capilares sanguíneos a las células del cuerpo

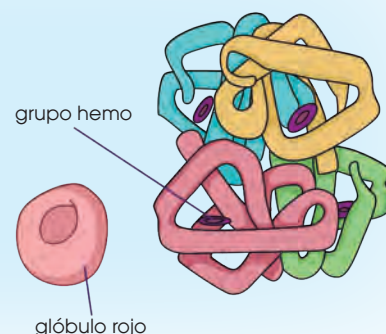
El proceso tiene lugar del mismo modo que el intercambio de gases en los alveolos pulmonares.

- 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 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 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 CO_2 se combina con la hemoglobina (carboxihemoglobina).

El 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 CO_2 y H_2O . Por la diferencia de presiones, el 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 O_2 como 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 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.

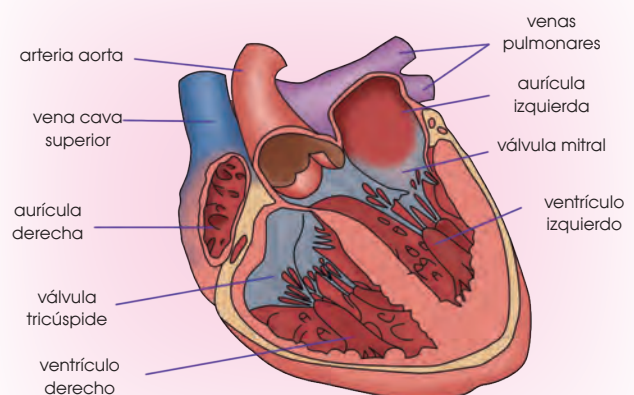
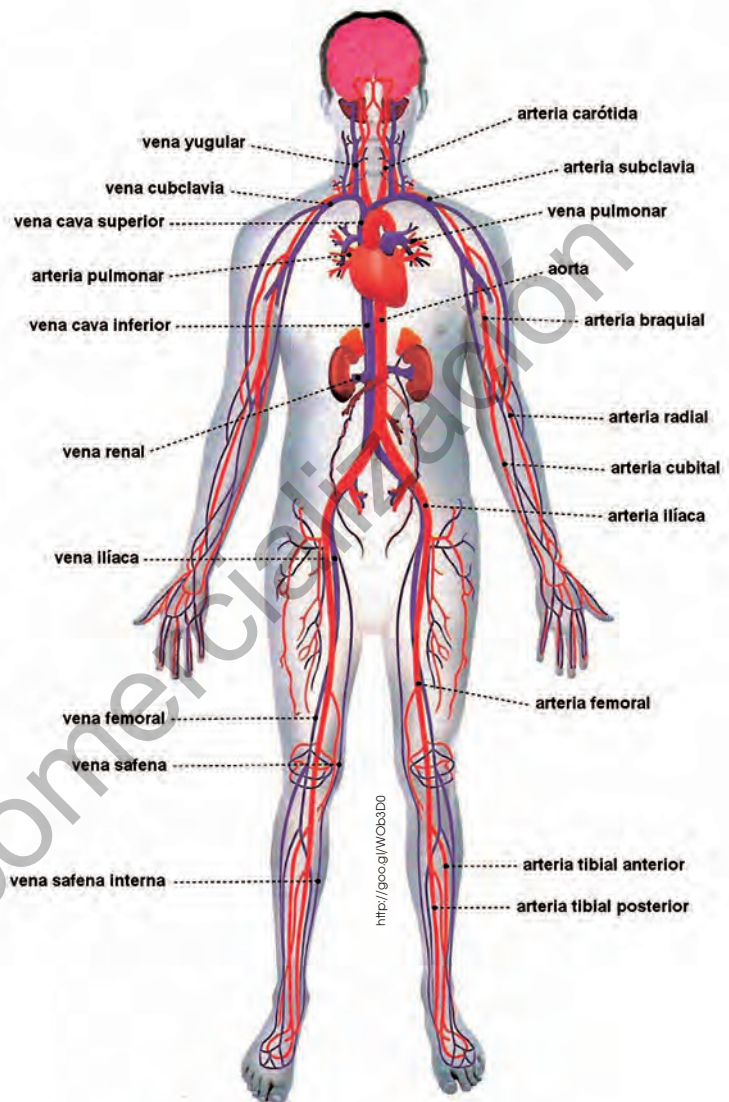
- El **corazón** es un órgano musculoso del tamaño de un puño, situado en la parte izquierda del tórax, entre los dos pulmones.

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.

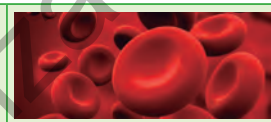
- La **sangre** está formada por el plasma y los elementos celulares.

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.

Eritrocitos

Los eritrocitos, o glóbulos rojos, transportan el oxígeno en su interior gracias a una proteína denominada hemoglobina.



Leucocitos

Los leucocitos, o glóbulos blancos, combaten las infecciones destruyendo los agentes infecciosos.

Trombocitos

Los trombocitos o plaquetas, intervienen en los procesos de coagulación.



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.

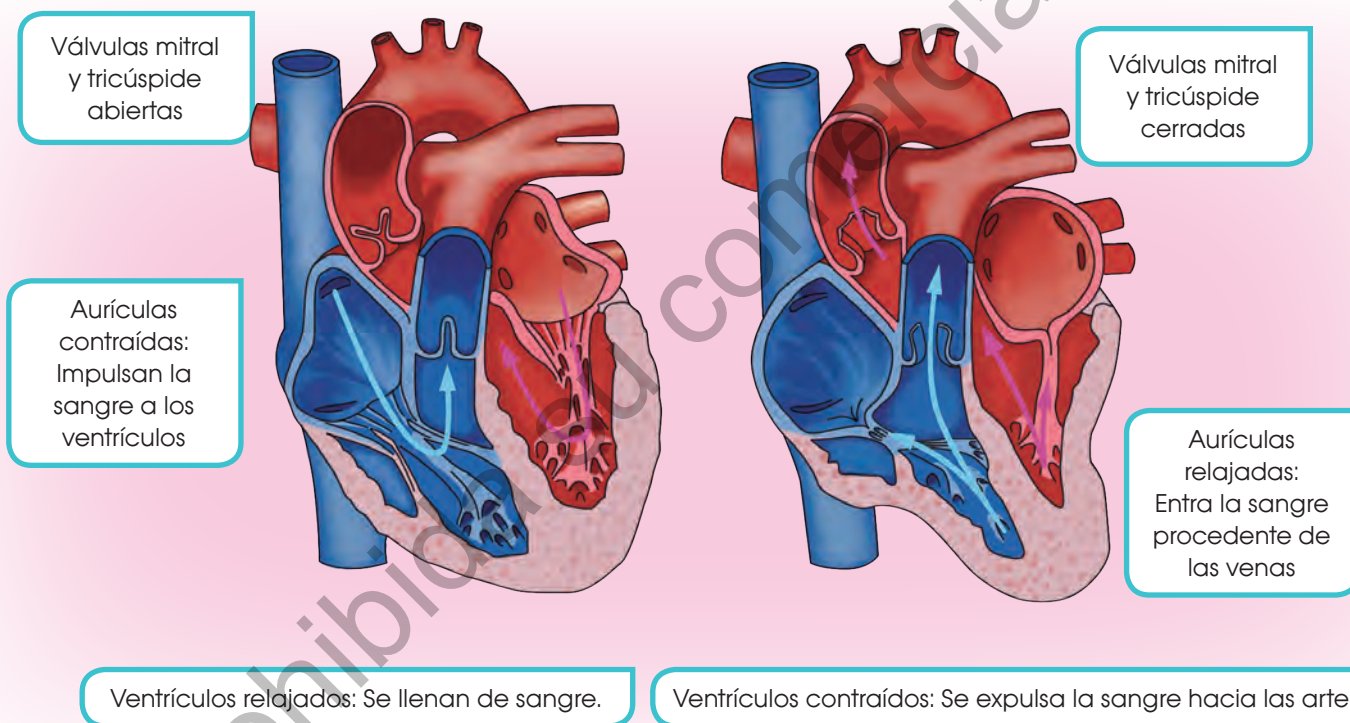
Las **aurículas** realizan un movimiento de **diástole** que permite que entre la sangre procedente

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.

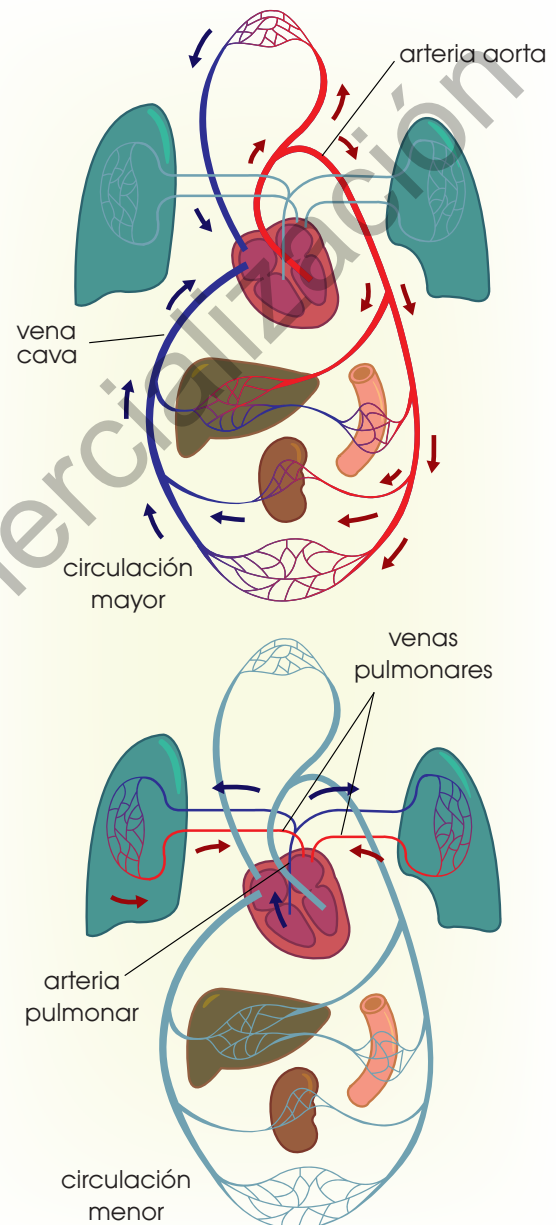
- En la circulación menor, también llamada *pulmonar*, la sangre va desde el corazón hacia los pulmones para ceder el dióxido de carbono y captar el oxígeno.

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 mm^3 de sangre; hematócrito, proporción entre el volumen de los elementos celulares y el volumen de sangre; leucocitos, número de leucocitos por cada 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

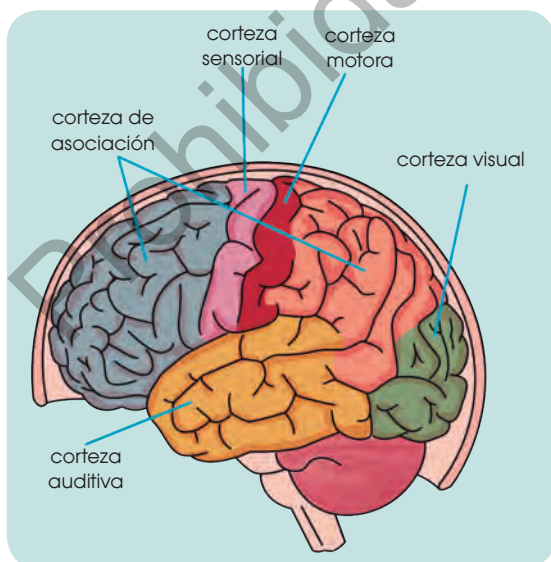
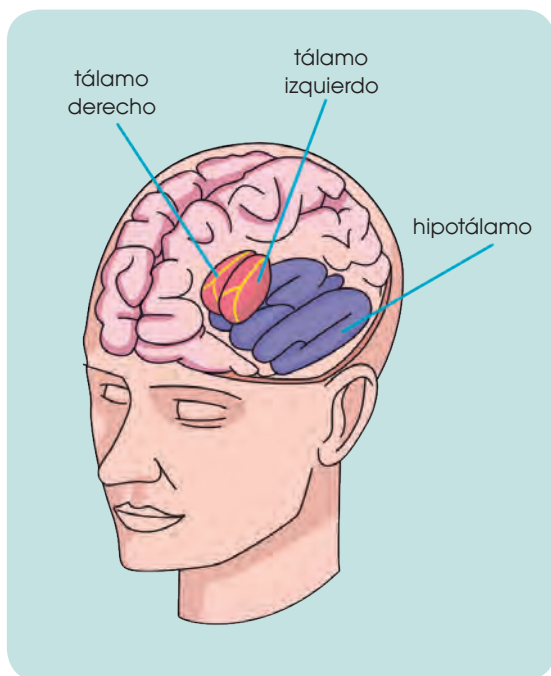
A lo largo del proceso evolutivo, el cerebro humano ha alcanzado un elevado grado de desarrollo que le ha permitido un mayor perfeccionamiento de sus funciones.

El cerebro humano consta de dos **hemisferios cerebrales**, derecho e izquierdo, divididos por el **cuerpo calloso**, 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 cm². 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

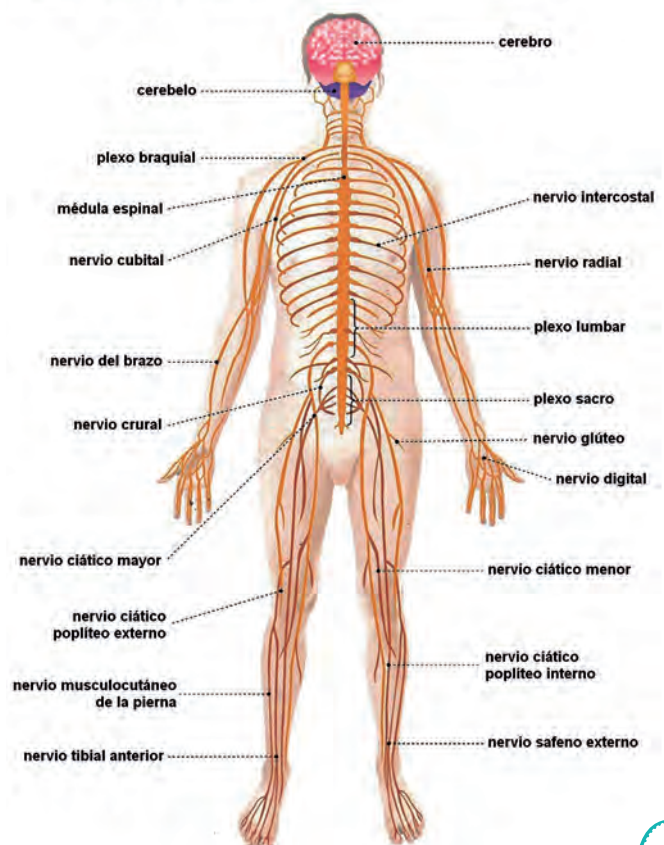
en una fase de maduración posterior de los niños. Así, la memoria es la base que permite el aprendizaje del lenguaje.

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.

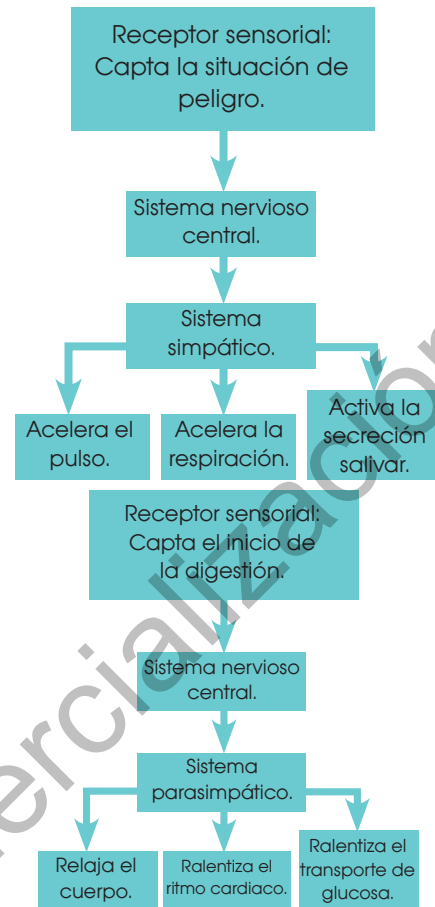
Los cuerpos de las neuronas de los centros nerviosos emiten las respuestas, que viajan por los **nervios motores** hasta los músculos efectores.

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
- Glucogenólisis 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 innervación: 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 innervación simpática y parasimpática sobre diferentes órganos:

Órgano	Inervación parasimpática	Inervación simpática
Pupila	Contracción	Dilatación
Corazón	Bradicardia	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

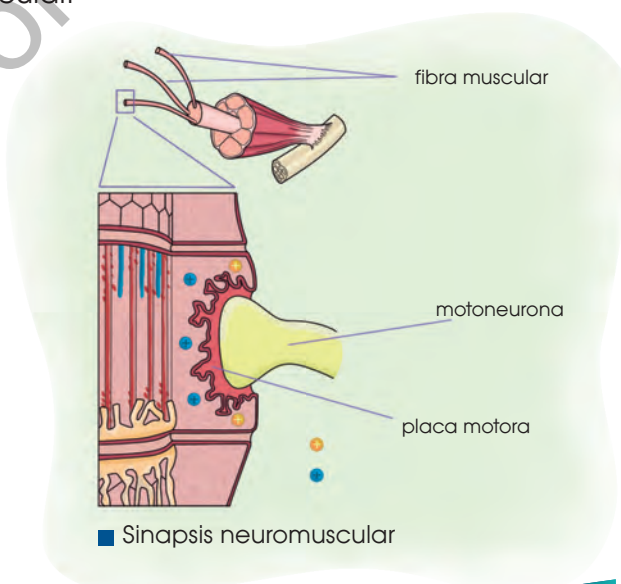
3.2. La sinapsis neuromuscular

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 Na^+ que genera un potencial eléctrico.

- El cambio de potencial produce la secreción de iones 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?

- Explica** qué es la sustancia blanca. **Indica**, a continuación, cómo se distribuyen las dos

sustancias en cerebro, cerebelo y médula espinal.

- Define** y **localiza** los siguientes conceptos:

- cuerpo caloso
- corteza motora
- tronco encefálico
- hipotálamo

- ¿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.

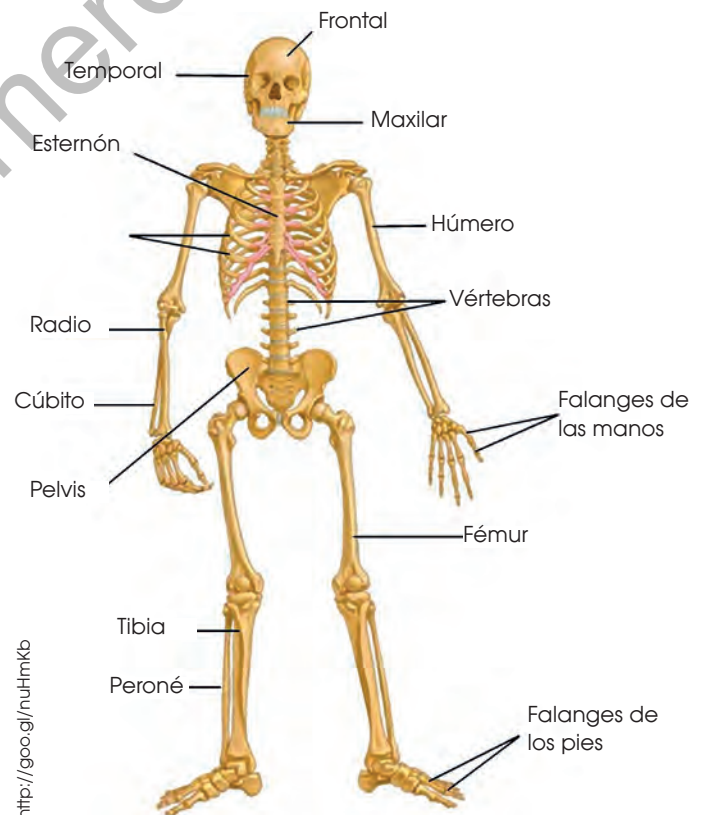
- **Tórax:** Está formado por las **costillas**, huesos planos con forma de arco que se unen por la parte anterior del cuerpo al **esternón**, hueso plano y alargado, y por la parte posterior a la columna vertebral.

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**.

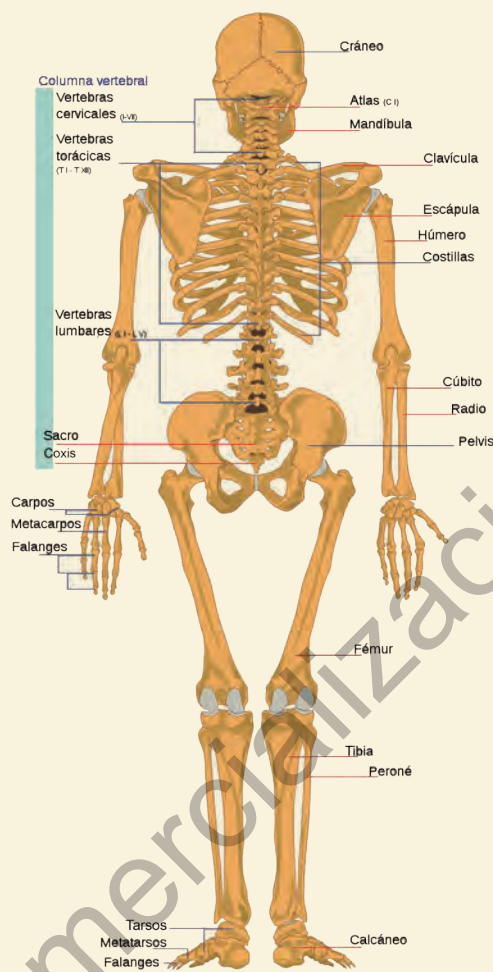
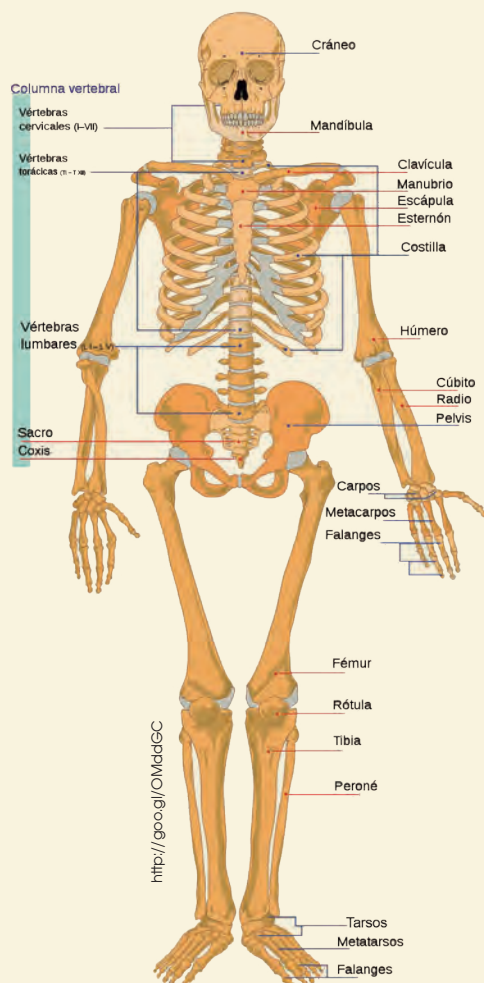
La función de ambos tipos de extremidades es la de ejecutar la mayor parte de los movimientos.



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.

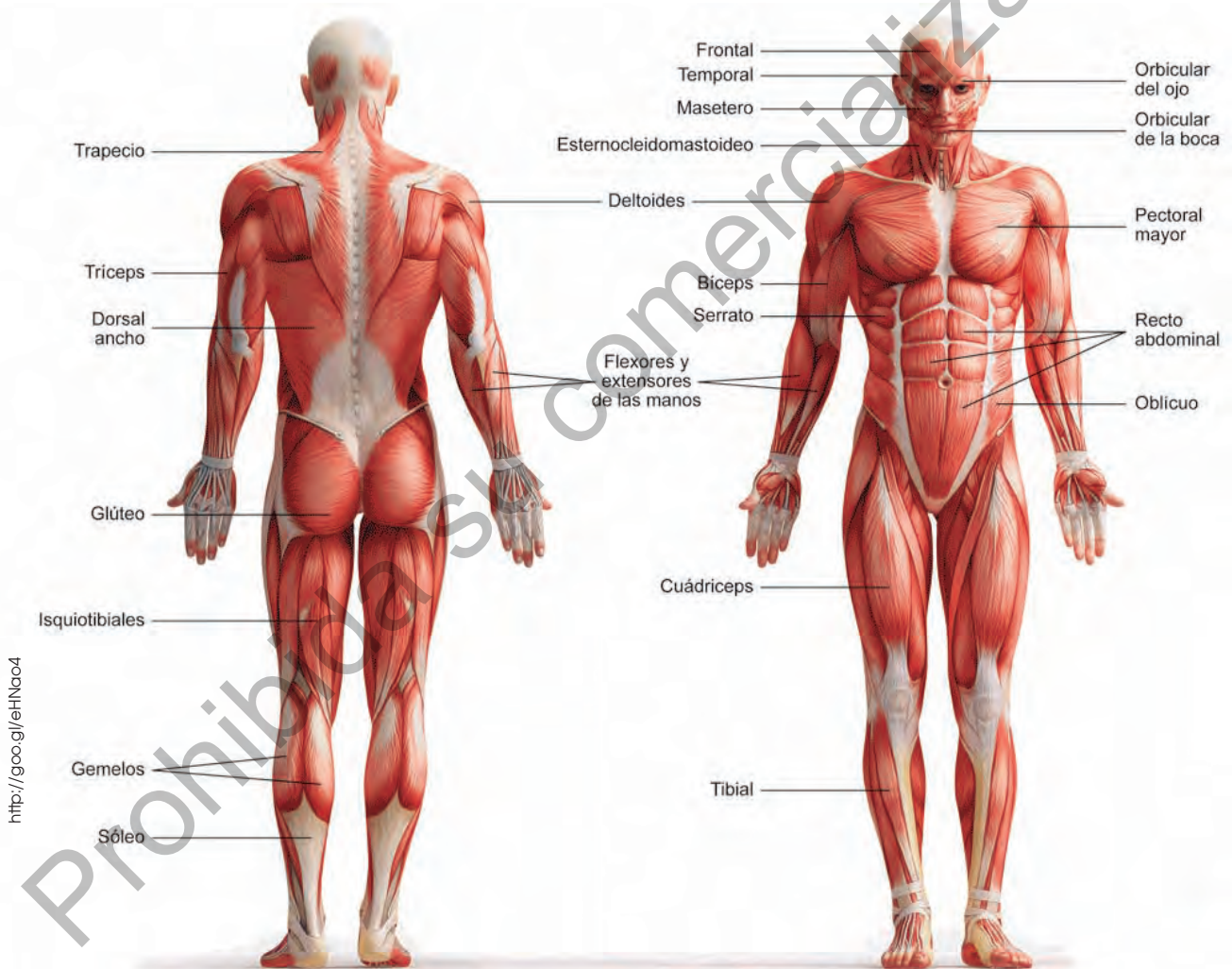
Y TAMBIÉN:



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/FYmYX>

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.

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:

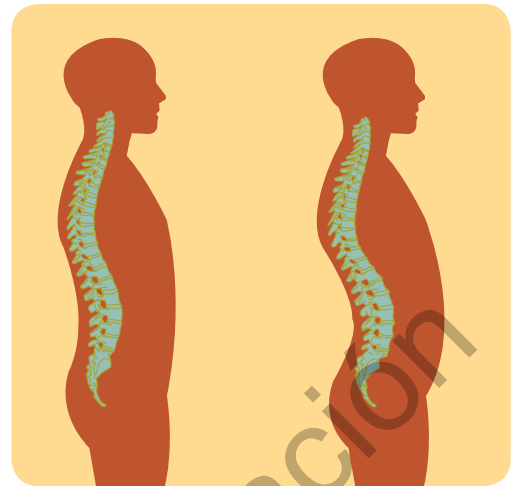
- Óseos, como las fracturas
- Articulares, como los esguinces
- Musculares, como las contracturas

Fracturas	Esguinces	Contracturas
Las fracturas 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 esguinces 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 contracturas 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.

Prohibida su reproducción

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.



■ Vista lateral de una columna vertebral con su curvatura natural y, a la derecha, otra con una curvatura excesiva

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.

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.

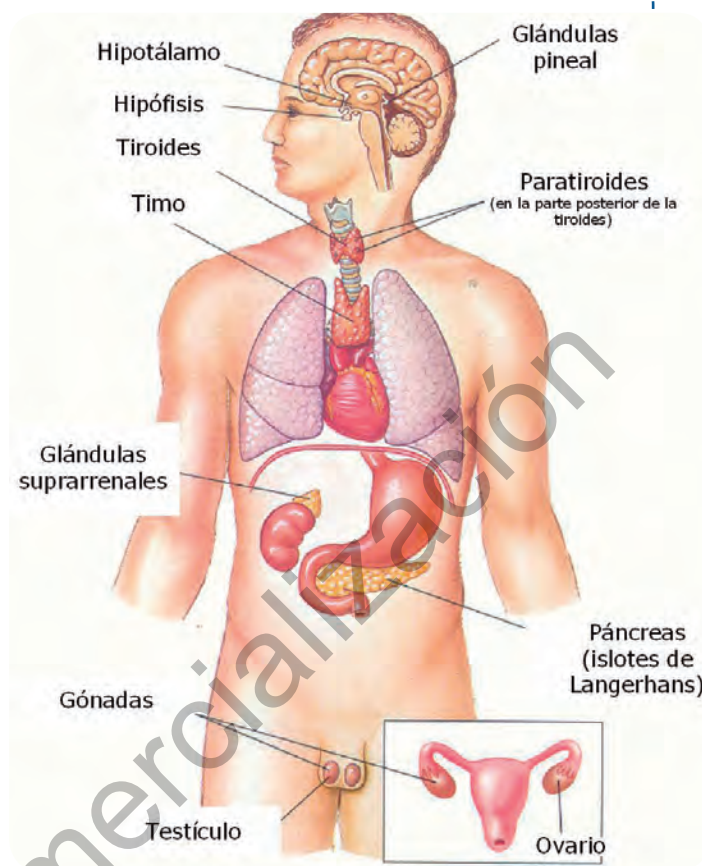
5.1. Hipotálamo

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).

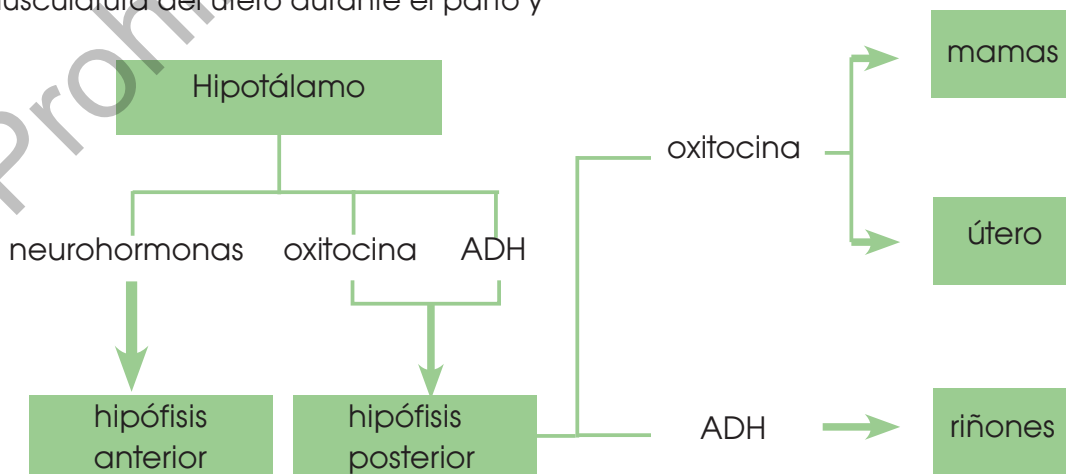
—La oxitocina estimula las contracciones de la musculatura del útero durante el parto y



<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.

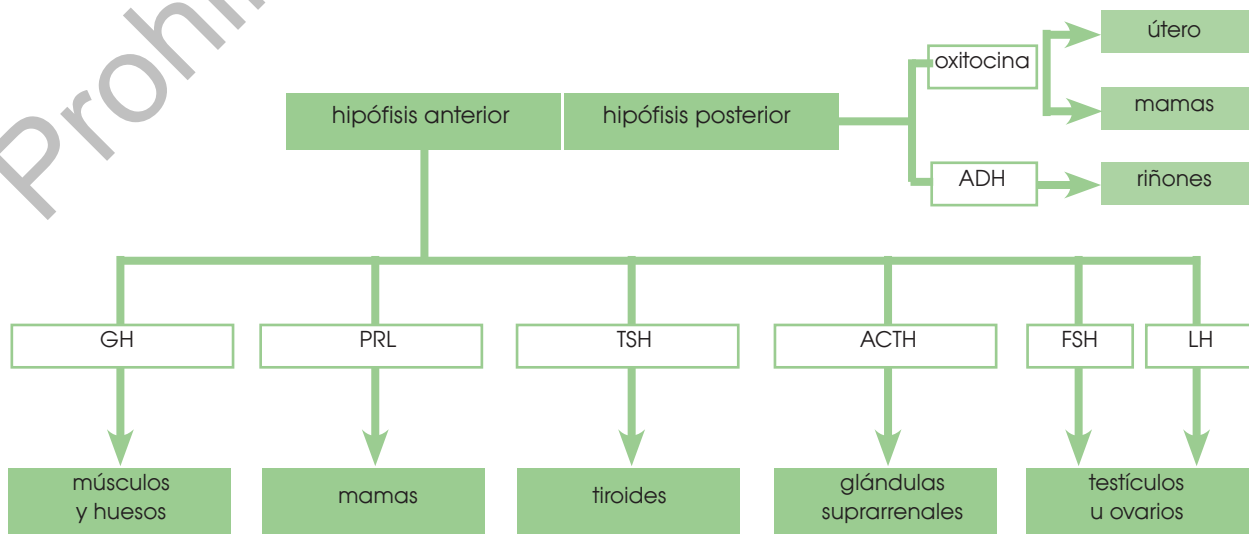
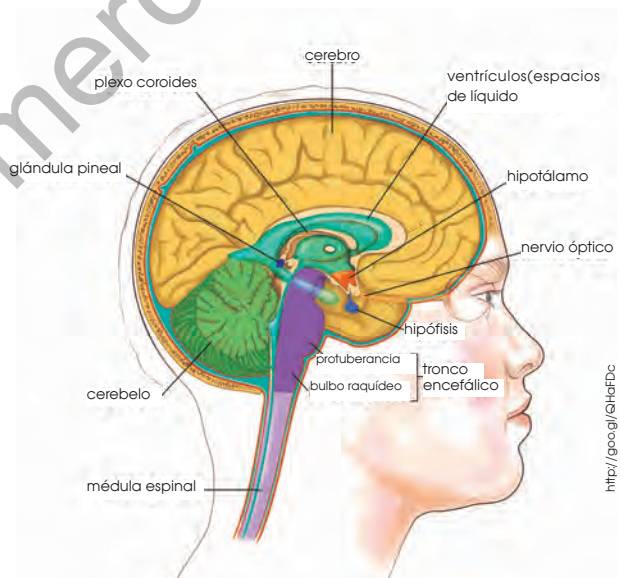
- **Hormonas que estimulan glándulas endocrinas:** Pertenecen a este grupo la hormona estimulante de la tiroides (TSH), la hormona adrenocorticotrópica (ACTH), la hormona foliculoestimulante (FSH) y la hormona luteinizante (LH):

—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).

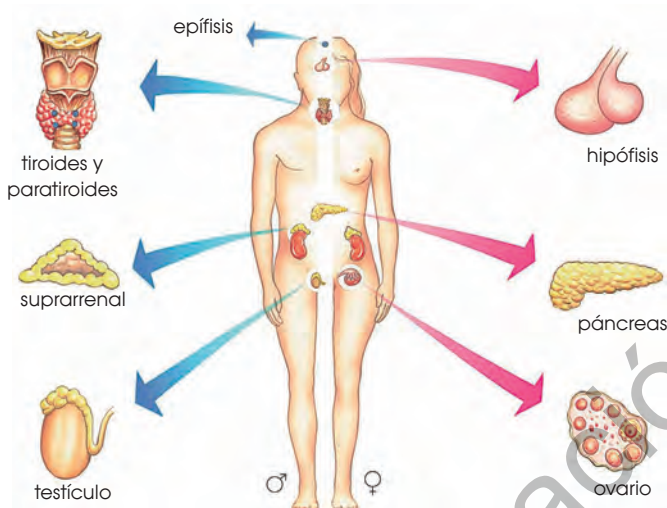
—La **hormona luteinizante (LH)** estimula la producción de testosterona por parte de las células intersticiales de los testículos y activa la maduración de los ovocitos a óvulos y su expulsión hacia las trompas de Falopio.



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.

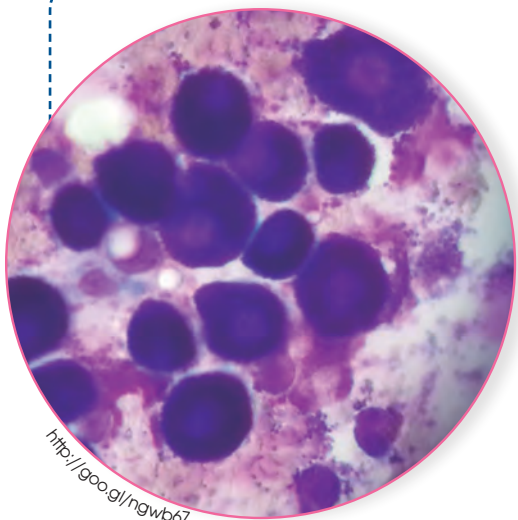
A continuación, resumimos las principales glándulas endocrinas, las hormonas que sintetizan y el mecanismo que activa su secreción.



<http://goo.gl/Po38vb>

Glándula	Hormona	Acción	Mecanismo activador
Tiroides Situada en la base del cuello, junto a la tráquea.	Tiroxina	Acelera el metabolismo celular y, por tanto, el crecimiento del individuo.	Hormona estimulante de la tiroides (TSH); segregada por la hipófisis anterior.
	Calcitonina	Inhibe la liberación de calcio de los huesos.	El aumento de iones Ca^{2+} en la sangre.
Paratiroides Situadas en la parte posterior de la tiroides.	Hormona paratiroidea o parathormona	Estimula la liberación de calcio de los huesos.	La disminución de iones Ca^{2+} en la sangre.
Los islotos de Langerhans , 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.	Insulina 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.
	Glucagón 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.
Glándulas suprarrenales , situadas sobre los riñones	Cortisol	Degradación de proteínas y grasas a glucosa.	La hormona adrenocorticotrófica.
	Aldosterona	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.
	Adrenalina Noradrenalina	Contribuyen a reforzar la actividad del sistema simpático.	El sistema simpático.
Testículos	Andrógenos , (Ej.: testosterona)	Estimulan la formación de espermatozoides, y caracteres sexuales masculinos.	La hormona luteinizante.
Ovarios	Estrógenos y progesterona	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.

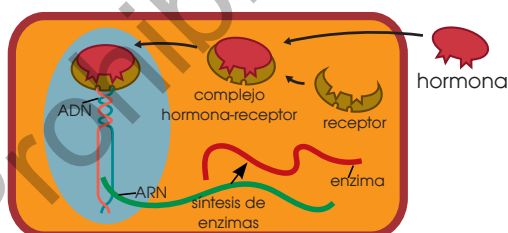
Según su composición, a las hormonas las clasificamos en hormonas lipídicas u hormonas peptídicas.

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.

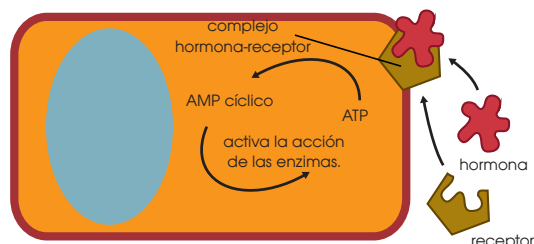
A continuación, mostramos dos ejemplos, que pertenecen a cada uno de estos grupos: la **testosterona** y la **insulina**.

Hormona lipídica: testosterona



- 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.

Hormona peptídica: insulina



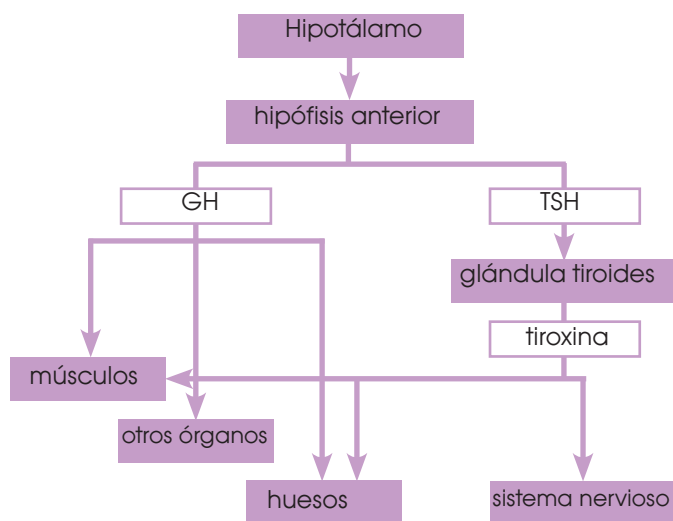
- La insulina se une a un receptor situado en la membrana plasmática.
- El complejo hormona-receptor induce la síntesis de adenosín monofosfato cíclico (AMP cíclico) a partir de ATP.
- El AMP cíclico activa la acción de las enzimas que participan en el paso de glucosa al interior de la célula y en la 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 milimetrado
- 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 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 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/MV2OEb>



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 ³	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 ³
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

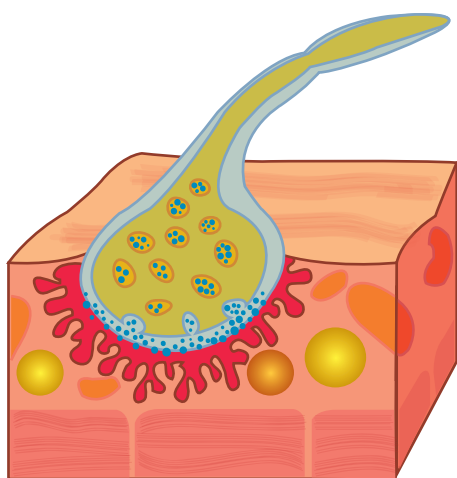
1. **Indica** qué microscopio utilizarías para la observación de la estructura de los poros de la membrana nuclear de una célula, la disposición de las células epiteliales de la mucosa respiratoria, la distribución de los orgánulos en una célula vegetal.
2. **Indica** qué estructura de la célula procariota 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 biomásas relativas de todos los organismos de un ecosistema hipotético en dos años consecutivos:

	Biomasa año 1 (gC/m ²)	Biomasa año 2 (gC/m ²)
Especie A	2200	2450
Especie B	685	850
Especie C	5125	4950
Especie D	1150	1250
- 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 O₂ y CO₂ 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 O₂ y CO₂ en cada tramo.

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:

- ¿Qué tipo de interacción celular está representada? **Di** qué tipo de células participan y **señálalas** en el dibujo.
 - ¿Qué neurotransmisor interviene?
 - ¿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:

- ¿Qué relación tiene el aparato locomotor con el sistema nervioso?
- ¿Qué sistemas constituyen el aparato locomotor?
- ¿Qué tipos de articulaciones hay en el aparato locomotor?
- ¿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 segrega:

- | | |
|---------------------------|---------------------------|
| • 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.

I. DESARROLLO HISTÓRICO DE LA GENÉTICA

D.C.D. CN.B.5.5.5. 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.

ANÁLIZO Y RESUELVO

1. ¿Cuáles consideras que fueron los principales hitos del desarrollo histórico de la genética?

2. ¿Cuáles consideras que serán los siguientes hitos del desarrollo histórico de la genética?

Conforme los científicos empezaron a entender más acerca de la herencia de los caracteres, los procesos hereditarios fueron explicándose con mayor detalle tanto a nivel poblacional como molecular. A continuación, detallamos los hitos más importantes del desarrollo histórico de la genética.

Año/Científico	Descubrimiento
350 a. C. Aristóteles	La mujer aporta, el hombre define, el embrión asume.
1650 William Harvey	Epigénesis: Los órganos surgen de nuevo durante el desarrollo.
1790 Jean B. Lamarck	Los caracteres son fijados por la necesidad.
1858 Charles Darwin, Alfred Russel Wallace	Anuncio conjunto de la teoría de la selección natural.
1859 Charles Darwin	Publicación de <i>El origen de las especies</i> .
1865 Gregor Mendel	Publicó los resultados de sus investigaciones acerca de la herencia de factores en plantas de arveja (<i>Pisum sativum</i>). Nacimiento de la genética como ciencia. Planteó las leyes que llevan su nombre.
1869 Friedrich Miescher	Descubrió en espermatozoides de peces y otro material biológico la sustancia responsable de la transmisión de los caracteres hereditarios (ácidos nucleicos).
1882 Walther Flemming	Definición de <i>cromatina</i> y <i>mitosis</i> . Este citólogo alemán comprobó la división longitudinal de los cromosomas durante la mitosis celular.
1884 Strasburger	Descubrió la profase, metafase y anafase.
1900 Carl Correns, Hugo de Vries, Erich von Tschermak	Redescubrieron los principios de Mendel. Inicio de la genética moderna. En 1901, De Vries informó de mutaciones por primera vez.
1902 Walter Sutton	Remarcó las interrelaciones entre <i>citología</i> y el <i>mendelismo</i> , cerrando la brecha entre la <i>morfología celular</i> y la <i>heredabilidad</i> .
1905 Nettie Stevens, Edmund Wilson	Describieron en forma independiente el comportamiento de los cromosomas sexuales XX que determinan el sexo femenino; y XY que determinan el sexo masculino.
1908 Archibald Garrod	Propuesta de que algunas de las enfermedades se deben a errores innatos del metabolismo. Nacimiento de la genética médica.

1907 Hardy y Weinberg	Inicio de la genética de poblaciones con la ley H-W.
1910 Thomas Hunt Morgan	Propuso una teoría de herencia ligada al sexo por la primera mutación (ojo blanco) descubierta en la mosca de las frutas: <i>Drosophila melanogaster</i> . Lanza la teoría genética y les da nombre a las leyes de Mendel.
1914	El químico alemán Robert Feulgen describió un método para teñir el ADN por medio de un colorante llamado <i>fucsina</i> .
1919 Phoebus Levene	Identificó que un nucleótido está formado por una base, un azúcar y un fosfato.
1927 Hermann J. Muller	Usó rayos X para causar mutaciones artificiales en <i>Drosophila</i> .
1928 Frederick Griffith	Propuso que un principio desconocido había transformado la cepa <i>R</i> (rugosa), que es inocua, en cepa <i>S</i> (lisa) del <i>Diplococcus</i> , la cual es virulenta.
1930 Levene y su maestro Albrecht Kossel	Probaron que la nucleína de Miescher es un ácido desoxirribonucleico formado por cuatro bases nitrogenadas, el azúcar desoxirribosa y un grupo fosfato.
1931 Harriet B. Creighton, Barbara McClintock	Demostraron prueba citológica para <i>crossing-over</i> meiótico en el maíz.
1937 William Astbury	Produjo el primer patrón de difracción de rayos X que mostraba que el ADN tenía una estructura regular.
1940... Barbara McClintock	Desarrolló la hipótesis de los transposones (genes saltadores) para explicar las variaciones de color en el maíz.
1941 George Beadle, Edward Tatum	Irradiando <i>Neurospora</i> , una levadura, probaron que el gen produce su efecto al regular ciertas enzimas.
1944 Avery, MacLeod, McCarty	Publicaron que la herencia genética reside en el ADN.
1945 Max Delbruck, Salvador Luria	Prueba de fluctuación para las mutaciones.
1950 Erwin Chargaff	Descubrió la relación adenina = timina y citosina = guanina en las concentraciones de estas bases, obtenidas de distintos organismos.
1951 Rosalind Franklin	Obtuvo fotografías nítidas de difracción de rayos X del ADN.
1952 Martha Chase, Alfred Hershey	Con fagos marcados con proteína-S35 y ADN-P32 para corroborar que la última es la molécula de la herencia.
1953 Francis Crick, James Watson	El biólogo estadounidense James Watson y el físico inglés Francis Crick propusieron el modelo de la doble hélice de ADN para representar la estructura tridimensional del ADN.
1956 Tjio, Levan	Establecieron que el número cromosómico humano era de 46.

TRABAJO MI INGENIO



Busca fotografías de la difracción de rayos X del ADN. Pégalas a continuación y analiza las conclusiones que permitieron determinar estas imágenes.

alización

Conclusions:

[illegible]

2. ¿Qué otras hormonas se han producido con tecnología de ADN recombinante? Describe brevemente en qué consiste esta tecnología.

brevemente en qué consiste esta tecnología.

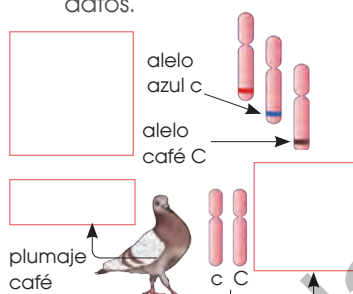
2. LA GENÉTICA DE POBLACIONES

D.C.D. CN.B.5.5.6. Indagar sobre la genética de poblaciones, analizar e inferir los resultados de binomios genéticos.

ANÁLIZO Y RESUELVO

1. ¿Consideras que se requiere emplear modelos matemáticos en el estudio de temas biológicos, por ejemplo, en el estudio de genética?

2. Escribe qué tipo de frecuencia podemos obtener a partir de estos datos.



3. Del caso anterior escribe las fórmulas para calcular las tres frecuencias genotípicas.

$f(AA) =$
$f(Aa) =$

4. Con estos datos, encuentra la información faltante. $f(aa) =$

$$f(CC) = 0,25$$

$$f(cc) = 0,55$$

$$f(Cc) = ?$$

La **población mendeliana** consiste en una comunidad de individuos de una especie que se reproducen sexualmente y dentro de la cual tienen lugar los apareamientos.

Después de extensos estudios de las poblaciones naturales, se han encontrado que el conjunto de genes de la **población** (la suma total de todos los genotipos de una población mendeliana) está formado por una heterocigosidad en la mayoría de los *loci*. Este **polimorfismo genético** se mantiene por una presión de **mutación** y por las fuerzas de la selección natural.

Frecuencias genotípicas y alélicas

En genética poblacional, una **frecuencia** es una proporción, un porcentaje expresado como fracción decimal. Por ejemplo, si el 20 % de los alelos en una población es A, diríamos que la frecuencia del alelo A en la población es 0,20.

En el caso de poblaciones grandes, en las que no es práctico determinar los genes de todos los individuos, suele tomarse una **muestra de individuos** provenientes de la población y se calculan las **frecuencias genotípicas y alélicas**. Luego, las frecuencias genotípicas y alélicas de la muestra se utilizan para representar el conjunto génico de la población.

Para calcular una frecuencia **genotípica** sumamos la cantidad de individuos que poseen el genotipo y dividimos por el número total de individuos en la muestra (N). Para un *locus* con tres genotipos, AA, Aa y aa, la frecuencia (f) de cada genotipo es:

$$\frac{\text{número de individuos AA}}{N}$$

$$\frac{\text{número de individuos Aa}}{N}$$

$$\frac{\text{número de individuos aa}}{N}$$

La suma de todas las frecuencias genotípicas siempre es 1, es decir:

$$f(AA) + f(Aa) + f(aa) = 1$$

Siempre hay menos alelos (A o a) que genotipos (AA, Aa o aa); de modo que el conjunto génico de una población puede describirse en términos menores cuando se utilizan las **frecuencias alélicas**.

En una población con reproducción sexual, los **genotipos** son conjuntos transitorios de alelos, pues se separan cuando los alelos individuales se transfieren a la generación siguiente. De esta manera, son los alelos, mas no los genotipos, los que tienen continuidad real de una generación a la siguiente.

Las frecuencias de los alelos suelen representarse por los símbolos p y q y pueden calcularse de esta manera:

$$p = f(A) = \frac{\text{número de copias del alelo A}}{\text{número de copias de todos los alelos}}$$

$$p = f(a) = \frac{\text{número de copias del alelo a}}{\text{número de copias de todos los alelos}}$$

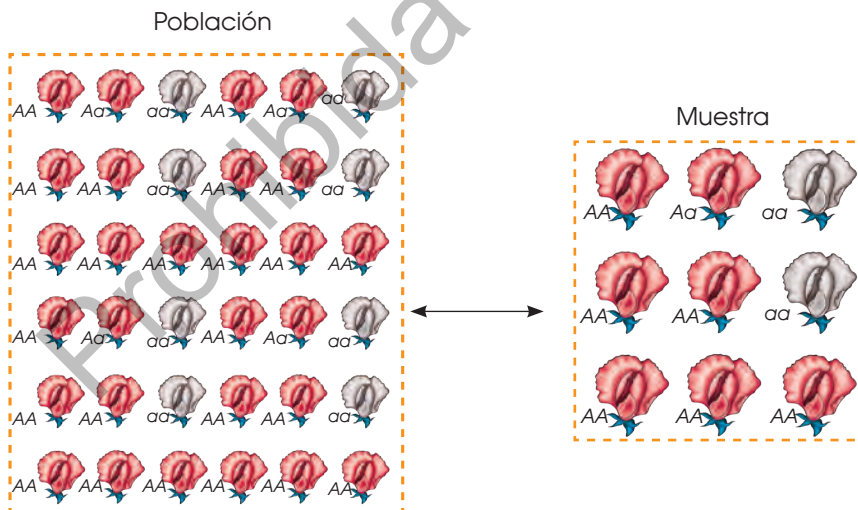
La suma de todas las frecuencias alélicas siempre es 1: $p + q = 1$.

Si no contamos con los datos de los alelos para contarlos visualmente, pero sí del dato numérico del genotipo, nos ayudamos con esta fórmula:

$$p = f(A) = \frac{2(\text{número de individuos AA}) + (\text{número de individuos Aa})}{2N}$$

$$p = f(a) = \frac{2(\text{número de individuos aa}) + (\text{número de individuos Aa})}{2N}$$

Ejemplo: Calculemos las frecuencias de la muestra que indica la población de esta figura:

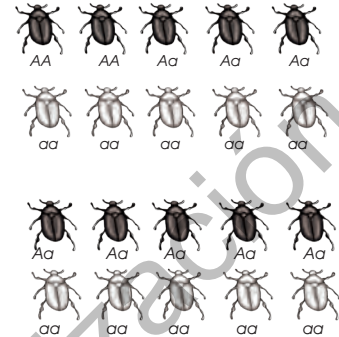


N = 9	AA = 6	A = 13
Blancas = 2	Aa = 1	a = 5
Rojas = 7	Aa = 2	Total alelos = 18

ANALIZO Y RESUELVO



Observa con atención este caso de escarabajos y sus cálculos de frecuencias.



Frecuencia fenotípica

$$f(\text{negros}) = \frac{10}{20} = 0,5$$

$$f(\text{blancos}) = \frac{10}{20} = 0,5$$

Frecuencia genotípica

$$f(AA) = \frac{2}{20} = 0,1$$

$$f(Aa) = \frac{8}{20} = 0,4$$

$$f(aa) = \frac{10}{20} = 0,5$$

Frecuencia alélica

$$p = f(A) = \frac{12}{40} = 0,3$$

$$p = f(a) = \frac{28}{40} = 0,7$$

Propón otro ejemplo similar en el que practiques los cálculos de las frecuencias.

TIC

Investiga más sobre la genética de poblaciones. Te sugerimos este enlace: <https://bit.ly/2Wit8Vk>.

Responde: ¿Consideras que las poblaciones evolucionan? ¿Por qué?

La migración causa cambios en la frecuencia alélica de una población mediante la introducción de alelos de otras poblaciones. La magnitud del cambio debido a la migración depende tanto de la magnitud de la migración como de la diferencia en las frecuencias alélicas entre las dos poblaciones involucradas.

¿Qué sucederá con la variación genética, la homocigotidad y la heterocigotidad tanto en la migración como en la endogamia?

Frecuencia genotípica	Frecuencia fenotípica	Frecuencia alélica
¿Con qué frecuencia vemos cada combinación de alelos?	¿Con qué frecuencia vemos flores blancas o rojas?	¿Con qué frecuencia vemos cada alelo?
$f(AA) = 6/9 = 0,67$ $f(Aa) = 1/9 = 0,11$ $f(aa) = 2/9 = 0,22$	$f \text{ rojas} = 7/9 = 0,78$ $f \text{ blancas} = 2/9 = 0,22$	$p = f(A) = 13/18$ $q = f(a) = 5/18$

Puede ser que exista un cambio en la frecuencia de los alelos en la población con las generaciones, dado esto se puede decir que la población evolucionó (**microevolución**).

Principio de Hardy-Weinberg

Hardy y Weinberg, de manera independiente, se dieron cuenta de que, en un sistema de dos alelos en igualdad de condiciones, la **homocigotidad** y la **heterocigotidad** se equilibran. Así, en 1908, formularon un modelo matemático que describe cómo las frecuencias genotípicas están relacionadas con la frecuencia alélica.

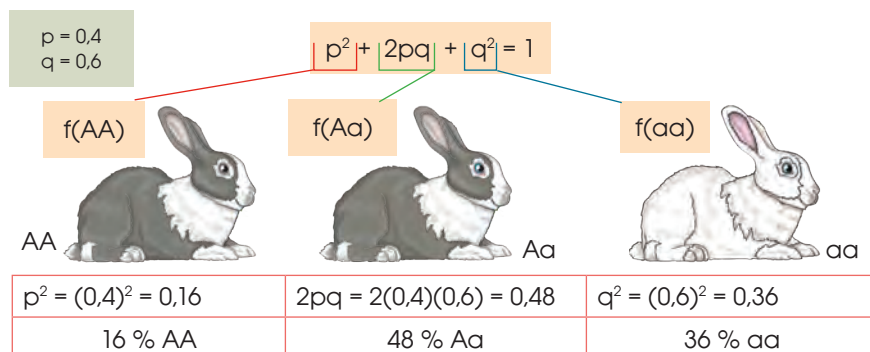
Si una población está en **equilibrio Hardy-Weinberg (H-W)**, la frecuencia de los alelos (A y a) y los genotipos (AA , Aa y aa) en esa población permanecerán iguales con el paso de las generaciones y cumplirán la **ecuación de Hardy-Weinberg**:

$$p^2 + 2pq + q^2 = 1$$

$$(p + q)^2 = 1 \rightarrow \text{binomio genético}$$

Como vimos, la **evolución** es un cambio en las frecuencias alélicas en una población a lo largo del tiempo. Por lo que una población en equilibrio $H-W$ no evoluciona.

Ejemplo: Suponiendo que en una población de conejos el alelo A (dominante para el color plomo del pelo) tiene una frecuencia de 0,4, debido a que siempre la suma de las frecuencias alélicas da 1, el alelo a (recesivo para el color blanco) tendrá entonces una frecuencia de 0,6. Así que podemos predecir las frecuencias genotípicas que esperaríamos ver (si la población está en equilibrio $H-W$) si introducimos las frecuencias alélicas como mostramos a continuación:

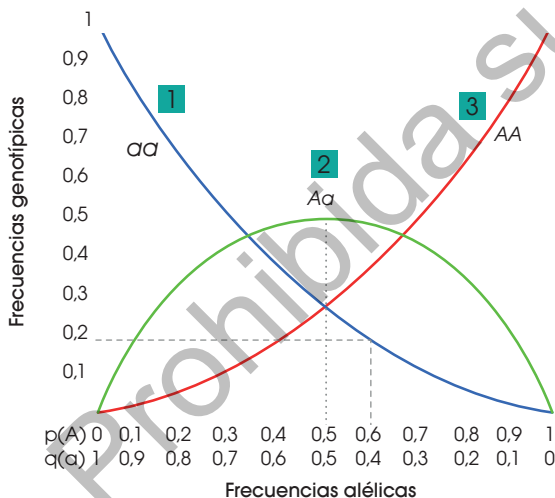


La primera generación, después del apareamiento aleatorio, puede cambiar debido a que se requiere una generación de apareamiento al azar para producir proporciones de $H-W$ de los genotipos. Después, las frecuencias genotípicas, a semejanza de lo que sucede con las alélicas, no cambian siempre que la población continúe cumpliendo estos cinco supuestos de la ley de $H-W$:

1. **No hay mutación:** No se generan nuevos alelos por mutación, no se duplica ni se elimina ningún gen.
2. **Apareamiento aleatorio:** Los organismos se aparean entre sí al azar.
3. **No hay flujo de genes por migración:** Ningún individuo o sus gametos entra o sale de la población.
4. **El tamaño de la población es extremadamente grande:** Efectivamente, infinita en tamaño.
5. **No hay selección natural:** Los organismos tienen las mismas posibilidades de sobrevivir y reproducirse.

Para encontrar la relación entre la frecuencia genotípica y la frecuencia alélica según $H-W$, simplemente seguimos una línea recta desde la parte inferior hasta la línea de color respectiva y luego leemos el valor en el lado izquierdo de la gráfica, por ejemplo:

La proporción de la población de aa cuando la frecuencia alélica de a es del 40 % (0,4 a lo largo de la segunda línea inferior) será del 20 % (0,2 del camino horizontal marcado desde la curva azul marcada como aa).



1. La frecuencia del heterocigótico es mucho mayor.
2. Cuando las frecuencias alélicas son iguales ($p = q = 0,5$)
3. Cuando la frecuencia de un alelo es alta, la mayoría de los individuos son homocigóticos.

Tiene sentido que cuando el alelo A es raro, los homocigotos AA también sean raros. A medida que el alelo A se vuelve más común, la frecuencia de los homocigotos aumenta lentamente (curva roja), lo mismo sucede en el caso de a , pero como imagen espejo de AA . La línea de color verde es la frecuencia de heterocigotos Aa . La mayor proporción de la población que puede ser heterocigótica es del 50 %. Por lo tanto, cuando el 50 % de la población es heterocigota, el equilibrio de $H-W$ predice que el 25 % de la población será homocigótica para el alelo A y lo mismo para el alelo a . Esta situación ocurre solo cuando $p = q$; en otras palabras, $p = q = 50 \%$.

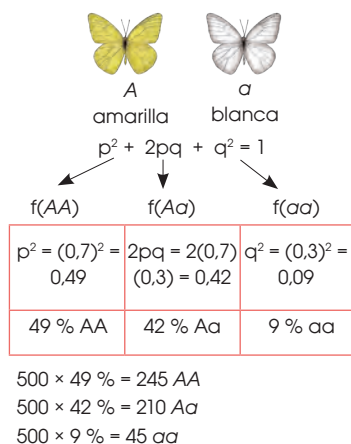
ANALIZO Y RESUELVO



Se sabe que la relación general entre la frecuencia alélica y genotípica puede describirse en términos algebraicos: si p es la frecuencia del alelo A_1 y q es la frecuencia del alelo A_2 , se cumple que $p + q = 1$ si existen solo dos alelos. Las frecuencias genotípicas de equilibrio vienen dadas por $p^2 A_1 A_1$, $2pq A_1 A_2$, $q^2 A_2 A_2$. Estas frecuencias resultan del desarrollo del **binomio genético** $(p + q)^2$ dentro de la ecuación de Hardy-Weinberg.

Con base en lo descrito, establece si el principio mencionado se cumple en este ejercicio. ¿Por qué?

La siguiente es una población de quinientas mariposas, posee una frecuencia alélica de p de 0,7 y una frecuencia alélica de q de 0,3.



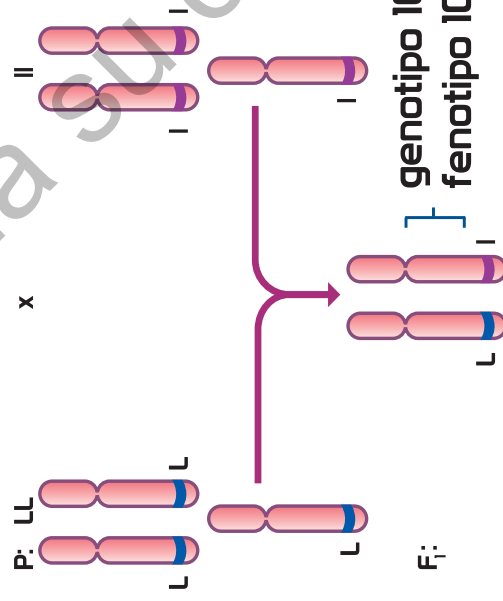
En tu cuaderno de tareas propón otros ejemplos similares y practica el cálculo de frecuencias.

Caracteres estudiados por Mendel en *Pisum sativum*

Características	Rasgo dominante		Rasgo recesivo	
	Variantes			
Textura de la semilla	Lisa		Rugosa	
Color de la semilla	Amarilla		Verde	
Color de los pétalos de la flor	Purpura		Blanco	
Aspecto general de la vaina	Hinchada		Comprimida	
Color de la vaina inmadura	Verde		Amarillo	
Posición de la flor	Axial		Terminal	
Longitud del tallo	Largo		Corto	

Primera Ley de Mendel

Distribución de alelos



Cuadro de Punnett

Rugosa	Lisa	
	♀	♂
I	I	L
I	U	L
I	I	U
I	U	U

P = Generación parental
F₁ = Primera generación filial

Ley de uniformidad de los híbridos de la primera generación:

Quando se cruzan dos variedades, individuos de raza pura ambos (homocigotos) para un determinado carácter, todos los híbridos de la primera generación (F) son iguales.

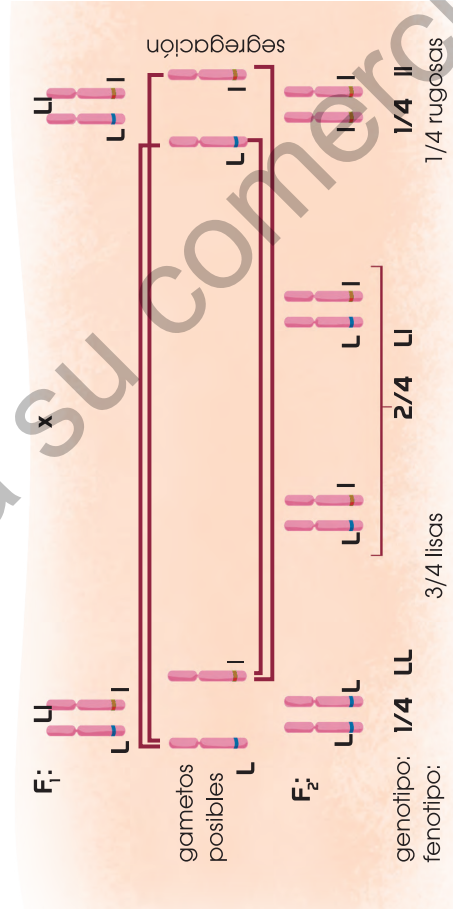
Mendel llegó a esta conclusión al cruzar variedades puras de guisantes lisos y rugosos pues siempre obtenía de este cruzamiento variedades de guisantes lisos.

Segunda Ley de Mendel



Distribución de alelos

Cuadro de Punnett



♀ \ ♂	L	l
L	LL	Ll
l	Ll	ll

F₁ = Primera generación filial

F₂ = Segunda generación filial

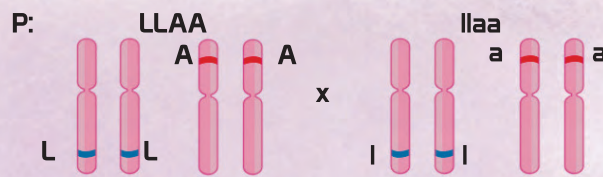
Proporción -----> 3 : 1

Ley de segregación o disyunción de los alelos:

Mendel tomó plantas procedentes de las semillas de la primera generación (F₁) dominantes heterocigotas lisas (Ll) y las polinizó entre sí. Del cruce obtuvo semillas lisas y rugosas en la proporción 3:1 (75% lisas y 25% rugosas). Así pues, aunque el alelo que determina la textura rugosa de las semillas parecía haber desaparecido en la primera generación filial, vuelve a manifestarse en esta segunda generación (F₂).

Tercera Ley de Mendel

Distribución de alelos



gametos posibles

fecundación

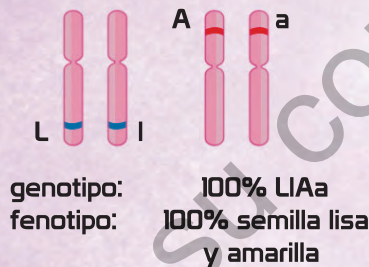
Genotipo

1/16 LLAA
2/16 LLaa
2/16 lIAA
4/16 lIAa

Fenotipo

9/16
semilla lisa y
amarilla

F₁:



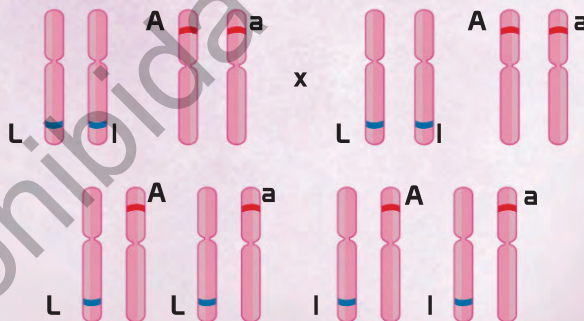
1/16 LLaa
2/16 LlAa
1/16 lIAA
2/16 lIAa

3/16 semilla lisa y verde
3/16 semilla rugosa y amarilla

1/16 lIaa

1/16 semilla rugosa y verde

F₂:



Cuadro de Punnett

	LA	La	IA	Ia
LA	LLAA	LLAa	lIAA	lIAa
La	LLAa	LLaa	lIAa	lIaa
IA	lIAA	lIAa	lIAA	lIAa
Ia	lIAa	lIaa	lIAa	lIaa

Proporción -----> 9 : 3 : 3 : 1

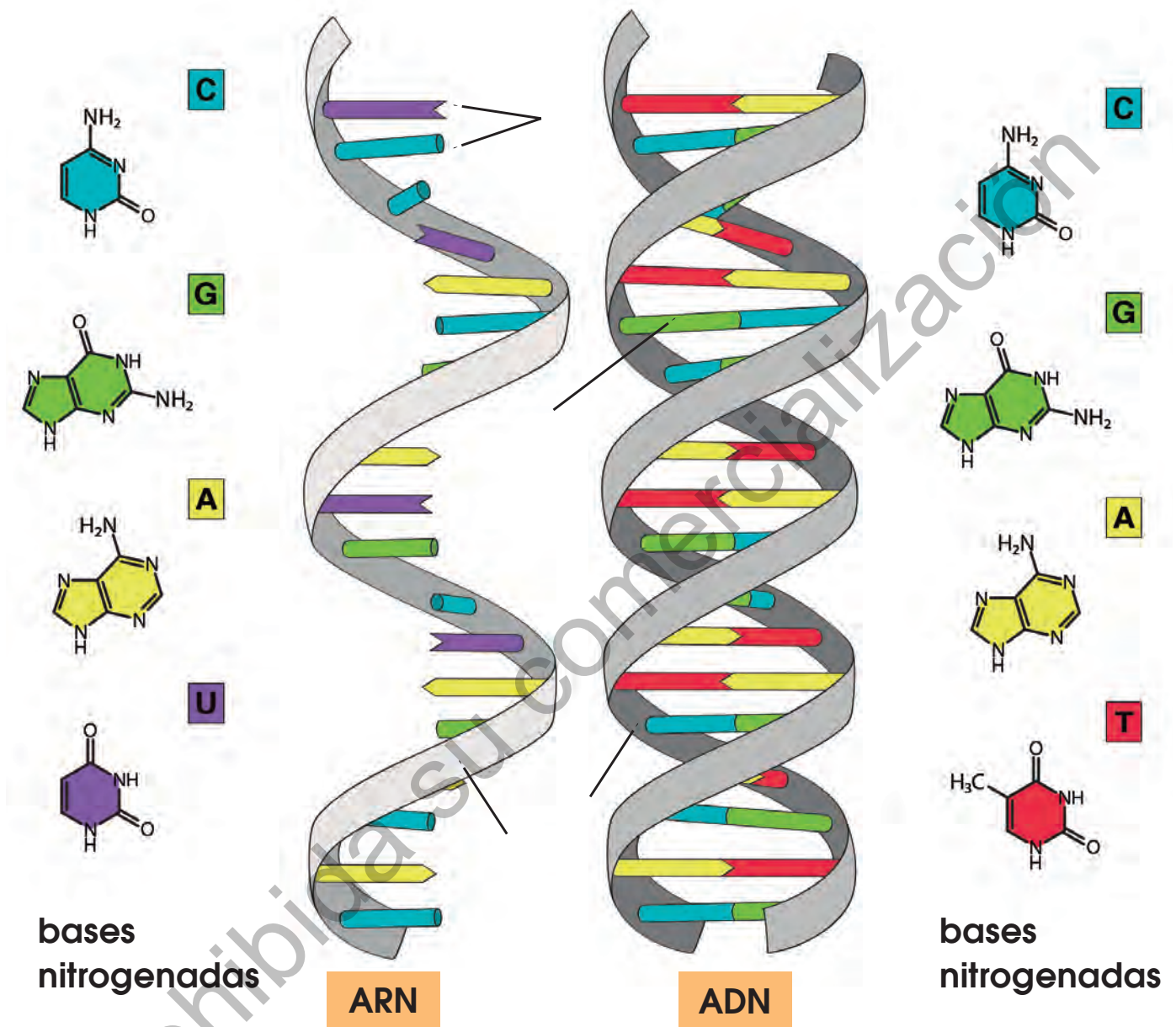
Ley de independencia de los caracteres no antagónicos:

Al cruzar los guisantes amarillos lisos obtenidos dieron la siguiente segregación:

- 9 amarillos lisos
- 3 verdes lisos
- 3 amarillos rugosos
- 1 verde rugoso

De esta manera demostró que los caracteres color y textura eran independientes.

COMPONENTES Y ESTRUCTURA



Pirimidinas

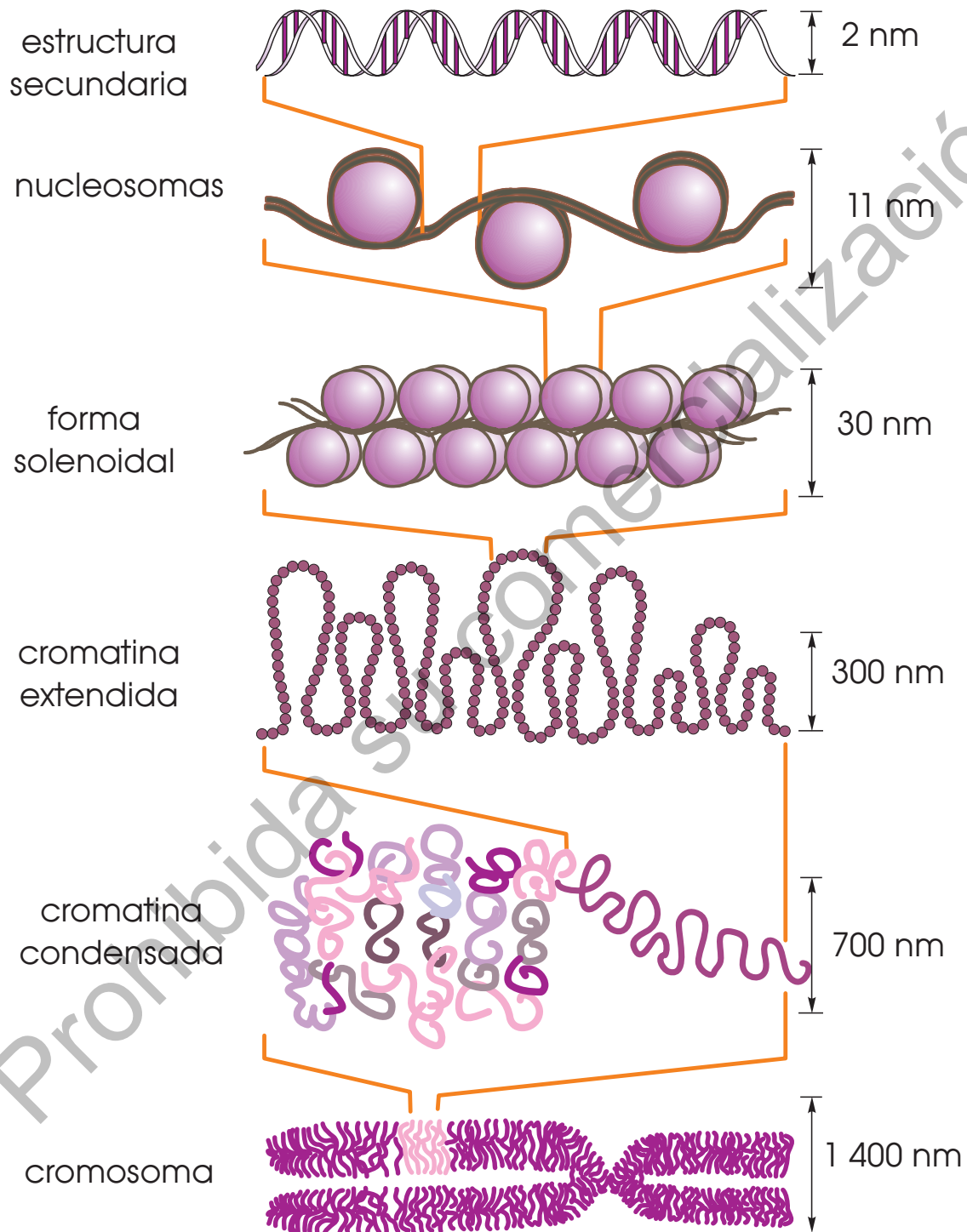
Timina (T)
Citosina (C)
Uracilo (U)

Purinas

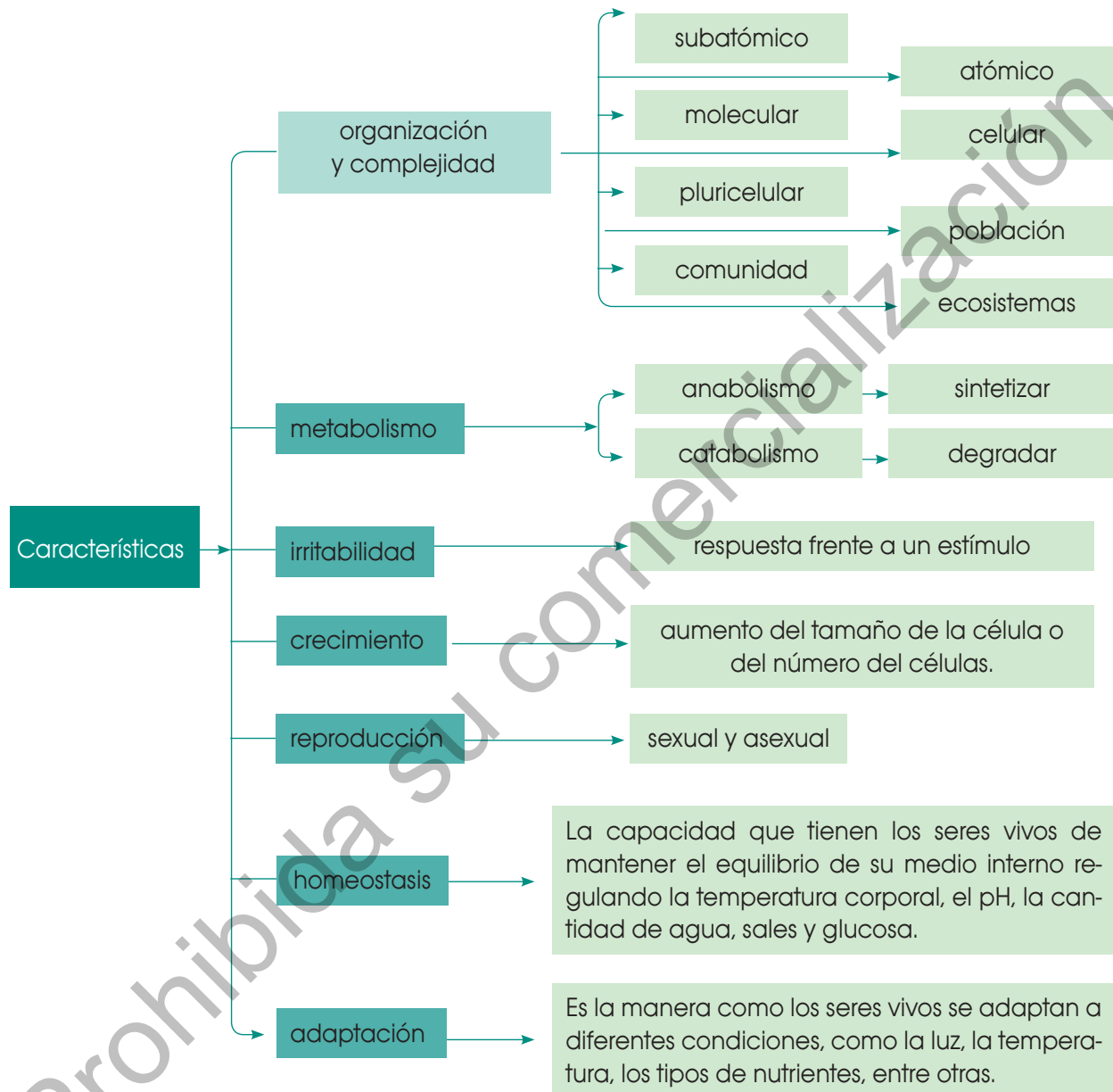
Adenina (A)
Guanina (G)

A, G, T y C forman parte del ADN, mientras que, en el ARN, la T es sustituida por U.

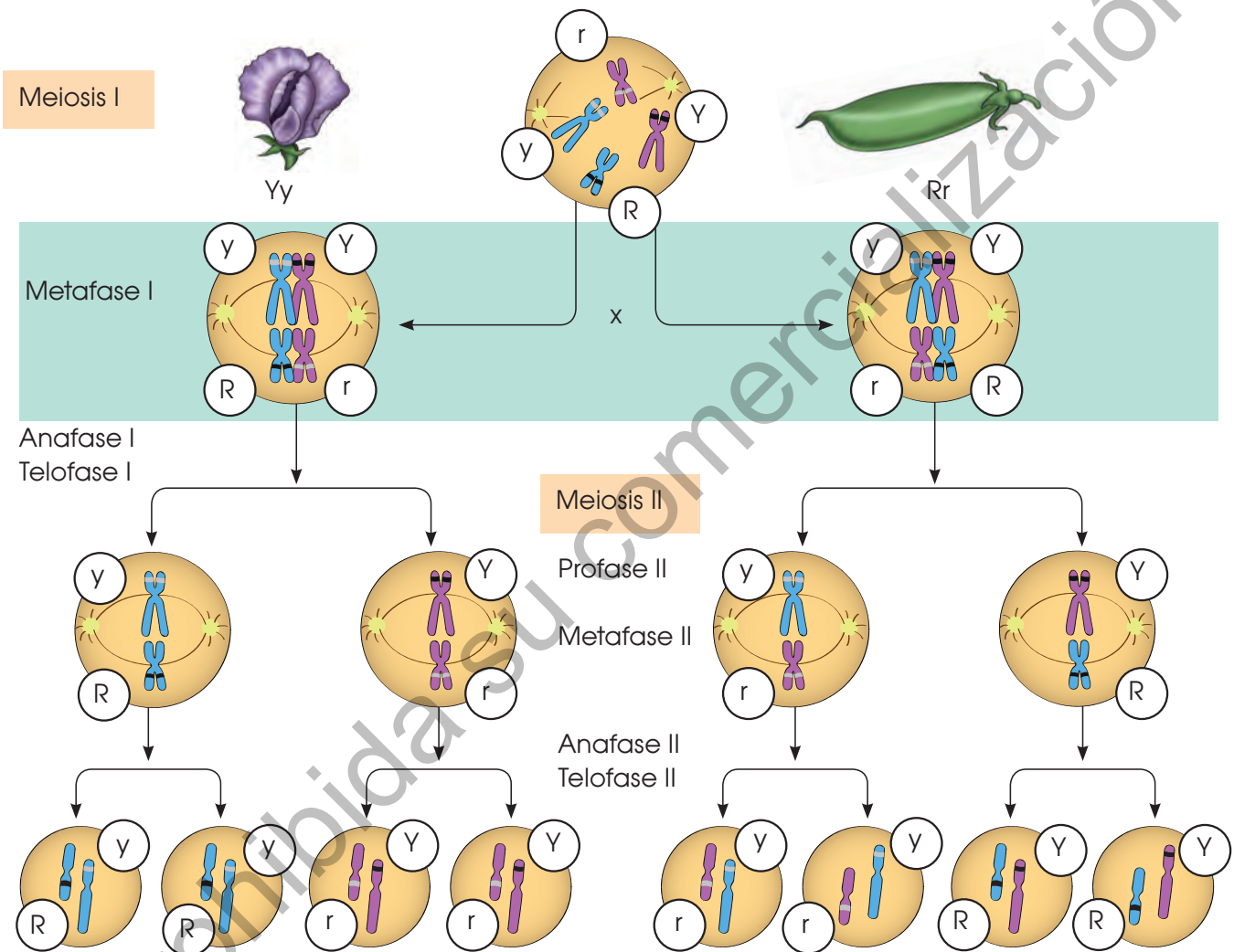
ESTRUCTURAS DE COMPACTACIÓN EN EL ADN EUCARIOTA



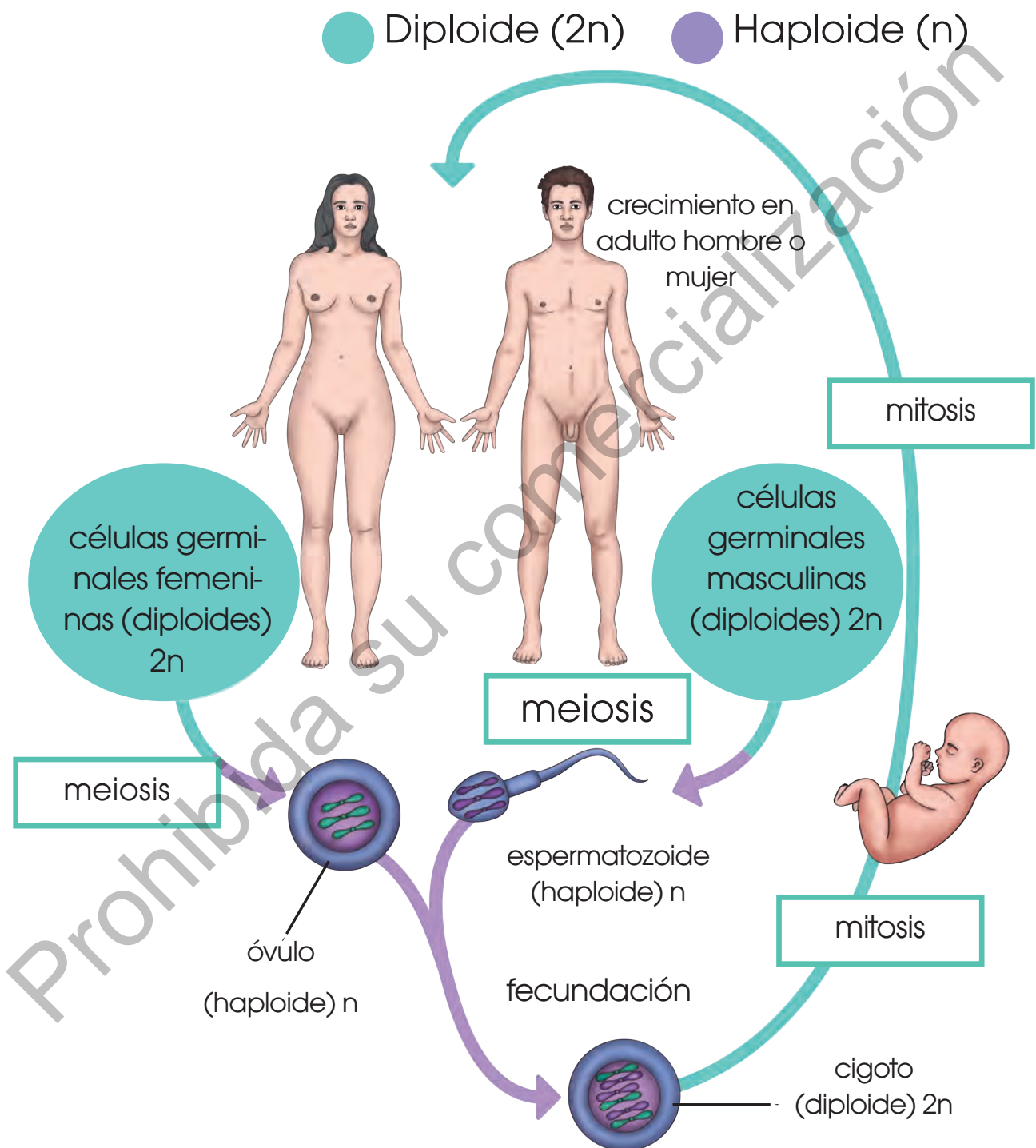
LAS PROPIEDADES DE LOS SERES VIVOS



ESQUEMA DE LA MEIOSIS



ESQUEMA DE LA FECUNDACIÓN



ADN (ácido desoxirribonucleico). Un ácido nucleico compuesto de dos cadenas polinucleotídicas que se disponen alrededor de un eje central formando una doble hélice, capaz de autorreplicarse y codificar la síntesis de ARN.

Alelo (del griego *allelon* = <<el uno al otro>>, recíprocamente). Formas alternativas de un gen, se hereda separadamente de cada padre (p. ej. en el locus para el color de ojos puede haber un alelo para ojos azules o uno para ojos negros). Uno o más estados alternativos de un gen.

Cariotipo También llamado idiograma, es el patrón cromosómico de una especie expresado a través de un código, establecido por convenio, que describe las características de sus cromosomas.

Cromosomas (del griego *chroma* = color; *soma* = cuerpo). Estructuras del núcleo de la célula eucariota que consiste en moléculas de ADN (que contienen los genes) y proteínas (principalmente histonas). *Crossing over* (del inglés entrecruzamiento). Proceso que ocurre en la meiosis e incluye la ruptura de un cromosoma materno y uno paterno (homólogos), el intercambio de las correspondientes secciones de ADN y su unión al otro cromosoma. Este proceso puede resultar en un intercambio de alelos entre cromosomas

Genes. Segmentos específicos de ADN que controlan las estructuras y funciones celulares; la unidad funcional de la herencia. Secuencia de bases de ADN que usualmente codifican para una secuencia polipeptídica de aminoácidos.

Genotipo. La totalidad de los alelos de un organismo.

Haploide. Célula que contiene solo un miembro de cada cromosoma homólogo (número haploide = n)

Hormona. Sustancia segregada por células especializadas, localizada en glándulas endocrinas, o también por células epiteliales e intersticiales cuyo fin es el de influir en la función de otras células.

Locus. (del latín: lugar, plural *loci*). Posición que ocupa un determinado gen en un cromosoma.

Recombinación. El proceso por el cual se produce en la progenie una combinación de genes diferentes a los de los padres. En los organismos superiores por el proceso de entrecruzamiento (*crossing over*)

Teoría cromosómica de la herencia. Sostiene que los factores hereditarios (los genes) están situados sobre los cromosomas, que su ordenamiento es lineal y que, al fenómeno hereditario de la recombinación, le corresponde un fenómeno en el ámbito celular: el intercambio de segmentos cromosómicos por crossing over.

Transformación. Proceso de introducción de ADN exógeno en una bacteria por medios físicos o químicos.

- Atlas de Histología Vegetal y Animal. (2016). *Introducción a los tejidos animales*. Obtenido el 17 de febrero de 2018, de http://mmegias.webs.uvigo.es/guizada_a_inicio.php
- Biología.edu.ar. (2016). *Hormonas vegetales*. Obtenido el 17 de marzo de 2018, de <http://www.biologia.edu.ar/plantas/hormona.htm>
- Botanical-online.com. (2016). *Movimientos de las plantas*. Obtenido el 11 de marzo de 2018, de <http://www.botanical-online.com/lasplantasmovimientosvegetales.htm>
- Grupo Edebé. (2009). *Biología Bachillerato 2*. Barcelona, España.
- Luengo, L. (2016). *Transcripción y traducción del código genético*. Obtenido el 24 de febrero de 2018, de <http://www.lourdes-luengo.org/unidadesbio/genetica/genetica/16Traducion.pdf>
- Martínez, F. y Turégano, J. (2016). *Ciencias para el mundo contemporáneo. Guía de recursos didácticos*. Gobierno de Canarias.
- Moreno. (2016). *Cariotipo*. Obtenido el 24 de febrero de 2018, de http://www.iesamoreno.es/_iesdata/dptos/dpto_biologia_geologia/eso4/cariotipo_web.pdf
- Neyoy, C. (2012). *Crecimiento y desarrollo vegetal*. Obtenido el 14 de febrero de 2018, de <http://fisiolvegetal.blogspot.com/2012/10/crecimiento-y-desarrollo.html>
- Proyecto Biosfera. (2016). *Genética mendeliana*. Obtenido el 21 de febrero de 2018, de <http://recursostic.educacion.es/ciencias/biosfera/web/alumno/4ESO/genetica1/contenidos10.htm>
- Regodón, J. A. (2016). *Clasificación de los tejidos vegetales*. Obtenido el 14 de febrero de 2018, de <http://almez.pntic.mec.es/~jrem0000/dpbg/1bch/tema8/tej-veg.htm>
- Rodríguez, W. (2012). *Las auxinas*. Obtenido el 24 de febrero de 2018, de <http://biologiapuntopcom.blogspot.com/2012/06/practico-auxinas.html>
- Salazar, I. (2016). *Función de relación 1º bachiller. Cosas de Ciencias. Programación de Biología de 2º Ciclo de la ESO, 1º Bachillerato y 2º, con CTMA. Enlaces, recursos, actividades, imágenes, animaciones y videos. Libros recomendados, películas, recortes de prensa*. Obtenido el 20 de febrero de 2018, de <http://docentes.educacion.navarra.es/metayosa/1bach/rela5.html>

PLAN NACIONAL
DEL LIBRO Y LA LECTURA
José de la Cuadra



Prohibida su comercialización



**¡LEER ENCIENDE
TU IMAGINACIÓN!**

Bachillerato General Unificado
Segundo curso
Biología

La mala memoria

André Breton

Me contaron hace un tiempo una historia muy estúpida, sombría y conmovedora. Un señor se presenta un día en un hotel y pide una habitación. Le dan el número 35. Al bajar, minutos después, deja la llave en la administración y dice:

—Excúseme, soy un hombre de muy poca memoria. Si me lo permite, cada vez que regrese le diré mi nombre: el señor Delouit, y entonces usted me repetirá el número de mi habitación.

—Muy bien, señor.

A poco, el hombre vuelve, abre la puerta de la oficina:

—El señor Delouit.

—Es el número 35.

—Gracias.

Un minuto después, un hombre extraordinariamente agitado, con el traje cubierto de barro, ensangrentado y casi sin aspecto humano entra en la administración del hotel y dice al empleado:

—El señor Delouit.

— ¿Cómo? ¿El señor Delouit? A otro con ese cuento. El señor Delouit acaba de subir.

—Perdón, soy yo... Acabo de caer por la ventana. ¿Quiere hacerme el favor de decirme el número de mi habitación?

Tomado de MECyT — SE — SPU. (2007). *Leer X leer, Textos para leer de todo, mucho y ya*. Buenos Aires: Editorial Universitaria de Buenos Aires.

André Breton (1896-1966). Escritor francés, uno de los fundadores de la corriente estética llamada Surrealismo. Médico de profesión, entró en contacto con el arte a través del célebre grupo Dadá, que dominaba la nueva estética francesa en aquellos años. Su Manifiesto surrealista causó un fuerte impacto desde su publicación en los años veinte.

¿Cómo afecta el espacio al cuerpo humano?

Laura Chaparro

Hasta ahora, el monopolio de los viajes espaciales lo tenían las agencias gubernamentales. Pero con la entrada de la industria privada en el sector, el turismo espacial está a punto de despegar. La órbita terrestre, Luna e incluso Marte dejarán de ser un sueño para unos cuantos afortunados, que deberán vigilar muy de cerca su salud. Diferentes experimentos han demostrado que la radiación, la falta de gravedad y el aislamiento repercuten negativamente en el organismo.

“Los vuelos espaciales afectan a la mayoría de los sistemas del cuerpo, pero el que más preocupa es la retina ocular y el nervio óptico, posiblemente asociados con un aumento de la presión intracraneal”, describe a OpenMind Jeffrey A. Jones, profesor en la Escuela de Medicina de Baylor (EEUU).

Los riesgos son diferentes si se viaja a la Estación Espacial Internacional (ISS por sus siglas en inglés), a la Luna o al planeta rojo. Ubicada unos 400 kilómetros sobre la Tierra, la ISS es un centro de investigación en la órbita terrestre al que ya han acudido algunos turistas.

Para averiguar cómo afecta el espacio al organismo, los hermanos gemelos Mark y Scott Kelly participaron en el estudio Twins de la NASA. Tras una misión de un año en la estación —el doble de lo habitual—, los científicos compararon los parámetros físicos de Scott con los de Mark, que había permanecido en la Tierra.

Aunque la mayoría de los cambios biológicos que experimentó Scott en el espacio volvieron a sus niveles normales, conservó algunas anomalías. La más llamativa es su ADN. Los gemelos idénticos comparten el 100 % de la información genética, pero el espacio alteró esa similitud y ahora Mark y Scott comparten el 93 %.

Según los científicos, ese 7 % tiene que ver con cambios a largo plazo en genes relacionados con el sistema inmune, la reparación del ADN, redes de formación ósea, hipoxia (deficiencia de oxígeno en sangre) e hipercapnia (aumento de dióxido de carbono en la sangre arterial).

“Los resultados del estudio Twins llevan al optimismo, pero no hay que olvidar que se trata de un experimento orbital, por lo que no está completo en términos del impacto de la radiación, que es mucho más intensa en el espacio interplanetario”, puntualiza a OpenMind Viktor S. Kokhan, investigador del Instituto de Problemas Biomédicos de la Academia de Ciencias de Rusia.

Tomado de <https://bit.ly/2UMKbOv> (13/03/2019)

Laura Chaparro (1983). Periodista española.

Una carroña

Charles Baudelaire

¿Recuerdas el objeto que vimos, mi alma,
aquella hermosa mañana de estío tan apacible?
A la vuelta de un sendero, una carroña infame
sobre un lecho sembrado de guijarros,

las piernas al aire, como una hembra lúbrica,
ardiente y exudando los venenos,
abría de una manera despreocupada y cínica
su vientre lleno de exhalaciones.

El sol dardeaba sobre aquella podredumbre,
como si fuera a cocerla a punto,
y restituir centuplicado a la gran Natura,
todo cuanto ella había juntado.

Y el cielo contemplaba la osamenta soberbia
como una flor expandirse.
La pestilencia era tan fuerte que, sobre la hierba,
tú creíste desvanecerte.

Las moscas bordoneaban sobre ese vientre podrido,
del que salían negros batallones
de larvas, que corrían cual un espeso líquido
a lo largo de aquellos vivientes harapos.

Todo aquello descendía, subía como una marea,
o se volcaba centelleando.
Hubiérase dicho que el cuerpo,
inflado por un soplo indefinido,
vivía multiplicándose.

Y este mundo producía una extraña música,
como el agua corriente y el viento,
o el grano que un cosechador con movimiento rítmico,
agita y revuelve en su harnero.

Las formas se borraron y no fueron sino un sueño,
un esbozo lento en concretarse
sobre la tela olvidada, y que el artista acaba
solamente para el recuerdo.

Detrás de las rocas una perra inquieta
nos vigilaba con mirada airada,
espiando el momento de recuperar del esqueleto
el trozo que ella había aflojado.

—Y, sin embargo, tú serás semejante a esa basura,
a esa horrible infección,
estrella de mis ojos, sol de mi natura.
¡Tú, mi ángel y mi pasión!

¡Sí!, así estarás, oh reina de las gracias,
después de los últimos sacramentos,
cuando vayas, bajo la hierba y las floraciones crasas,
a enmohecerte entre las osamentas.

¡Entonces, ¡oh mi belleza!, dile a la gusanera
que te consumirá a besos,
que yo he conservado la forma y la esencia divina
de mis amores descompuestos!

Tomado de <https://bit.ly/2FjYyd> (20/12/2018)

Charles Baudelaire (1821-1867). Poeta, ensayista y traductor francés, reconocido por haber innovado la poesía del siglo XIX. Entre sus obras destacan *Las flores del mal*, *Los paraísos artificiales* y *Pequeños poemas en prosa*.

Del seguro contra robos de autos

Abdón Ubidia

El sistema funciona así: cuando el ladrón consigue entrar al automóvil —cosa por lo demás nada difícil— y se sienta frente al volante, unos dispositivos accionados electrónicamente traban las puertas y aseguran las ventanas. La operación puede o no ser silenciosa. El segundo paso sobreviene cuando el intruso trata de arrancar el motor. Entonces, sobre el tablero de los instrumentos

parpadea una luz roja. A continuación una voz grabada repite, cada treinta segundos, el mismo mensaje: “De aquí no podrá salir... De aquí no podrá salir”. Luego del tercer mensaje (esto ya ha sido computado), el ladrón, que ha insistido ya varias veces con el arranque, intenta huir. Pero, tanto puertas como ventanas están muy bien trabadas. No conseguirá abrirlas. Es cuando una aguja hipodérmica sale del asiento y le inyecta un preparado especial que le paraliza las piernas y le deja sin voz. Se ha establecido que, en un porcentaje muy alto de los casos, el ladrón —bajo el efecto de la droga—, cree que todo lo que ocurre no es otra cosa que una pesadilla. Para evitarle tal error, la misma grabación le explica los pormenores del asunto. Y así todo queda listo para el último paso que, por desgracia, es harto desagradable pero, sin duda, necesario. El espaldar y el asiento se corren hacia la derecha (en los modelos ingleses hacia la izquierda) dejando al descubierto un sistema de engranajes y émbolos entre los cuales el ladrón es perfectamente triturado, comprimido y disuelto en un poderoso ácido inodoro cuya fórmula es un secreto de la casa fabricante. Luego, asiento y espaldar retornan a su posición normal, de tal manera que el propietario cuando entre a su vehículo y lo ponga en marcha no encuentre un solo indicio de lo que ha ocurrido ahí. La casa fabricante garantiza que solo en un uno por ciento de los casos, el dispositivo confunde ladrón con propietario.

Tomado de Ubidia, A. (1992). *DivertInventos. Libro de fantasías y utopías*. Quito: Libresa.

Abdón Ubidia (Quito, 1944). Narrador, ensayista, antólogo y crítico literario. En la década de los sesenta fue parte del movimiento Tzántzico. Ha publicado las novelas *Ciudad de invierno*, *Sueño de lobos* y *La madriguera*.

El centinela (fragmento)

Arthur C. Clarke

Cuando nuestro mundo tenía la mitad de su presente edad, algo procedente de las estrellas pasó a través del Sistema Solar, dejó aquella señal de su paso, y prosiguió su camino. Hasta que la destruimos, aquella máquina seguía cumpliendo la misión de sus constructores; y en cuanto a esa misión, he aquí lo que yo presumo:

Hay cerca de cien mil millones de estrellas en el círculo de la Vía Láctea, y hace mucho tiempo que otras razas en los mundos de otros soles deben haber alcanzado y superado las alturas que nosotros hemos alcanzado. Pensad en tales civilizaciones, lejanas en el tiempo, en el resplandor mortecino que siguió a la Creación, dueñas de un Universo tan joven que la vida había llegado solamente a un puñado de mundos. De ellas hubiese sido una soledad que no podemos imaginarnos, la soledad de dioses que buscan a través del infinito, y que no encuentran a nadie con quien compartir sus pensamientos.

Debieron de haber estado buscando por los racimos de estrellas del modo que nosotros rebuscamos por entre los planetas. Debía de haber mundos por todas partes, pero debían de estar vacíos, o poblados de cosas rastreras y sin mente. Tal era nuestra propia Tierra, con el humo de sus grandes volcanes que manchaba aún su cielo, cuando aquella primera nave de los pueblos de la aurora llegó desde los abismos de más allá de Plutón. Pasó los helados mundos externos, sabiendo que la vida no podría desempeñar parte alguna en sus destinos. Se detuvo entre los planetas interiores, calentándose al calor del Sol y esperando que comenzasen sus historias.

Aquellos vagabundos debieron de haber contemplado la Tierra, que giraba en la estrecha zona entre el hielo y el fuego, y debieron de adivinar que era el favorito entre los hijos del Sol. Aquí habría inteligencia; pero tenían incontables estrellas delante de sí, y quizá nunca más volviesen por aquí.

Y así fue que dejaron un centinela, uno de los millones que han dispersado por todo el universo, para que vigilen los mundos con promesa de vida. Era un faro que, a través de las edades, ha venido señalando pacientemente el hecho de que nadie lo había descubierto.

Quizá comprenderéis por qué colocaron aquella pirámide de cristal sobre la Luna en lugar de sobre la Tierra. A sus constructores no les interesaban las razas que estaban aún luchando por salir del salvajismo. Solamente les interesaría nuestra civilización si demostramos nuestra aptitud para sobrevivir al espacio, escapándonos así de nuestra cuna, la Tierra. Ese es el reto con que todas las razas inteligentes tienen que enfrentarse, más tarde o más temprano. Es un reto doble, pues depende a su vez de la conquista de la energía atómica y de la última elección entre la vida y la muerte.

Una vez hubiésemos superado aquella crisis sería solamente cuestión de tiempo el que encontrásemos la pirámide y la abriésemos. Ahora habrán cesado sus señales, y aquellos cuyo deber sea este estarán dirigiendo sus mentes hacia la Tierra. Quizá deseen ayudar a nuestra joven civilización. Pero deben de ser muy, muy viejos, y los viejos tienen con frecuencia una envidia loca de los jóvenes.

No puedo nunca mirar la Vía Láctea sin preguntarme de cuál de aquellas compactas nubes de estrellas vendrán los emisarios. Si me perdonáis un símil tan prosaico, diré que hemos roto el cristal de la alarma de bomberos, y no nos queda más que hacer sino esperar. Y no creo que tengamos que esperar mucho.

Tomado de <https://bit.ly/2upVbFH> (20/03/2018)

Arthur C. Clarke (1917-2008). Escritor inglés de ciencia ficción. Su cuento *El centinela* dio origen a su novela 2001: *Una odisea en el espacio*, que fue llevada con mucho éxito al cine por Stanley Kubrick.

El poliovirus

Arthur Kornberg

De eso hace ya mucho tiempo; en verano, la escuela estaba cerrada, en la piscina azul, niños y niñas nadaban.

Rog, Tom y Ken, los tres hermanos, jugaban con el agua, y estaban muy sanos.

Pero Papá y Mamá no estaban tan contentos, el miedo a la polio les hacía estar atentos.

Un poco de tos, un simple estornudo, era ya motivo de preocupación, porque cada verano a los niños el virus atacaba sin contemplación.

El verano anterior, mil novecientos cincuenta y cuatro, era el año. A su vecino Steve la polio le hizo mucho daño.

Al principio parecía un resfriado, pero al día siguiente la cabeza le dolía y tomó una aspirina, ¡cuán inútilmente!

Los músculos de los brazos y piernas se pusieron tiesos,
y también le costaba respirar, ¿cómo avanzaría el proceso?

Fue necesario un pulmón de acero para hacerle respirar,
y solo con grandes cuidados se pudo curar.

Pero las piernas de Steve se paralizaron,
y aunque hizo ejercicio no se reforzaron.

—¿Qué es el poliovirus? —a su mamá preguntó Rog—
¿y cómo puede en nuestro cuerpo causar tanto dolor?

Al tragarlo, en el cuerpo el virus empieza a deambular;
pasa a la sangre y desde allí a los nervios se va a ocultar.
Los virus son muy pequeñitos y nunca pueden vivir ellos solitos.
Se multiplican en las células del nervio que les da cobijo
y cuando son miles las matan con gran regocijo.
Los músculos se atrofian cuando el nervio muere,
de pies a cabeza no hay ninguno que lo tolere.

—Pero ¿qué pasa con nuestro vecino Steve? —preguntó Ken.

—¿Puede al poliovirus tratar con desdén?

—Sí, para combatirlo ya está preparado,
con todos los anticuerpos que ha fabricado.

—¡Necesitamos anticuerpos! —urgía Tom.

—A los virus debemos prestar gran atención.

—Chicos, no os preocupéis, la polio se puede dominar,
existe una vacuna que al virus consigue matar.

—Y una vacuna, ¿qué es?

—¿Te hace enfermar?

—¿A la polio te ayuda a vencer?”

—En una vacuna, los microbios están debilitados
y nuestras células los eliminan con todo cuidado.

A hacer anticuerpos las células aprenden fácilmente
y eliminan a los poliovirus muy eficazmente.

¡Te saludo, vacuna de la polio, regalo de la ciencia!
Nos has ayudado ante la polio a tener resistencia.

Si toda la gente contra la polio se vacuna,
este virus ya no será amenaza ninguna.

Tomado de Kornberg, A. (2011). *Cuentos de microbios*. Barcelona: Reverté.

Arthur Kornberg (1918-2007). Escritor y bioquímico estadounidense, ganador del Premio Nobel de Medicina en 1959. Además de *Cuentos de microbios*, el único libro para niños que escribió, el doctor Kornberg es autor de numerosos libros de texto universitarios, una autobiografía y ensayos.

Acerca de la observación de los roedores

Celso Román

Llegaron diga usted el día miércoles a eso de las nueve de la mañana y parquearon frente a la casa de Marujita Nieto un microbús que se abría por los lados y quedaba como una casita lo más bonita. Sacaron mesitas y asientos y nos sonreían a los niños que nos amontonábamos a mirarlos. Después armaron un andamio a la orilla del caño del río Salitre y pusieron encima las cámaras fotográficas, los filmadores y los reflectores y esperaron la salida de las ratas. En este barrio, a la orilla del caño, hay ratas de todos los colores, pero con el ruido de la multitud, curiosa e impertinente, ninguna se atrevía a salir. Entonces en jerigonza le dijeron al muchacho que les hacía de guía e intérprete, que nos pidiera el favor de corrernos más para allacito que los señores vinieron desde el otro lado del mundo a tomarles fotos a las ratas amarillas, azules, rojas, verdes y moradas que se crían entre estos caños de aguas negras, entre la basura y el cieno de albañal de estos barrios, “por favor aléjense, señores agentes de policía ¿por

qué no colaboran con la ciencia y ayudan a que la gente se mueva un poquito y que hagan algo de silencio? Eso sí, gracias, más para allacito, gracias.”

Pero las ratas tampoco salían. Entonces sacaron los panes, el queso, los bizcochos y el jamón y los pusieron a la orilla del caño, en la boca de las troneras con que las ratas habían acribillado el terraplén de tierra del canal. El aire se llenó como de una nube de olores nunca antes imaginados, un aroma que nos revolvía las tripas y nos hacía tragar baba y cómo sería que hasta los policías se relamían con los ojos así de grandes y cuando un niño se bajó corriendo y agarró un bizcocho, fue como si la multitud se hubiera puesto de acuerdo en que no me joda, cómo vamos a darles a las ratas eso tan rico y en la bajada tambaleó el andamio y al agua llena de mierda fueron a parar los místeres con cámaras y luces. Los policías se hicieron los de la vista gorda cuando le caímos al microbús y sacamos todos esos quintales de comida que nunca podemos comer.

Ese mismo miércoles se fueron diga usted a las doce, refunfuñando y envueltos en la pestilencia de las aguas negras, quejándose de que con razón en este país no progresa la ciencia.

Tomado de Román, C. (2007). *Leer X leer, Textos para leer de todo, mucho y ya*. Buenos Aires: Editorial Universitaria de Buenos Aires.

Celso Román (1947). Escritor de textos para niños y jóvenes, poeta y médico veterinario colombiano. Entre sus obras están *El pirático barco fantástico y otros relatos*, *El maravilloso viaje de Rosendo Bucurú*, *La noche de los juguetes*, *El hombre que bajó la luna*, *El retorno de los colores*, entre otras.

Segunda inmersión

Antonia Torres

Llevarse de la vida solamente
algunos tesoros encontrados en la arena:
trozos flotantes, boyas de madera, brillantes colores,
conchas, caracoles
los restos que sobreviven de un desastre náutico
los pequeños tesoros reunidos
cada verano
dispuestos a lo largo de la costa
para descifrar el paisaje.

Cada piedra tiene aquí su correspondencia
sus concavidades en mordisqueadas rocas,
se coleccionan piezas, redes
en donde cada espacio vacío del rompecabezas
quema como la sal
en los surcos de las manos de los pescadores.

Solo restos,
pedazos dispersos de un libro benévolo
materia encontrada al azar para leer las señales,
el íntimo mapa de la existencia.

Tomado de <https://goo.gl/4duLdC> (13/03/2019)

Antonia Torres Agüero (1975). Escritora y periodista chilena. Entre sus obras destaca el poemario *Las estaciones aéreas*.

El movimiento... ¿se siente?

Aline Guevara

Cuando vamos en un coche, aceleramos, nos detenemos, pasamos por un bache... Sabemos que estamos en movimiento porque vemos que los objetos se van quedando atrás de nosotros. Pero no solo los ojos envían información al cerebro; también lo hace el oído. Dentro de este, hay una estructura llamada caracol que nos avisa sobre el estado de equilibrio del cuerpo.

El caracol tiene adentro un líquido y unos pelillos. Si en nuestro viaje pasamos por un bache o hacemos un movimiento brusco, el líquido del caracol se sacude y roza los pelillos. El roce se convierte en impulso nervioso. En tal caso, el cerebro entiende que el cuerpo se ha movido. Por eso, cuando nos enfermamos del oído, de paso sentimos mareo. Durante la enfermedad, el cerebro está confundido. Pero dejémoslo aquí, pues ésa no es la confusión que nos interesa... Mejor regresemos al recorrido en auto.

Imagina que vas en un coche que avanza dentro una densa neblina. La autopista es totalmente recta y pareja, sin baches ni protuberancias. Además, solo puedes avanzar a una única velocidad. El caracol de tu oído no podría registrar el movimiento del coche. Tus ojos no verían cómo se van quedando atrás los objetos mientras avanzas. Entonces tu cerebro interpretaría que el vehículo está detenido. No tendrías evidencia del movimiento. Una experiencia como esta puede vivirse durante un viaje en avión. Mientras el avión no cambie de dirección o se encuentre con alguna turbulencia, mientras no te asomes por la ventana para ver el paso de las nubes, parece como si el avión no se moviera.

El movimiento que no cambia de dirección ni de velocidad se llama inercial o movimiento no acelerado. Y un movimiento de ese tipo da la impresión de no ser movimiento. Moverse sin aceleración es como no moverse.

Tomado de Guevara Villegas, A. (2005). *Un viaje especial*. Mexico: Ediciones Castillo.

Aline Guevara Villegas (1974). Científica mexicana especialista en comunicación visual de la ciencia. Escribe textos y artículos, participa en programas de radio y en el desarrollo de acciones para llevar el saber científico y tecnológico a grandes sectores de la población.

La sopa y la entropía

Enrique Loedel

En su ignorar sin mancha de dos años,
ante un plato de sopa casi fría,
mi pequeño pretende que esperando
ha de irse la sopa calentando,
pues no le aflige en nada, todavía,
el que crezca sin tregua la entropía.
¡Y ojalá que por siempre lo ignorara!
¿Qué le importa saber que la energía
de tal y tal manera se degrada?
¿Para qué ha de saber que la entropía
no es más que un subrogado de la nada?
Preferible es vivir con alegría,
y esperar que la sopa, ingenuamente,
tan solo con deseárselo se caliente.

Tomado de <https://bit.ly/2Fs9r7r> (2019/02/25)

Enrique Loedel Palumbo (1901-1962). Físico uruguayo, conocido por sus influyentes libros para la enseñanza de la Física. Escribió el libro *Versos de un Físico. Física y razón Vital*, una obra poética dedicada a esta Ciencia.

**DISTRIBUCIÓN GRATUITA
PROHIBIDA SU VENTA**

Prohibida su comercialización

 @MinisterioEducacionEcuador

 @Educacion_EC

 /MinEducacionEcuador

 /EducacionEcuador

www.educacion.gob.ec ● 1800-EDUCACIÓN (338222)