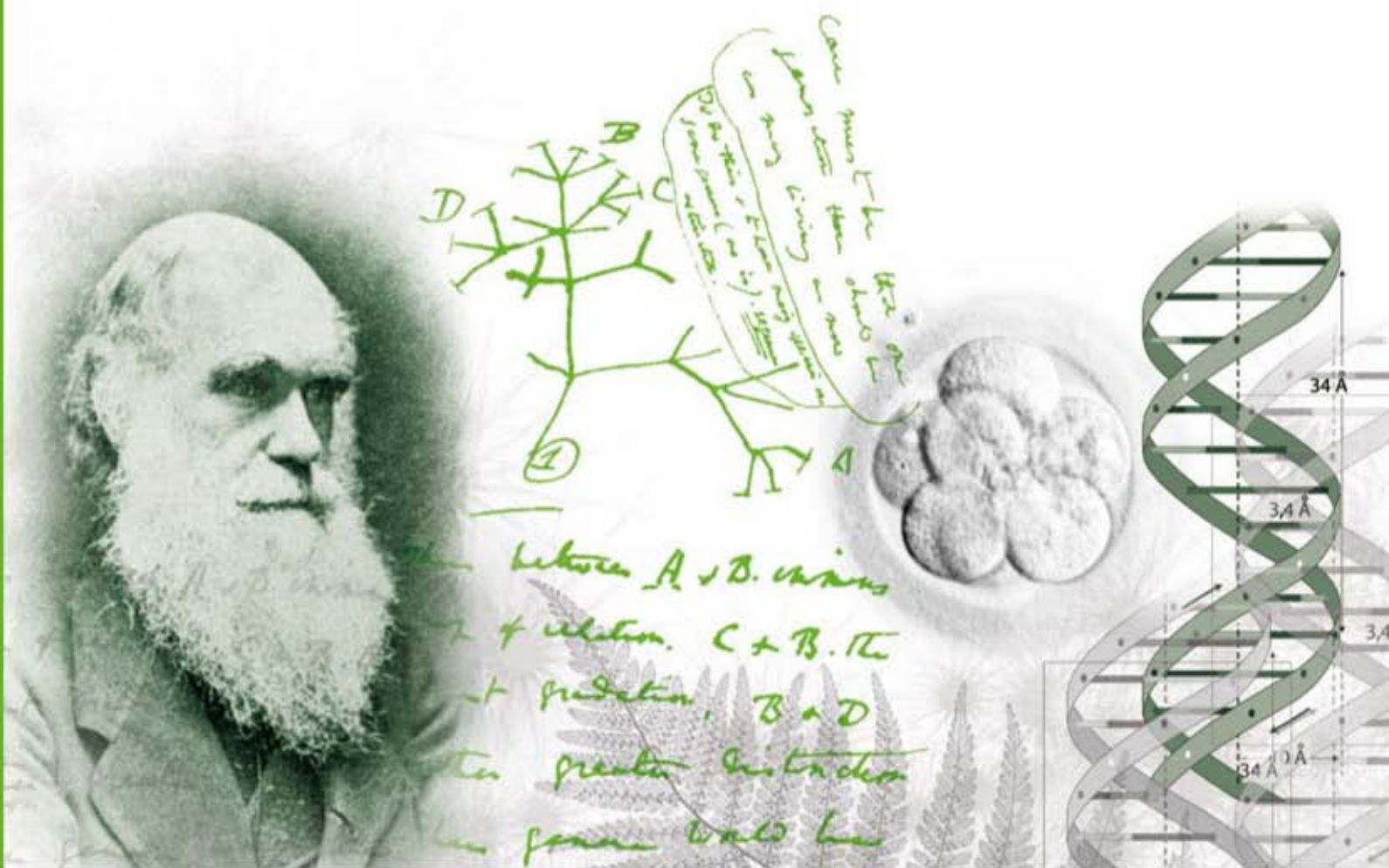


BIOLOGÍA



Presidenta de la Nación

Dra. Cristina Fernández de Kirchner

Jefe de Gabinete de Ministros

Dr. Aníbal Fernández

Ministro de Educación

Prof. Alberto E. Sileoni

Secretario de Educación

Lic. Jaime Perczyk

Jefe de Gabinete

A.S. Pablo Urquiza

Subsecretario de Equidad y Calidad Educativa

Lic. Gabriel Brener

**Directora Nacional de Fortalecimiento
y Ampliación de Derechos Educativos**

Lic. Luana Volnovich

BIOLOGÍA



Presidencia
de la Nación

Ministerio de
Educación



FINES

BIOLOGÍA

Coordinadora Pedagógica de la Dirección Nacional de Fortalecimiento
y Ampliación de Derechos Educativos
Paula Grad

Dirección Nacional de Gestión Educativa
Directora: Delia Méndez

Coordinadora de Áreas Curriculares
Cecilia Cresta

Autoría: Verónica B. Corbacho, Lucía D. Galotti, Antonio Gutierrez
Supervisión de contenidos y lectura crítica: Nora Bahamonde, Mariana Rodriguez
Lectura pedagógica: Cecilia Bertrán
Coordinación autoral: Florencia Zyssholtz

Coordinador de Materiales Educativos
Gustavo Bombini
Subcoordinadora: Alicia Serrano
Responsable de publicaciones: Gonzalo Blanco
Edición: Fernando Schneider
Diseño y diagramación: Verónica Codina, Rafael Medel López y Leda Rensin
Producción de archivos históricos: Belén Noceti
Ilustración: Mariano Pais y Diego Vaisberg

© 2015, Ministerio de Educación de la Nación
Pizzurno 935, CABA
República Argentina
1ª edición: julio de 2015
Hecho el depósito que marca la ley 11.723

Argentina. Ministerio de Educación de la Nación
Biología. - 1a ed. - Ciudad Autónoma de Buenos Aires : Ministerio de
Educación de la Nación, 2015.
212 p. : il. ; 29x21 cm.

ISBN 978-950-00-1092-4

1. Enseñanza Media. 2. Educación de Adultos.
CDD 373

Fecha de catalogación: 22/05/2015

BIOLOGÍA

Estudiante:

¿CÓMO ES ESTE LIBRO?

A lo largo del módulo Biología, usted irá encontrando diversos elementos que lo ayudarán a estudiar, relacionar e integrar los temas que en él se desarrollan. Cada una de estas herramientas didácticas se encuentra destacada mediante un ícono. Los distintos íconos que aparecen en el módulo son:



ACTIVIDAD



SABÍA QUE...



ACTIVIDAD INTEGRADORA



RECOMENDACIONES
(de películas, canciones, libros)



MÁS INFO



FRAGMENTOS (de textos, notas
periodísticas y diversas fuentes)

ÍNDICE

Parte 1: Diversidad y unidad de los seres

vivos: el caso del organismo humano 9

Introducción 10

¿Cómo estudiamos el
organismo humano? 10

El organismo humano: una máquina
o un sistema 10

El cuerpo humano como sistema abierto 12

Unidad 1: La función de nutrición

en el organismo humano 13

¿En qué consiste la función de nutrición? .. 14

El sistema digestivo 15

El tubo digestivo y las glándulas anexas ... 16

El proceso digestivo 16

Requerimientos nutricionales en el
organismo humano 20

El sistema respiratorio 22

Algunos conceptos básicos: respiración,
ventilación e intercambio gaseoso 22

El recorrido del aire 23

El intercambio gaseoso 24

Cómo ingresa el aire a los pulmones 25

El sistema circulatorio 26

Estructura del sistema
circulatorio humano 26

Funcionamiento del sistema
circulatorio humano 27

Componentes del sistema circulatorio . 28

¿Cómo circula la sangre? 30

Excreción en el organismo humano 32

Componentes del sistema
urinario humano 32

Formación de la orina 33

Unidad 2: La función de relación y control

en el organismo humano 37

¿Cómo controla el organismo los
procesos que ocurren en su interior? 38

El sistema nervioso 41

¿Cómo se organiza el sistema nervioso? .. 42

¿Cómo funciona el sistema nervioso? .. 45

El sistema endocrino 46

Glándulas endocrinas y sus funciones 48

Sistema inmune 49

Inmunidad natural 50

Inmunidad específica 51

Inmunidad artificial 51

El sistema osteoartromuscular 53

Estructura y funcionamiento del
sistema osteoartromuscular 53

Subsistema óseo 54

Composición de los huesos 55

Subsistema muscular 56

Estructura y tipos de los músculos 56

Subsistema articular 57

Unidad 3: La función de reproducción

en el organismo humano 61

¿Cómo se mantiene la continuidad
de la especie? 62

El sistema reproductor humano 62

Sistema reproductor masculino 62

Desarrollo sexual y regulación
hormonal masculina 64

Formación de gametas masculinas 64

Sistema reproductor femenino..... 65

Desarrollo sexual y regulación
hormonal femenina 66

Hormonas femeninas y ciclo menstrual .. 67

Fecundación y embarazo 69

Sexualidad y salud 71

Planificación y derechos reproductivos ... 71

¿Qué factores son importantes para
ejercer plenamente la sexualidad? 73

Unidad 4: Los seres vivos y la diversidad

funcional y estructural 77

El porqué de la clasificación 78

¿Cómo funcionan los seres vivos? 81

La obtención de energía, su uso
y aprovechamiento 81

Reproducción 83

La función de autorregulación
en los seres vivos 84

La función de relación en los seres vivos .. 84

Parte 2: Biología molecular y genética.	
Aplicaciones biotecnológicas	87
Introducción	88
Unidad 5: ADN, genes, fenotipo y ambiente ..	89
Las características de los organismos: genes y ambiente	90
No somos nuestros genes. El papel del ambiente	94
Gregor Mendel y los primeros pasos en la genética moderna	98
¿En que consistieron sus investigaciones?	98
Los rasgos de los organismos se relacionan con las proteínas	100
Unidad 6: El camino hacia el ADN	105
Las primeras evidencias que relacionan genes y proteínas	106
Los genes están en los cromosomas: la teoría cromosómica de la herencia	108
Algunas evidencias acerca de la localización de los genes	108
¿Cuál es la composición de los genes?	
¿ADN o proteínas?	111
Los neumococos de Griffith: las bacterias pueden transformarse	112
Las investigaciones de Oswald Avery	114
Las experiencias de Hershey y Chase con virus bacteriófagos	115
Unidad 7: Un modelo para el ADN	117
Las reglas de Chargaff	118
Hacia el modelo de la doble hélice	120
El modelo de Watson y Crick	125
El ADN, el ARN y las proteínas son polímeros	127
Unidad 8: El flujo de la información genética	129
El dogma central de la biología molecular	130
El código genético	132
Las mutaciones modifican el mensaje	135
Las tecnologías de ADN recombinante también pueden modificar el mensaje de manera artificial	137
Las tecnologías de ADN recombinante. La producción de la insulina humana ...	138
Unidad 9: La ingeniería genética en plantas y animales	143
La biotecnología en la agricultura	144
Animales transgénicos	146
Salmones e ingeniería genética	148
¿Clonar organismos? Clonación y genética animal	149
Riesgos y beneficios. ¿Se regulan los productos biotecnológicos?	152
Unidad 10: Genética, salud y sociedad	155
Secuenciar ADN	156
Proyecto Genoma Humano	156
Diagnóstico médico	157
Cura de enfermedades. Terapias génicas ..	159
La tecnología del ADN como herramienta para la medicina forense	162
La fertilización asistida	164
La genética y las Abuelas de Plaza de Mayo ..	166



Parte 3: Evolución	168
Introducción	170

Unidad 11: El ambiente y las adaptaciones de los seres vivos	171
Los cambios en los ambientes	172
Los seres vivos en ambientes cambiantes	173
Temperatura y humedad	174
Las adaptaciones de los seres vivos	175
Una simulación de selección natural	177
Poblaciones y especies	180
La biodiversidad en la biosfera	182
A modo de síntesis	183

Unidad 12: El origen de las especies	185
Procesos de especiación	186
Antes del cigoto	187
Después del cigoto	188
¿Consecuencia o factor determinante?	190
Modelos para el origen de las especies	191
¿Dónde va la evolución de las especies?	
Un análisis sobre los modos en que vemos la naturaleza	198
La naturaleza y los métodos	199
Los métodos cambian	202
Los reyes de la clasificación	204
La evolución del hombre	205



PARTE 1

Diversidad y unidad de los
seres vivos: el caso del
organismo humano

INTRODUCCIÓN

¿Cómo estudiamos el organismo humano?

El estudio de los seres vivos, y especialmente del organismo humano, ha preocupado a la ciencia desde la antigüedad. En documentales, artículos de divulgación científica o revistas seguramente hemos visto que la biología como ciencia estudia los organismos y en muchos de ellos se muestra cómo trabajan los científicos. Los modos de estudiar a los seres vivos han cambiado con los avances del conocimiento científico y tecnológico. Sin remontarnos tan lejos en la historia de la ciencia, la invención del microscopio, en el siglo XVII, los nuevos métodos de diagnóstico y tratamiento de la medicina, pero también las formas de entender el conocimiento científico, la sociedad y la cultura, han modificado los modos en los que trabajan los científicos.

En esta unidad estudiaremos particularmente al organismo humano, sin dejar de considerar que este es uno más en la diversidad de la vida. Biológicamente hablando, los seres humanos somos seres vivos y pertenecemos a la especie *Homo sapiens*, dentro del grupo de los mamíferos, el cual a su vez integra el grupo de los cordados, uno de los más importantes del reino animal.



EL ORGANISMO HUMANO: UNA MÁQUINA O UN SISTEMA

Muchas veces nuestro organismo es concebido y estudiado como si estuviera organizado en diferentes estructuras o aparatos, tal como si fuera una máquina formada por engranajes y mecanismos, que funcionan independientemente unos de otros. Esta mirada tiene su fundamento en el siglo XVII, en una cosmovisión o postura filosófica que tuvo su influencia en la biología y que se conoce con el nombre de **mecanicismo**.

En la actualidad esta visión está superada por una **perspectiva sistémica**, la cual implica estudiar la estructura y el funcionamiento de nuestro cuerpo pensándolo como un sistema, para facilitar su comprensión. Podríamos preguntar por qué es útil esta forma de estudiar los seres vivos, ante lo cual muchos autores coincidirían que estudiar los organismos como sistemas nos permite entenderlos como una complejidad, analizar sus partes pero también estudiarlos como un todo, teniendo en cuenta las interacciones que se producen tanto en el interior del organismo como entre este y el medio externo.



Un perro y un avión son sistemas, dado que están formados por diferentes componentes que interactúan entre sí.



¿Qué es un sistema?

Un sistema es todo ente físico o mental constituido por un conjunto de componentes que mantienen interacciones entre sí. Presenta una organización que regula los cambios, de modo de mantener su identidad. Son sistemas, por ejemplo, un átomo, el universo, una célula, una maquinaria, una unidad, el álgebra, una composición musical, la economía, el cuerpo humano, una pintura.

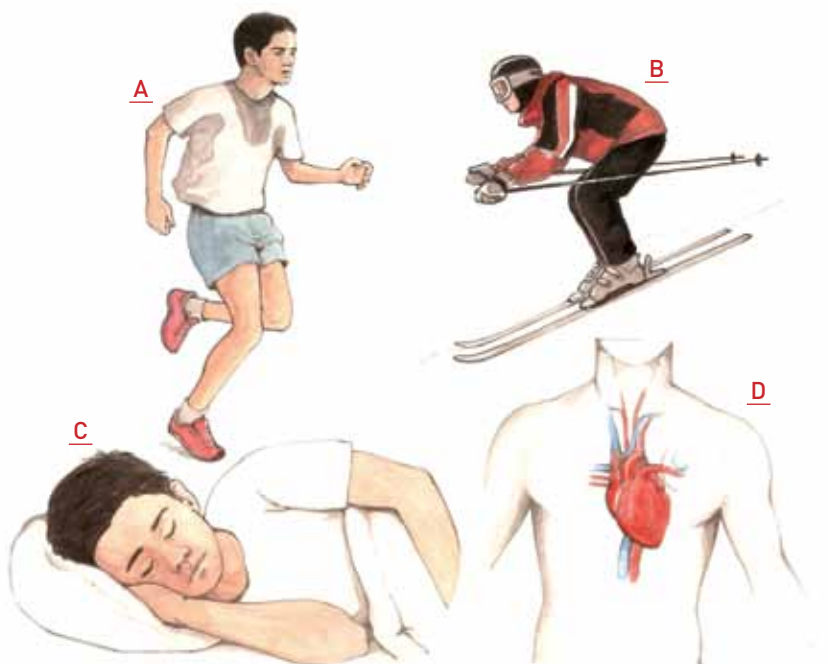
(Pedro Cañal, 2008)

Resulta sumamente importante aclarar que un sistema no tiene existencia real sino que lo constituimos y definimos para su estudio. Así, por ejemplo, si quisiéramos estudiar el ojo, una célula, el sistema digestivo o una máquina eléctrica, debemos definir qué forma parte del objeto o fenómeno y qué es su entorno. Queda claro con esto que los límites del sistema son arbitrarios, es decir que son definidos por las personas.



ACTIVIDAD

1. Presentamos a continuación unas imágenes que representan sistemas. Le pedimos que las analice y luego responda las preguntas planteadas. Es importante hacerlo por escrito para luego discutirlo con los demás estudiantes.



Imágenes de distintas entidades que se consideran sistemas. Los casos A, B y C y corresponden al organismo humano, el D al corazón.

- a. ¿Cuáles representarían los sistemas en cada caso? ¿Y el entorno?
- b. ¿Cuáles serían sus componentes?
- c. Enuncie algunas interacciones que crea que se producen entre el sistema estudiado y el medio. ¿Qué sustancias ingresan y egresan del sistema?

El cuerpo humano como sistema abierto

Como se puede deducir del análisis de las imágenes, en todos los casos hay ingreso de materiales, energía e información. Por ejemplo en las imágenes A, B y C el sistema, o mejor dicho la estructura natural compleja que puede ser analizada como sistema es el organismo humano, y sus componentes son los subsistemas, órganos y funciones que se desarrollan en él. La diferencia en el funcionamiento radica sobre todo en las variaciones en el medio interno que provocan las actividades que realiza, los requerimientos e información del entorno y los materiales que ingresan o salen del sistema. Entre las semejanzas vemos que en todos los casos ingresa y sale aire, se requieren nutrientes para proveer de materiales y energía, el corazón late, y provee de nutrientes para las reacciones metabólicas que se producen en el organismo. Como diferencias, en la imagen A el sistema elimina energía como calor, en cambio en la figura B evita su pérdida, en ambos casos para mantener la temperatura dentro de un rango.

En el caso de la imagen del corazón (figura D), este sistema podría formar parte de cualquiera de los anteriores y su funcionamiento y los intercambios dependerán de las actividades y la situación en la que se encuentra el organismo al que pertenece.

Podemos definir al **ser humano** como un **sistema abierto**, pues **intercambia materia, energía e información** con el medio o ambiente externo.

UNIDAD 1

La función de nutrición en
el organismo humano

¿EN QUÉ CONSISTE LA FUNCIÓN DE NUTRICIÓN?



Los diferentes alimentos contienen distintas proporciones de cada uno de los nutrientes.

En la biología el lenguaje es muy específico, por eso, términos que en la vida cotidiana tienen cierto significado, no expresan la misma idea en el contexto de esta ciencia. Un ejemplo es el término **nutriente**. En general los nutrientes son comprendidos como alimentos, es decir sustancias relacionadas con el sistema digestivo que cumplen diferentes funciones en el organismo. Los nutrientes presentes en los alimentos son los **hidratos de carbono** o glúcidos, los **lípidos** y las **proteínas**. Pero este término también puede considerarse más ampliamente e incluir como nutrientes el oxígeno, el agua y, en las plantas, el dióxido de carbono.

- **Hidratos de carbono:** son nutrientes que aportan energía al organismo mucho más rápidamente que los demás. También se los conoce como carbohidratos, glúcidos o azúcares. Están conformados principalmente por átomos de carbono, hidrógeno y oxígeno.

- **Proteínas:** estos nutrientes intervienen en la construcción del organismo y en la reparación de órganos o tejidos dañados. Corresponden a la mitad del peso del cuerpo, sin agua. Están formados por carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno.

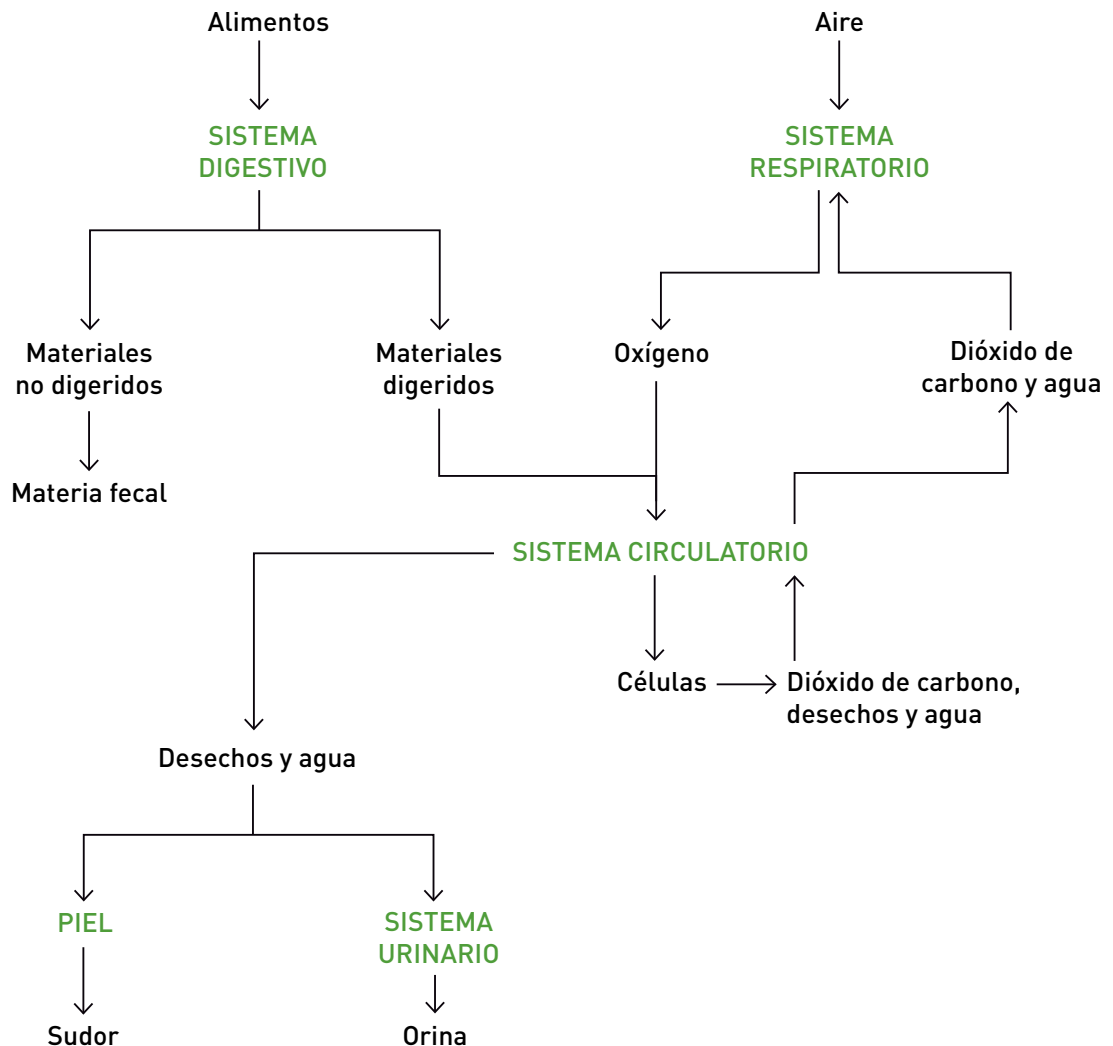
- **Lípidos:** son nutrientes insolubles en agua, presentan gran diversidad de estructuras, forman parte de estructuras, actúan como aislante y reservan energía.

Como ocurre con la palabra nutriente, el término **nutrición** describe más que lo relacionado con los alimentos, y la **función de nutrición** incluye un conjunto de procesos mediante los cuales ingresan materiales a través del sistema respiratorio y digestivo, se transforman y se realiza el transporte hasta las células. Esos materiales se usan para obtener energía o en la síntesis de sustancias para el organismo. En las células, estos materiales intervienen en las actividades metabólicas, que en conjunto se conocen como **metabolismo celular**. Se trata de la totalidad de las reacciones químicas que ocurren permanentemente en las células y sustentan la vida. Estas reacciones pueden ser **de degradación** o **anabólicas** (reacciones de ruptura: moléculas complejas se rompen para obtener moléculas sencillas y se libera energía) y **de síntesis** o **catabólicas** (se construyen sustancias complejas a partir de otras más sencillas, con gasto de energía).

Como consecuencia del metabolismo celular se producen diferentes **desechos**, principalmente el gas dióxido de carbono y los productos nitrogenados. El desecho nitrogenado producido por los humanos es la urea, que es uno de los componentes de la orina y es el resultado de la degradación de proteínas.

La función de nutrición en el organismo humano, como en casi todo el resto de los animales vertebrados, es llevada a cabo por cuatro sistemas de órganos: el sistema digestivo, el sistema circulatorio, el sistema respiratorio y el sistema excretor, compuesto principalmente por el sistema urinario, aunque órganos de otros sistemas, como la piel, también cumplen con la función de eliminar sustancias de desecho del metabolismo celular.

El siguiente organizador conceptual presenta los sistemas de la nutrición y establece las relaciones entre ellos, por lo que permite visualizar el panorama general de la función de nutrición en el cuerpo humano.



EL SISTEMA DIGESTIVO

Como mencionamos que el proceso de nutrición involucra diferentes órganos y procesos, para su estudio comenzaremos con aquellos que se agrupan en lo que conocemos como sistema digestivo.

La naturaleza presenta una gran biodiversidad y algunos seres vivos toman los nutrientes directamente del entorno que los rodea. En el caso del ser humano, como en otros mamíferos, una de las dificultades que hay que resolver es el ingreso de los nutrientes, su procesamiento y su distribución hasta todas las células. Entonces el primer problema que enfrentamos es comprender cómo se transforma el alimento ingerido en materiales que puedan absorberse para luego distribuirse, y dónde se producen esos procesos.

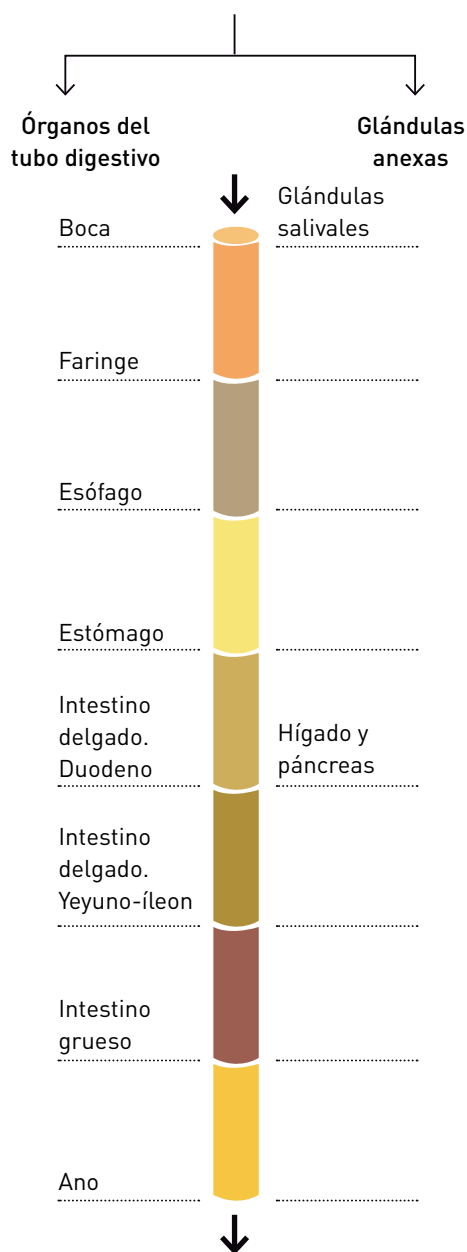


ACTIVIDAD

2. Consiga una cartulina, y realice la siguiente actividad en grupo.
 - a. Haga un esquema del tubo digestivo según lo que recuerde y nombre los órganos. No busque información en otras fuentes.
 - b. Recorte o dibuje 10 cuadrados azules y 10 verdes de 1 cm de lado.
 - c. Considerando que los cuadrados azules representan el agua y los verdes una galleta, péguelos en el esquema representando el recorrido y los órganos por los que pasan.
 - d. Liste el recorrido seguido y discuta la respuesta con sus compañeros.

El tubo digestivo y las glándulas anexas

Esquema general del sistema digestivo



El proceso digestivo involucra una serie de pasos que experimentan los alimentos como mezcla, trituración, maceramiento y disolución. La digestión también requiere de enzimas (proteínas que aceleran la velocidad de las reacciones químicas y participan en todos los procesos metabólicos celulares) y otros compuestos que degradan sustancias, del transporte de los nutrientes hacia las zonas de absorción y finalmente de la eliminación de las porciones no digeridas del alimento.

El desarrollo de la secuencia de pasos se logra porque los órganos del sistema digestivo se ubican a lo largo de un tubo continuo que se conoce como **tubo digestivo**. Este conducto está integrado por un orificio de entrada: la **boca**; una continuidad de órganos como la **faringe**, el **esófago**, el **estómago**, el **intestino delgado** y el **intestino grueso** y un orificio de salida: el **ano**. Además, tres glándulas producen secreciones que se vierten al tubo digestivo. Estas glándulas se denominan **glándulas anexas**, y son las **glándulas salivales**, el **hígado** y el **páncreas**. Un error muy común es pensar que los alimentos ingresan en ellas, pero no es así pues no pertenecen al tubo digestivo.

El proceso digestivo

El **proceso digestivo** comienza con el ingreso de los alimentos en la **boca**. En este órgano ocurre tanto la ingestión de los alimentos como el comienzo de la digestión. La **ingestión** es la acción por la que el alimento ingresa al tubo digestivo. La **digestión** en la boca involucra procesos físicos y químicos. Entre los procesos químicos podemos mencionar la degradación del almidón, presente en muchos alimentos de origen vegetal como semillas y frutos, por acción de la enzima amilasa salival. Los procesos físicos son los que realizan los dientes y la lengua, que trituran, muelen y mezclan los alimentos con la saliva. La lengua además participa en la deglución, es decir, en el pasaje del alimento de la boca a la faringe.



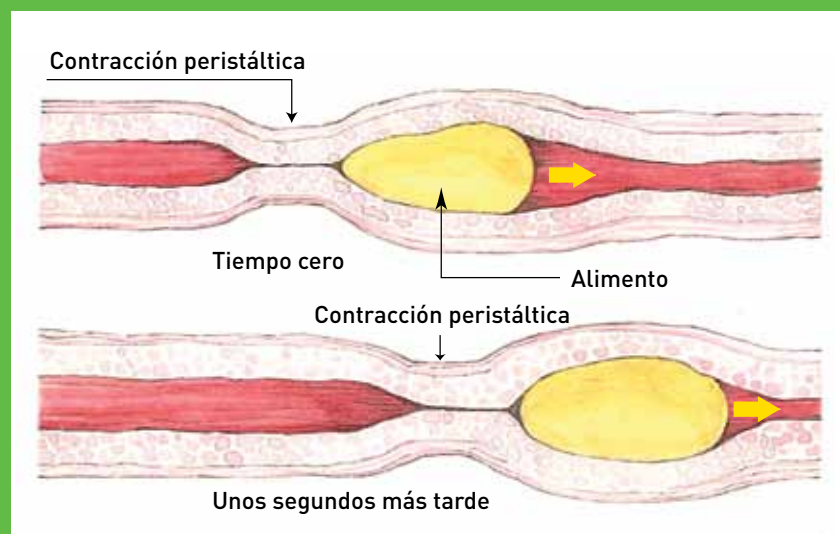
Los perros por su dieta carnívora carecen de enzimas digestivas en la saliva. Es por ello que alimentos como los cereales, por ejemplo, maíz, arroz, trigo, no llegan a digerirse completamente, expulsándose en grandes volúmenes de materia fecal. Los humanos al poseer una dieta omnívora, tenemos amilasa salival que produce la pre-digestión de hidratos de carbono antes de pasar al estómago.

Una vez que los alimentos son deglutidos, pasan a la **faringe**, que participa en la etapa final de la **deglución**, y luego son conducidos al **esófago**, que es un tubo de paredes musculares cuyo movimiento **transporta** el alimento o bolo alimenticio al estómago.

Una vez que los alimentos llegan al **estómago** comienza la digestión de las proteínas, y de lípidos en menor cantidad. El estómago es un órgano hueco, de paredes musculares y que posee una mucosa que forma la capa interior, con células secretoras de mucus y jugo gástrico. El estómago presenta dos "válvulas" a la entrada y salida, llamadas cardias y píloro. El cardias está en la parte superior y evita el reflujo del contenido gástrico al esófago y el píloro regula el pasaje hacia el intestino delgado.



La **peristalsis** o movimientos peristálticos son aquellos movimientos de las paredes de los órganos del tubo digestivo que se producen por la contracción involuntaria de sus músculos. Estos movimientos permiten que el alimento circule a través del tubo debido a la contracción y relajación alternada de los músculos de las paredes de los órganos, en dirección de la boca al ano.



Esquema del movimiento peristáltico.

Las paredes del estómago secretan **jugo gástrico** que posee enzimas, **ácido clorhídrico** y **moco**, este último protege de la acción de los ácidos segregados por las células secretoras. Estos ácidos son irritantes y en los lugares donde se produce un adelgazamiento de la capa de moco pueden producir úlceras.

Los alimentos permanecen en el estómago aproximadamente de 1 a 4 horas, dependiendo de sus componentes y su estado. Los líquidos se degradan más rápidamente. Los movimientos musculares en el estómago mezclan los alimentos con las enzimas y ácidos, y facilitan la digestión.

El resultado de la digestión en el estómago es una mezcla de materiales llamada **quimo** en la que ya se han degradado proteínas, algunos lípidos, se ha reducido el tamaño y se han obtenido materiales más sencillos.

Una vez finalizada la digestión en el estómago los alimentos pasan al **intestino delgado** que se compone de tres regiones diferentes morfológica y funcionalmente. La primera porción del intestino delgado se denomina **duodeno**, tiene forma de C y recibe las secreciones del hígado y el páncreas, que finalizarán la digestión de los alimentos provenientes del estómago. El hígado secreta **bilis**, una sustancia verdosa, formada por sales biliares que emulsionan las grasas, es decir las dividen en porciones más pequeñas. Su acción no es química, sino que actúa como detergente, separando en gotas más pequeñas de sustancias grasas.

El **páncreas** secreta **jugo pancreático** que tiene dos funciones, disminuye la acidez del contenido que viene del estómago, para que no se lesionen las paredes del tubo digestivo y posee enzimas que actúan sobre las grasas “desintegradas” por la bilis y sobre los azúcares más complejos. Así en el **duodeno** se completa la mayor parte de los procesos digestivos y en el yeyuno-íleon se produce la absorción de los nutrientes.



Diferencias entre digestión química y mecánica

La **digestión mecánica** consiste principalmente en la trituration o ruptura y mezcla de los alimentos y los movimientos rítmicos de las paredes de los órganos. Es un proceso físico o mecánico donde no se produce un cambio en la composición química de los alimentos. La acción de la bilis es un proceso físico, pues se obtienen grasas de menor tamaño más fácilmente degradables. Lo mismo ocurre con la acción de los dientes que muelen el alimento.

Por otro lado, la **digestión química**, involucra el cambio en la composición de los alimentos y se produce por la acción de ácidos y enzimas. Las proteínas se degradan a sus componentes, los aminoácidos; los hidratos de carbono complejos como el almidón a hidratos más simples y los lípidos a ácidos grasos y glicerol.



ACTIVIDAD

3. Construya un cuadro en el que compare la digestión química y la mecánica. Le proporcionamos un modelo que puede completar con otras características.

Proceso Características	Digestión química	Digestión mecánica
Órganos en los que se produce		
Sustancias sobre las que actúa		
Sustancias producidas		
Ejemplos		

Una vez finalizada la digestión comienza el proceso de **absorción de nutrientes** que se lleva a cabo en la segunda y tercera porción del **intestino delgado**. La superficie interna de este órgano, presenta prolongaciones en forma de dedos, llamadas **microvellosidades** que aumentan la superficie de absorción. Allí llega la mezcla de los nutrientes disueltos en agua y pasan del interior del tubo a los vasos sanguíneos que rodean las paredes externas del intestino. Los nutrientes que se absorben en el yeyuno-íleon son la glucosa y otros monosacáridos, los aminoácidos y minerales tales como el hierro y el calcio, el magnesio y las vitaminas e ingresan en el sistema circulatorio por los capilares sanguíneos. Los productos de la digestión de los lípidos y algunas vitaminas ingresan en el **sistema linfático** (sistema de circulación complementario del cardiovascular, cuyos vasos se ramifican hasta formar capilares linfáticos cerrados en su extremo final, que recorren el cuerpo) y luego pasan a la sangre.

Una vez recorridos los aproximadamente 6 metros de intestino delgado, las sustancias no absorbidas pasan al **intestino grueso**, que tiene menos longitud pero mayor diámetro, aproximadamente 7 cm, de allí su denominación de “grueso”.

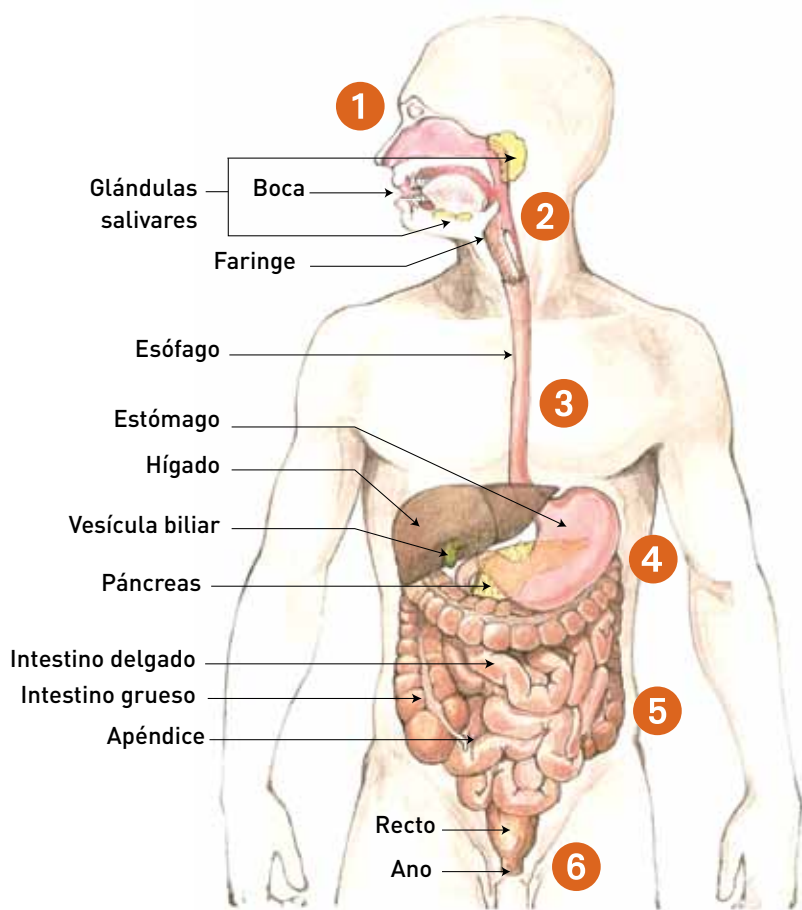
En él se absorben: la mayor parte del agua, algunas sales y se sintetizan algunas vitaminas como resultado de la acción de bacterias que viven en el interior del intestino y se conocen como la flora intestinal.

Al finalizar el paso por este órgano se obtiene una mezcla de consistencia semisólida que contiene las **sustancias no digeridas** durante el proceso digestivo que recibe el nombre de heces, o materia fecal. Estas sustancias son eliminadas mediante un proceso que se llama **egestión**.



ACTIVIDAD

4. Le presentamos a continuación una imagen del sistema digestivo con los órganos y una síntesis de sus funciones. Recupere el esquema que realizó en la actividad 2 de esta unidad y compare la información con la que te provee esta imagen y el texto. Luego, realice una breve descripción del recorrido del agua y la galleta indicando además de los órganos por los que pasa y los procesos que experimenta.



1. Ingestión y digestión. Ingresan los alimentos, que son triturados por los dientes y mezclados con la saliva por acción de la lengua. Se forma el bolo alimenticio.
2. Deglución. El bolo alimenticio es deglutido o tragado.
3. Transporte. El bolo alimenticio es conducido al estómago.
4. Digestión. Los alimentos se transforman en nutrientes sencillos por la acción de los jugos digestivos del estómago, el intestino delgado, el hígado y el páncreas.
5. Absorción de nutrientes. Los nutrientes son absorbidos en el intestino delgado.
6. Egestión. Las porciones no digeridas del alimento forman la materia fecal y se eliminan al exterior a través del ano.

Requerimientos nutricionales en el organismo humano

Los nutrientes son las sustancias que el organismo requiere para cumplir con dos tipos de funciones: estructural y fisiológica. Se puede establecer una analogía entre los nutrientes y su **función estructural** con una casa en construcción. Los hidratos de carbono, los lípidos y las proteínas poseen funciones estructurales dado que forman parte de diferentes estructuras de las células, es decir actúan como los ladrillos, el cemento y los hierros. La **función fisiológica** se relaciona con los procesos metabólicos, por ejemplo al ser fuente de energía para los procesos celulares. Continuando con la analogía de la construcción, podemos pensar en la energía eléctrica requerida para las máquinas o en el trabajo humano. Ambas funciones son **complementarias** y están íntimamente **relacionadas**.



Las plantas, como el pasto, tienen gran cantidad de celulosa, un hidrato de carbono que no pueden digerir las personas, pero sí otros animales, como la vaca o el caballo.

En el interior de las células, algunos nutrientes como la glucosa constituyen la principal fuente de energía, que se obtiene durante la respiración celular, el principal proceso de obtención de energía. También tienen función energética la fructosa y la lactosa. Estos compuestos pertenecen al grupo de los **hidratos de carbono** junto con el glucógeno, el almidón o la celulosa presentes en plantas. El almidón actúa como reserva energética en las plantas y el glucógeno en los animales. La celulosa tiene función estructural en las plantas.

El segundo tipo de nutrientes comprende a los **lípidos** que actúan como reserva energética, protección de órganos, impermeabilizante, y componentes de las membranas de las células entre otras funciones.

El tercer grupo de nutrientes son las **proteínas** que tienen múltiples funciones en el organismo. Las proteínas participan en numerosos procesos metabólicos, como el caso de las enzimas, que mencionamos en el proceso digestivo y forman parte de estructuras como hormonas, músculos, huesos, membranas celulares.

El cuerpo requiere también minerales y vitaminas. Los **minerales** que actúan en procesos metabólicos como la producción de energía (fósforo) o la contracción muscular (calcio, magnesio) y en la composición de estructuras como huesos (calcio) o la hemoglobina de los glóbulos rojos (hierro). Las **vitaminas** regulan numerosas actividades del organismo; por ejemplo, la **vitamina C** participa en los procesos de defensa del organismo y en la formación de cartílagos y huesos. Las vitaminas del **complejo B** intervienen en el crecimiento, en la regeneración de la piel y en la maduración de glóbulos rojos.



ACTIVIDAD

- Halle la correspondencia entre los siguientes nutrientes y su función. Coloque un título a cada columna.

Agua	Regulan la velocidad de las reacciones químicas, son el componente estructural de órganos y tejidos
Proteínas	Da el medio químico para las reacciones químicas. Disolvente
Lípidos	Actúan como integrantes de compuestos y regulan funciones metabólicas
Hidratos de carbono	Son la reserva de energía, protegen e impermeabilizan
Vitaminas	Proveen de energía a la célula, pueden actuar como reserva
Minerales	Actúan como integrantes de compuestos y regulan funciones metabólicas

EL SISTEMA RESPIRATORIO

Como hemos visto al comienzo de la unidad, además de los nutrientes que ingresan a través del tubo digestivo también necesitamos el oxígeno, que es fundamental para la obtención de la energía contenida en los nutrientes mediante la respiración celular.

Del mismo modo que ocurre en nuestra vida cotidiana para obtener energía del gas, la nafta, el carbón o la leña nuestro cuerpo necesita del oxígeno para oxidar la glucosa y obtener el mayor rendimiento energético.

Este elemento químico está presente en el aire e ingresa a nuestro cuerpo a través de los órganos del sistema respiratorio, por ello describiremos las estructuras que lo componen y su funcionamiento, para lo cual es necesario previamente aclarar algunos conceptos básicos acerca de la respiración.

Algunos conceptos básicos: respiración, ventilación e intercambio gaseoso

Como mencionamos en la introducción de esta parte, una dificultad para la comunicación en ciencias es la polisemia, es decir que muchas palabras tienen un significado en la vida cotidiana y otro para la ciencia, y esto se transforma en un problema cuando no lo aclaramos adecuadamente. Este es el caso de términos como, ventilación, intercambio gaseoso y respiración. Brevemente vamos a sintetizar las diferencias entre los tres conceptos, los dos primeros los desarrollaremos ampliamente a continuación y el último lo abordaremos en profundidad más adelante.

- La **ventilación** hace referencia a un proceso regulado por el sistema nervioso, que provoca el ingreso y el egreso de aire a los pulmones e involucra el accionar coordinado de varios órganos, entre ellos, los músculos del tórax.
- El **intercambio gaseoso** ocurre en la superficie respiratoria, que en humanos forman los pulmones. Consiste en el pasaje del oxígeno (contenido en el aire inspirado) desde el aire que ingresa a los pulmones hacia la sangre y la salida del dióxido de carbono de la sangre hacia el aire que va a ser exhalado de los pulmones. De ahí el nombre de intercambio: mientras un gas entra, otro sale.
- Cuando hablamos de **respiración** nos referiremos a las reacciones metabólicas que actúan degradando (rompiendo) moléculas como glucosa, para obtener energía. Este proceso ocurre en el interior de las células.

El recorrido del aire

Como mencionamos en el apartado anterior, el intercambio gaseoso permite el ingreso y salida de gases. El aire con mayor concentración de oxígeno ingresa al pulmón, el oxígeno pasa desde el interior del pulmón a los capilares sanguíneos por **difusión** (movimiento de las partículas desde un lugar donde su concentración es mayor hacia donde es menor) y es transportado hacia las células. El dióxido de carbono es producido en las células, y se transporta en la sangre, desde los tejidos del cuerpo al pulmón, y es eliminado al exterior.

El proceso que permite el ingreso y la salida del aire a los pulmones es conocido como **ventilación**. El aire ingresa a través de dos orificios que se encuentran en la parte anterior de la cara, denominados **fosas nasales** y luego pasa a la **cavidad nasal**. La cavidad nasal tiene tres funciones: humedece, filtra y aumenta la temperatura del aire inspirado. Es por ello que siempre es recomendable inspirar por la nariz en vez que por la boca, ya que en el último caso, entra directamente a las vías aéreas.

Luego el aire continúa hacia la **faringe**, la **laringe** y luego hacia la **tráquea**.

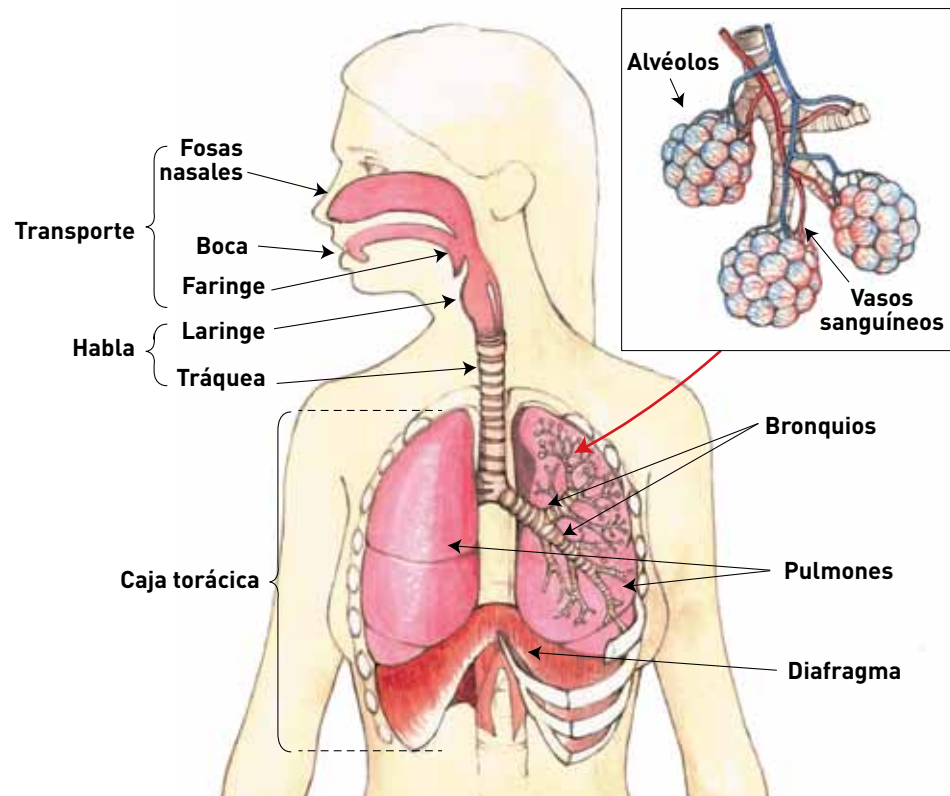


La tráquea está formada por anillos de cartílago, en forma de C, con la parte abierta hacia atrás. Estos hemianillos en las paredes de la tráquea permiten que el conducto permanezca abierto aunque inclinemos la cabeza. De otro modo el tubo se obturaría, lo que impediría el ingreso del aire a los pulmones.

Posteriormente el aire se distribuye en los **bronquios**, que forman un árbol de conductos que se van ramificando, haciéndose muy delgados hasta desembocar en los **alvéolos** pulmonares. Las ramificaciones de los bronquios y los alvéolos forman los órganos que conocemos como pulmones. Los **pulmones** están formados por lóbulos. El pulmón derecho es más grande que el izquierdo pues está formado por 3 lóbulos y el izquierdo solo por dos.

Los alvéolos constituyen las superficies donde se produce el intercambio gaseoso y son alrededor de 300 a 350 millones. Las paredes que forman los alvéolos están formadas por una capa de células planas y delgadas, rodeadas de capilares sanguíneos. A través de esas paredes se produce el intercambio de oxígeno y dióxido de carbono entre el aire de los pulmones y la sangre de los capilares, proceso conocido como **hematosis**.

Una vez que el aire alcanza el alvéolo, ingresa el oxígeno a la sangre por difusión hacia los capilares. Al mismo tiempo, el dióxido de carbono difunde desde la sangre hacia el alvéolo: el aire, ahora con menos oxígeno y más dióxido de carbono que al principio, recorre la vía inversa y sale al exterior del cuerpo.

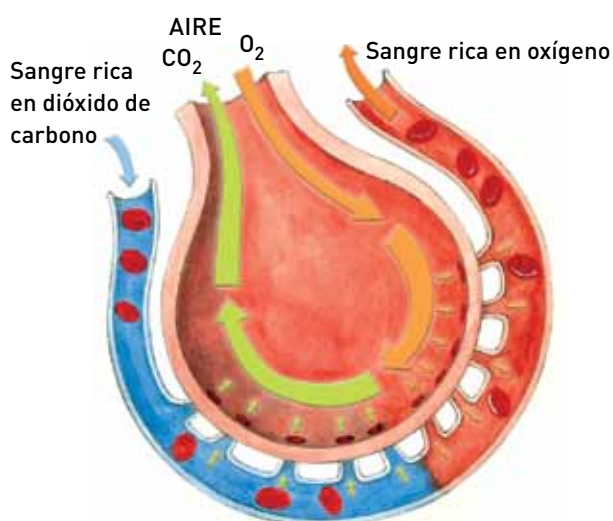


Órganos que forman el sistema respiratorio. En detalle, arriba, un bronquiolo y ramilletes de alvéolos.

El intercambio gaseoso

Una vez que el aire ingresa a los pulmones, el oxígeno debe pasar a la sangre para llegar a las células. Esto ocurre en las superficies respiratorias que presentan tres características:

- Son amplias, para permitir mayor superficie de intercambio, cada pulmón tiene alvéolos que cubrirían un área de 80 m².



Representación del intercambio gaseoso a nivel alveolar.

- Son húmedas, para permitir la difusión de los gases de un lado al otro de las membranas.
- Son delgadas, el grosor es una sola capa de células para permitir el pasaje, de un lado al otro.

El proceso de intercambio ocurre porque la sangre que llega a los pulmones tiene una **presión parcial** de oxígeno (la presión parcial es aquella ejercida por un gas en una mezcla y es proporcional a su concentración), menor que el aire que ingresa a los pulmones. Esa diferencia hace que el oxígeno pase del alvéolo a la sangre. Por el contrario, el aire que llega al pulmón tiene una menor presión parcial de dióxido de carbono, que el que se encuentra en la sangre, entonces el dióxido pasa de la sangre al **alvéolo**.

Cómo ingresa el aire a los pulmones



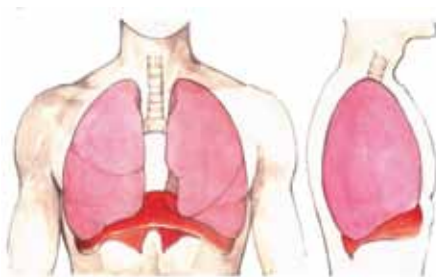
ACTIVIDAD

6. Le proponemos experimentar con su propio cuerpo.
 - a. Inspire profundamente y apoye una mano sobre el esternón. Retenga el aire unos segundos.
 - b. Exhale, liberando el aire retenido.
 - c. Describa brevemente por escrito el proceso experimentado.

La **ventilación** es el proceso por el cual el aire entra o sale del cuerpo. Comprende dos etapas, el ingreso del aire o **inspiración** y el egreso del aire llamado **espiración** o **exhalación**, que es la expulsión del aire de los pulmones. También se los denomina movimientos respiratorios.

- La **inspiración** es el movimiento respiratorio que permite la entrada del aire. En un movimiento involuntario, regulado por los impulsos nerviosos. Estos mensajes provocan que el diafragma y los músculos entre las costillas se contraigan, y dicha contracción aumenta el volumen de la caja torácica. Esto provoca que la presión en el interior de los pulmones sea menor que la atmosférica. Esta diferencia de presiones hace que el aire ingrese a los pulmones.
- La **espiración** provoca la salida del aire. En esta fase del proceso los impulsos nerviosos provocan que el diafragma y los músculos entre las costillas se relajen. El diafragma asciende, las costillas se separan, disminuye el volumen de la caja torácica y el aire es expulsado.

Inspiración



El diafragma se contrae, se aplana y desciende

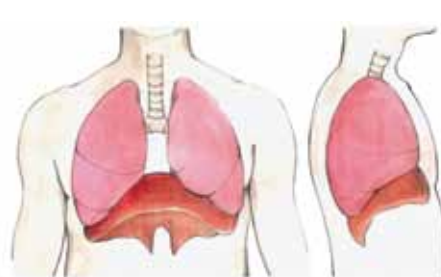
Los músculos intercostales se contraen y las costillas se acercan

El volumen de la caja torácica aumenta

La presión dentro del cuerpo es menor que la atmosférica

El aire ingresa al pulmón

Espiración



El diafragma se relaja, se curva hacia arriba y asciende

Los músculos intercostales se relajan y las costillas se separan

El volumen de la caja torácica disminuye

La presión dentro del cuerpo es mayor que la atmosférica

El aire sale del pulmón



ACTIVIDAD

7. Intercambie con otro estudiante la respuesta a la actividad 5. Revise el texto producido. Le sugerimos que en el texto revise la inclusión de los siguientes términos: caja torácica: costillas; músculos intercostales; diafragma; aire inspirado, aire expirado.
 - a. Corrija las imprecisiones teniendo en cuenta el texto y el cuadro precedente.
 - b. Mencione tres aspectos que aprendió con la resolución de esta actividad.

EL SISTEMA CIRCULATORIO

Hasta aquí hemos resuelto dos problemas referidos al proceso de nutrición en el organismo humano: el ingreso de sustancias, su descomposición en sustancias más sencillas que llegan al intestino y que pueden ser absorbidas; y el ingreso de oxígeno del aire a los pulmones y la expulsión de dióxido de carbono del interior del cuerpo.

Ahora nos queda resolver el problema del transporte de las sustancias para que lleguen a las células que forman los tejidos y órganos para que el organismo obtenga los materiales y la energía para reproducir sus células, reparar tejidos y mantener su actividad metabólica, y luego retirar los desechos de las células. Esto lo resolveremos con un sistema de transporte, altamente eficiente.

Estructura del sistema circulatorio humano

El sistema circulatorio humano está formado por los siguientes componentes:

- El **corazón**: bomba que impulsa la sangre hacia los órganos.
- Las **arterias**: son conductos por los que se sale la sangre desde el corazón a los órganos.
- Las **venas**: son los conductos que retornan la sangre al corazón.
- Los **capilares**: son las ramificaciones microscópicas de arterias y venas que forman una red.
- La **sangre**: es un tejido compuesto por una matriz líquida: el plasma; y los componentes celulares: glóbulos blancos, rojos y plaquetas.

Para comprender la estructura y funcionamiento del sistema de transporte vamos a recurrir a un modelo analógico, como el de una vivienda. La vivienda requiere de agua, que es utilizada en diferentes procesos y luego los desechos o residuos producidos deben eliminarse al exterior. Para ello necesitamos de un fluido, que es transportado por cañerías a los distintos artefactos. Este fluido es el agua que es utilizada para cocinar, limpiar la vivienda, beber, bañarnos y en todos esos procesos hay residuos y desechos que deben eliminarse hacia la red cloacal. El sistema circulatorio humano cumple esencialmente las mismas funciones.



ACTIVIDAD

8. Una con flechas para establecer la correspondencia ente el modelo analógico (casa) y el sistema circulatorio:

Modelo analógico	Sistema circulatorio
Cañerías	Desechos de las células
Bomba impulsora de agua	Sangre
Agua proveniente de la red	Vasos sanguíneos: venas, arterias y capilares
Sustancias de desecho: detergente, residuos fecales, restos de comida	Corazón

Funcionamiento del sistema circulatorio humano

Como hemos descripto, el sistema circulatorio podría pensarse como una serie de cañerías que tiene la función de transportar sustancias desde donde son producidas o absorbidas hacia las células de todo el cuerpo, y de transportar los desechos desde las células hasta los sistemas que se ocupan de extraerlos y eliminarlos al entorno.

El sistema circulatorio humano al igual que el de aves y mamíferos es doble y cerrado.

Es **cerrado**, porque la sangre nunca sale de los vasos sanguíneos y el intercambio se realiza a través de las paredes de los capilares. Esta característica puede experimentarse en la vida cotidiana cuando nos sacamos sangre. En ciertas ocasiones los técnicos encargados de la extracción de sangre no “encuentran fácilmente los vasos” y deben intentarlo más de una vez. Esto se produce porque la sangre circula por vasos que deben perforarse para “sacar la sangre que circula dentro de ellos”. Es **doble** porque la sangre pasa **dos** veces por el corazón: cuando va y viene de los pulmones y cuando va y viene de todo el cuerpo. El circuito que realiza la sangre: pulmón-corazón-pulmón, es más corto y se lo llama **circuito menor** o **pulmonar**. El circuito que realiza la sangre: corazón-órganos del cuerpo-corazón, es de mayor longitud y se llama **circuito mayor** o **sistémico**.



¿Qué es un accidente cerebrovascular (ACV)?

El accidente cerebrovascular es provocado por el taponamiento o la rotura de una arteria del cerebro. Es una causa muy frecuente de muerte y la primera causa de invalidez en los adultos y adultos mayores. Generalmente es más común en personas que presentan arterioesclerosis e hipertensión arterial.

Puede presentarse por dos causas:

- Ataque cerebrovascular isquémico: se produce cuando se tapa una arteria y no llega sangre a una parte del cerebro. Se conoce también como infarto cerebral.
- Ataque cerebrovascular hemorrágico: se produce al romperse una arteria dentro del cerebro provocando una hemorragia y dañando el sector donde ocurre.

Esta información fue extraída de la página del Ministerio de Salud de la Nación y en ella también encontrarás información de la fiebre Chikunguña, el Ébola y otras afecciones del sistema circulatorio.

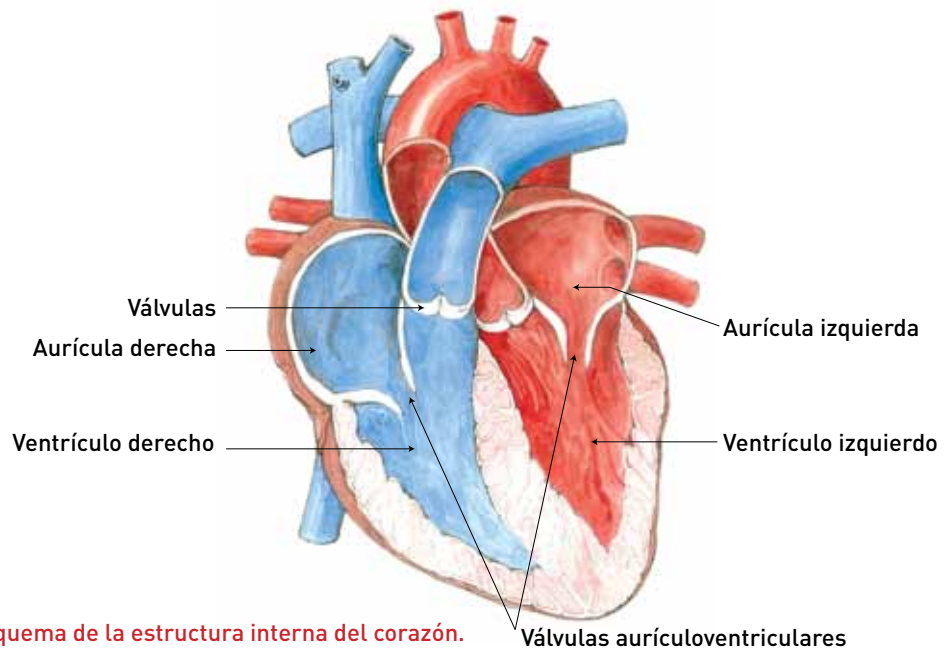
Fuente: goo.gl/nc03Ez

Componentes del sistema circulatorio

Hasta aquí hemos estudiado el sistema digestivo y el sistema respiratorio. Haciendo un paralelo con un sistema de producción y distribución de electricidad o combustible en una ciudad, hemos resuelto el problema de la producción de energía y su transformación para que sea utilizable en nuestros hogares o en los automóviles. Ahora tenemos que pensar en las vías por las que esos combustibles o energía llegan a los lugares donde son requeridos y los modos en los que se transporta. Como hemos estudiado, el sistema circulatorio cumple la función de distribución y transporte. Volviendo a nuestra analogía, se requiere de bombas que permitan la salida del combustible a los surtidores, o la distribución de gas desde las centrales a los hogares. También se requieren cañerías de entrada y salida para permitir la circulación y lugares por donde ingresa o sale de esas cañerías a nuestros hogares o vehículos. Del mismo modo el sistema circulatorio presenta vasos sanguíneos mayores que son los conductos, un corazón que es la bomba impulsora y los capilares que son los sitios donde se produce el intercambio. Estos órganos presentan ciertas características que les permiten cumplir dichas funciones.

El **corazón**, por ejemplo, es un órgano hueco que actúa como bomba impulsora. Posee cuatro cavidades, dos superiores llamadas **aurículas** y dos inferiores llamadas **ventrículos**. La sangre entra al corazón por las aurículas y sale de los ventrículos debido a la contracción alternada de sus paredes.

Los ventrículos poseen paredes más gruesas y con mayor masa muscular, para impulsar la sangre hacia mayor distancia. Cuando la sangre es expulsada del corazón a través de los ventrículos, sale hacia las **arterias**. Estos conductos, poseen paredes musculares más gruesas, y se contraen o dilatan para transmitir la presión hasta las regiones más alejadas del corazón. Se van ramificando hasta formar capilares arteriales.



Esquema de la estructura interna del corazón.

Los capilares sanguíneos conforman un entramado en íntimo contacto con todas las células que componen los tejidos y órganos del cuerpo. A través de esta red se produce el intercambio de nutrientes entre la sangre y los órganos y tejidos del cuerpo. Los capilares sanguíneos pueden diferenciarse como capilares arteriales y venosos. Los **capilares arteriales** son el resultado de la ramificación de las arterias. Sus paredes son delgadas, solo una célula de espesor y son los conductos en los que ocurre el intercambio de gases, nutrientes y desechos. Es decir, el oxígeno y los nutrientes pasan de la sangre que circula por estos capilares a las células cercanas que forman los tejidos del cuerpo y, el dióxido de carbono y otros desechos pasan de las células de los tejidos del cuerpo a la sangre de estos capilares. Estos últimos se denominan **capilares venosos** y se unen para formar vénulas y venas.

Las **venas** son el tercer tipo de conductos del sistema circulatorio. Son los encargados de retornar la sangre al corazón. Sus paredes son menos elásticas, pueden obturarse y presentan válvulas que impiden el retroceso de la sangre.

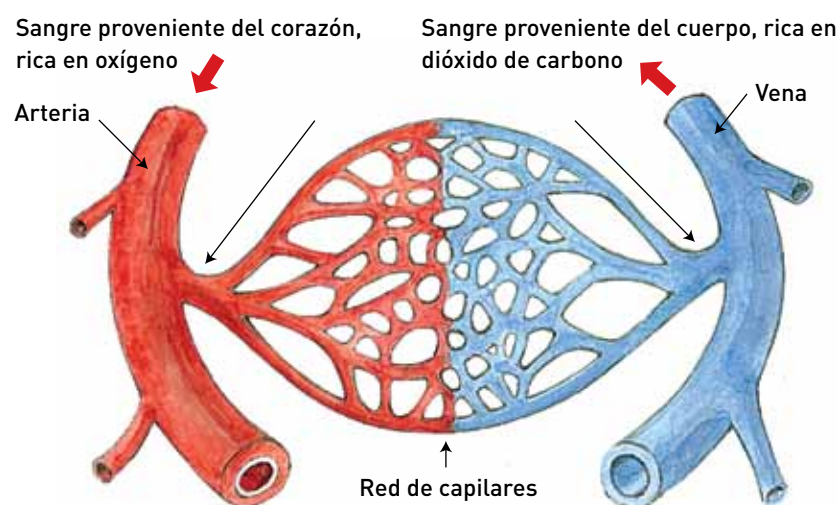
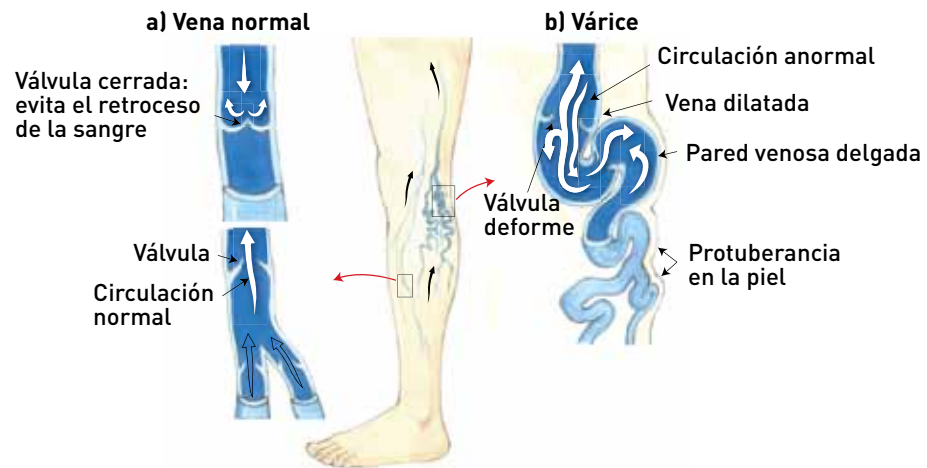


Imagen que representa la formación de capilares arteriales (en rojo) y capilares venosos (en azul).



Las **várices** son dilataciones de las venas donde se acumula sangre y demoran el retorno del flujo sanguíneo al corazón. Se las conoce como insuficiencia venosa periférica.

Habitualmente el término se usa para referirse a las várices que aparecen en las piernas, pero también suelen presentarse várices en la región anal, en cuyo caso se denominan hemorroides, y en los testículos, donde se conocen con el nombre de varicocele. También pueden presentarse en zonas internas del organismo, como las várices del esófago (varices esofágicas).

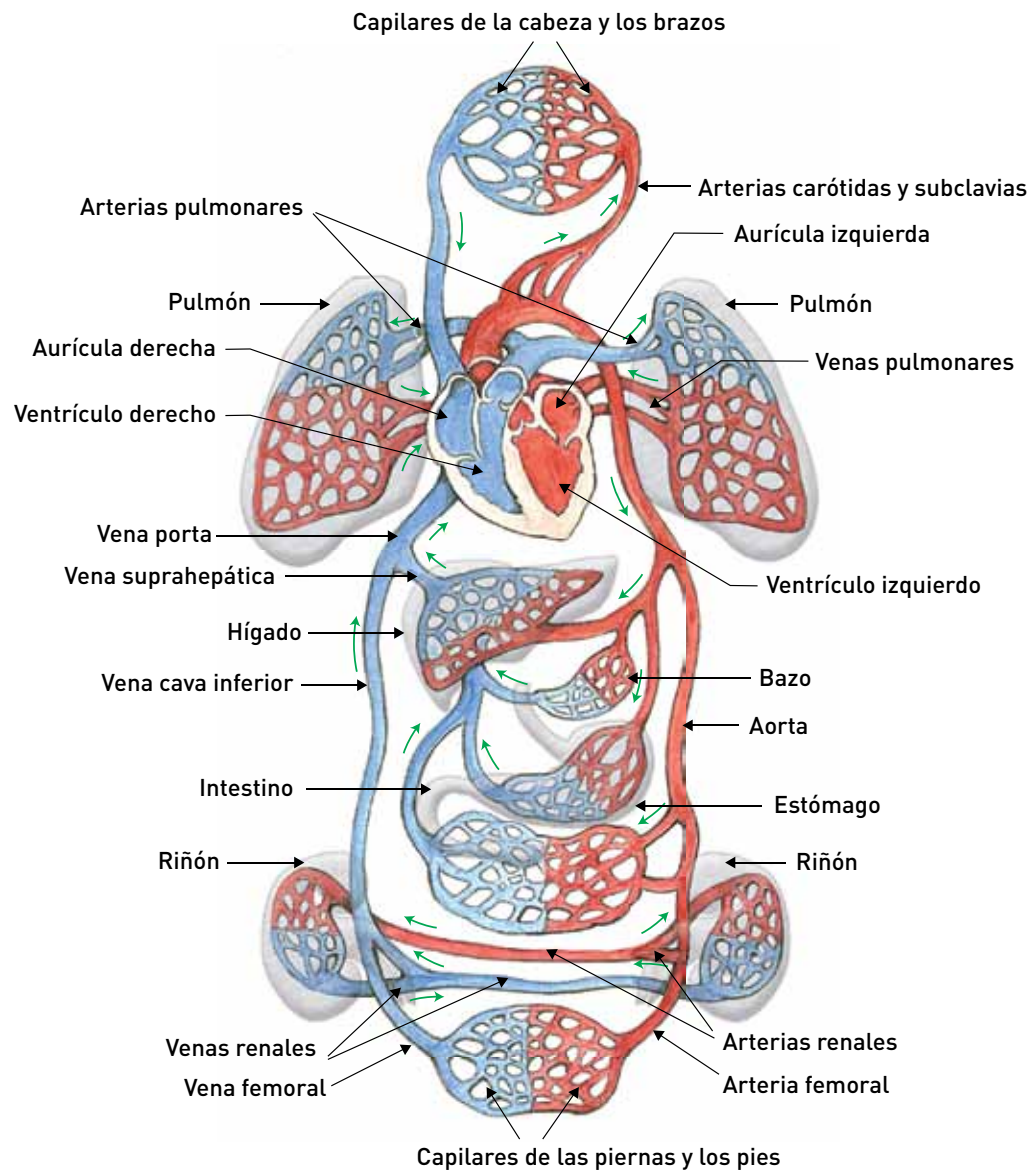


¿Cómo circula la sangre?

Como ya hemos mencionado el recorrido de la sangre es parte de un circuito, y es difícil establecer dónde comienza o termina, lo mismo que ocurriría en un circuito de motocross o automovilismo. Del mismo modo que en estos ejemplos se establece arbitrariamente un lugar de largada, en el circulatorio explicamos los recorridos siempre comenzando y finalizando en el corazón que es el órgano que impulsa la sangre.

- El **circuito menor** comienza en el **ventrículo derecho** del corazón, cuya contracción impulsa la sangre al pulmón a través de la **arteria pulmonar**. La sangre con mayor proporción de dióxido de carbono libera este gas en el alvéolo, y recibe oxígeno (intercambio gaseoso) y regresa al pulmón a través de las **venas pulmonares** e ingresa en la **aurícula izquierda** del corazón.
- El **circuito mayor** comienza en el ventrículo izquierdo que recibe la sangre de la aurícula izquierda (sangre oxigenada, proveniente del pulmón). Luego, la sangre sale a través de la arteria aorta. Esta arteria, la mayor de nuestro organismo, sale hacia arriba y luego baja hacia las partes inferiores del cuerpo. Esta curva de la arteria, con forma de bastón se llama cayado de la aorta y de allí salen otras arterias que permiten el flujo de la sangre hacia el cerebro (por el cuello) y los brazos. Luego inicia un recorrido descendente ramificándose en numerosas arterias que llevan sangre oxigenada a los riñones, intestinos, hígado, sistema reproductor; miembros inferiores y otros órganos.

En los órganos y tejidos del cuerpo, las arterias terminan en capilares y se produce el intercambio de nutrientes, gases y desechos entre la sangre y las células de todo el cuerpo. Los capilares venosos, se unen y forman distintas venas que a su vez conforman las venas cavas inferior y superior, que desembocan en la **aurícula derecha**. La sangre de la aurícula derecha pasa al ventrículo derecho y de allí sale por la arteria pulmonar a los pulmones. De ese modo se completa el circuito y la sangre con mayor cantidad de dióxido de carbono y desechos retorna a los pulmones y comienza nuevamente el ciclo.



Recorrido de la sangre en los circuitos menor y mayor.



ACTIVIDAD

9. Defina con sus palabras los siguientes términos.
 - Circulación menor y mayor.
 - Venas y arterias.
 - Aurículas y ventrículos.

EXCRECIÓN EN EL ORGANISMO HUMANO

El medio interno del cuerpo se mantiene dentro de ciertos parámetros físicos y químicos constantes. La temperatura, la acidez, la cantidad de glucosa en sangre, la presión se mantienen dentro de ciertos parámetros, es decir en equilibrio. Hasta aquí hemos resuelto el problema de la provisión de los materiales requeridos y del transporte. Ahora bien, es necesario resolver la cuestión de cómo eliminar el agua en exceso, las sales que no son necesarias, los desechos nitrogenados que producen las células, el dióxido de carbono resultante de la respiración y todas aquellas sustancias que en exceso alteran el funcionamiento de las células.

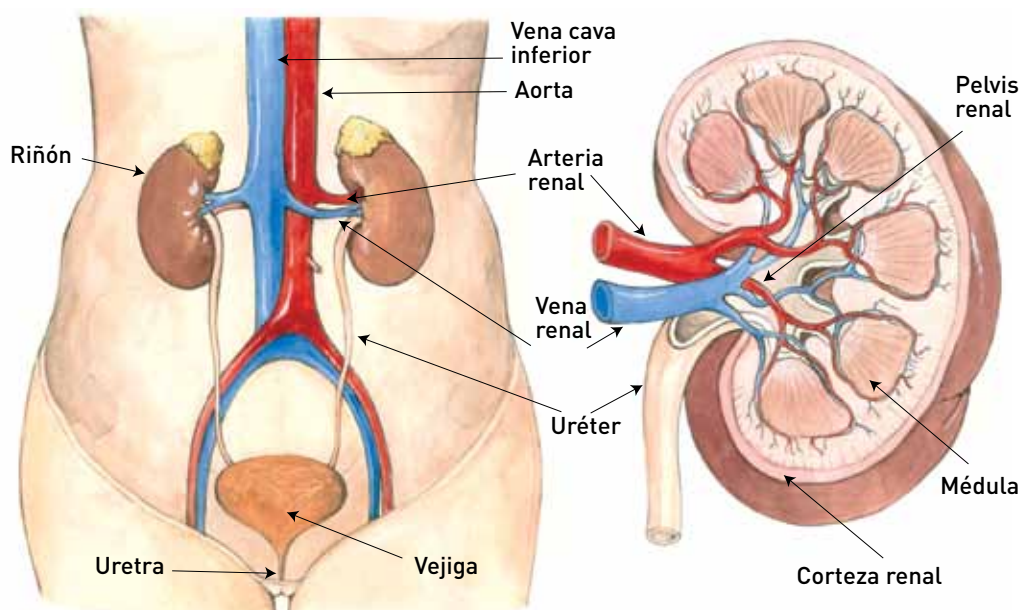
En principio las células eliminan las sustancias de desecho al medio intercelular, que está compuesto por un líquido que las rodea. Desde allí los desechos se difunden a la sangre. El dióxido de carbono es conducido por las venas al corazón y de allí al pulmón donde es eliminado en la espiración. Algunos desechos se eliminan a través de la piel mediante el sudor, como algunas sales y parte del agua, el resto es eliminado a través del sistema urinario, mediante la orina.

Este sistema funciona de forma selectiva ya que algunas de las sustancias transportadas por la sangre son filtradas por los riñones pero retornan nuevamente al cuerpo, como el agua, la glucosa y algunas sales. Estas sustancias pueden ser reabsorbidas o eliminadas de acuerdo con los requerimientos del cuerpo en determinadas condiciones y la cantidad presente en la sangre.

Componentes del sistema urinario humano

El sistema urinario está conformado por diferentes órganos que cumplen distintas funciones, como el resto de los sistemas descriptos. Haciendo un paralelo, por ejemplo, con lo que ocurre con los residuos cloacales en una ciudad en las plantas de tratamiento, hay zonas donde los residuos se filtran y separan, algunos son reutilizados, otros se eliminan. El sistema excretor cumple funciones análogas donde los productos de desecho son procesados, filtrados (algunas sustancias se reabsorben y otras se eliminan) son transportados por conductos, almacenados y eliminados al exterior. El sistema excretor humano está compuesto por dos riñones, dos uréteres, la vejiga y la uretra. Los **riñones** son dos órganos que se ubican en la parte posterior del abdomen, en la zona lumbar. Son relativamente pequeños, pesan unos 140 gramos, y de color rojo oscuro. Las unidades funcionales del riñón son los **nefrones** que son las estructuras donde se produce el filtrado de la sangre y la reabsorción de los materiales necesarios por el organismo. Los nefrones se unen y forman túbulos colectores que confluyen en conductos mayores y forman los **uréteres**, que salen uno de cada riñón. Los desechos celulares, junto con la porción importante de agua, constituye la orina que fluye hacia los uréteres.

La **vejiga** es un órgano muscular, hueco con forma de pera invertida. Puede contener hasta medio litro de orina. Al final de la vejiga se encuentra la **uretra** que es un conducto que transporta la orina al exterior.



Componentes del sistema urinario humano, con detalle del riñón.

Formación de la orina

Muchas veces resulta difícil entender cómo el agua o los líquidos que ingerimos como alimentos y los desechos llegan a la vejiga y son eliminados al exterior. El estudio del organismo humano nos ha permitido conocer el recorrido de los alimentos, su procesamiento y cómo los desechos, resultado de las actividades que realizamos diariamente, llegan a los riñones.

La sangre llega a los riñones transportada por la arteria renal, que en el interior del riñón se ramifica en conductos cada vez de menor diámetro. Estos capilares arteriales llegan a los nefrones. El nefrón es la unidad estructural del riñón y está formado por diferentes estructuras. La **cápsula renal** es donde llegan los capilares y se produce el **filtrado** de la sangre. El primer paso en la formación de la orina es el filtrado donde, por efecto de la presión, gran parte del líquido de la sangre (plasma) y sus componentes disueltos pasan del interior de los capilares al interior del nefrón. Luego de la cápsula, que tiene forma de copa, el nefrón posee toda una estructura continua de túbulos en las que se producen diferentes procesos, por ejemplo, la reabsorción, y la concentración. En el líquido filtrado al interior del nefrón se encuentran sustancias necesarias para el organismo como la glucosa, sales, y agua. Parte de esas sustancias son **reabsorbidas** desde los túbulos renales a los capilares incorporándose a la circulación sanguínea. A medida que la orina circula por el túbulo colector se reabsorbe más agua y se concentran los desechos. Este paso se conoce como **concentración** y se obtiene la orina.

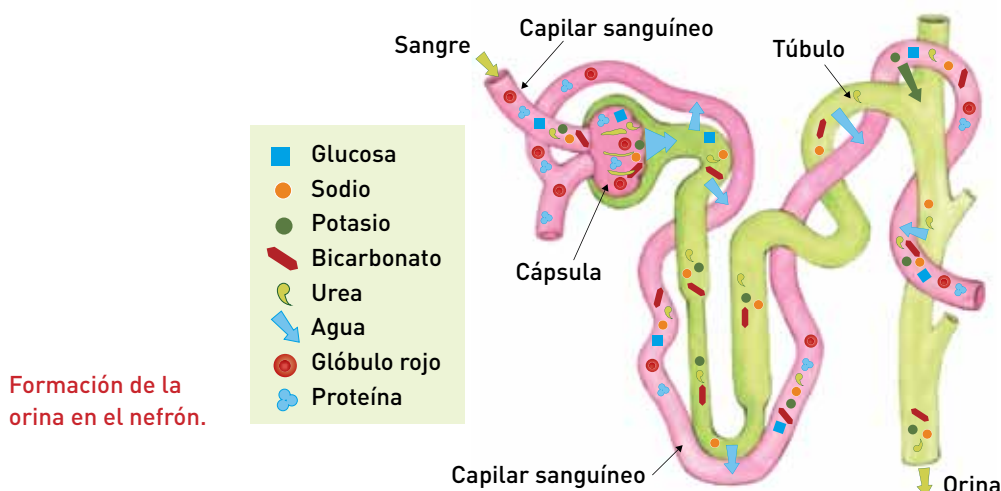
El último paso es la excreción, y consiste en el transporte del líquido resultante (la orina), por los túbulos colectores de los nefrones hacia los uréteres.

La orina queda así compuesta por un 96 % de agua y 4% de sólidos disueltos. Las sustancias principales que se eliminan en la orina son sales y urea. La urea es el resultado de la degradación de las proteínas y su acumulación es

PASOS EN LA FORMACIÓN DE ORINA

- Filtración
- Reabsorción
- Concentración

tóxica para el organismo. La glucosa y otras sustancias útiles son totalmente reabsorbidas en condiciones normales y el agua y otros componentes se absorben según sean requeridos o no.



Detección de la diabetes

La diabetes es una afección que provoca que las células del organismo no tomen la glucosa que circula en la sangre. Se produce debido a la deficiencia en la producción de una hormona: la insulina. La insuficiencia de insulina produce hiperglucemia es decir que los niveles de glucosa aumentan tres o cuatro veces su concentración. Esta situación provoca que el riñón no pueda reabsorber tanta cantidad de glucosa y por lo tanto, aparece glucosa en la orina. En la actualidad el exceso de glucosa se detecta por métodos de laboratorio pero en la antigüedad, los médicos probaban la orina para determinar la presencia de glucosa. Por decirlo de algún modo “cataban” la orina. El descubridor del “pis dulce” fue Thomas Willis en el siglo XVII.



ACTIVIDAD

10. Luego de leer la explicación de la formación de la orina de esta página, intente dibujar un esquema sencillo que la explique.



ACTIVIDADES INTEGRADORAS

- Explique con sus palabras qué es la función de nutrición.
 - ¿Qué sistemas del cuerpo intervienen en ella? ¿Qué función realiza cada uno?
 - ¿Qué interacciones ocurren entre los diferentes sistemas de la nutrición?
- Responda a las siguientes preguntas.

- a. ¿Es necesario hallarse en posición vertical para que el bolo alimenticio recorra el esófago y llegue desde la boca al estómago? ¿Avanzaría igualmente si una persona se encuentra acostada? ¿Por qué?
 - b. ¿De dónde proviene el agua que llega a la orina? Describa por escrito su recorrido comenzando en la boca; para ello, tenga en cuenta el gráfico hecho en la actividad 1 de esta unidad.
 - c. ¿En qué zona del sistema digestivo se absorbe la glucosa y cómo llega al riñón?
3. Imagine que usted es un glóbulo rojo y describa el recorrido que realizaría dentro del sistema circulatorio, desde que parte de la aurícula derecha del corazón hasta que regresa a ella.
 4. A partir de lo estudiado y del esquema del nefrón y la formación de la orina de la página 34, resuelva las siguientes consignas.
 - a. Describa con sus palabras el proceso de formación de orina a partir de la imagen.
 - b. Complete el cuadro indicando si esperaría encontrar las siguientes sustancias en la orina.

Sustancia	Presente en orina	Ausente en orina
Proteínas		
Agua		
Glóbulos rojos		
Urea		
Glucosa		
Sales de sodio		
Sales de potasio		
Bicarbonato		

5. Analice el siguiente texto, elabore las respuestas por escrito y luego discuta sus respuestas con los otros estudiantes.

El cólera es una enfermedad infectocontagiosa intestinal aguda, provocada por la bacteria *Vibrio cholerae*, que produce una diarrea caracterizada por deposiciones semejantes al agua de arroz, con elevada cantidad de sodio, bicarbonato y potasio. En su forma grave, se caracteriza por una diarrea acuosa de gran volumen que lleva rápidamente a la deshidratación y la muerte. La diarrea se acompaña con vómito, lo que provoca una rápida pérdida de agua y sales (potasio, sodio, magnesio, cloruro, hidrógeno fosfato, bicarbonato).

 - a. Indique qué procesos relacionados con el proceso digestivo afecta la enfermedad.
 - b. ¿Dónde se produce habitualmente la reabsorción de las sales? ¿Cómo afectaría el cólera a dicha función?

UNIDAD 2

La función de relación
y control en
el organismo humano

¿CÓMO CONTROLA EL ORGANISMO LOS PROCESOS QUE OCURREN EN SU INTERIOR?

Para empezar a pensar en los procesos que regulan el funcionamiento de nuestro cuerpo podemos recurrir a situaciones de la vida cotidiana. Por ejemplo, si un niño pequeño llora porque tiene hambre, podríamos preguntarnos qué provoca el llanto, qué procesos ocurren en el estómago o el cerebro para que se ingieran alimentos. O por qué cuando un perro nos ladra, aunque esté detrás de un cerco nos asustamos, el corazón late más fuerte, y en algunos casos salimos corriendo. También podríamos preguntarnos qué es la sed, qué procesos se desencadenan y provocan la necesidad de beber agua, o por qué a pesar de estar expuestos a millones de gérmenes que se hallan en nuestro entorno, no siempre nos enfermamos. Las respuestas a estas preguntas no son sencillas, pues involucran una serie de órganos y sistemas: el **sistema nervioso**, el **sistema endocrino**, el **sistema osteoartromuscular** o **locomotor** y el **sistema inmune**, que permiten el control y la regulación o mantenimiento del equilibrio del organismo.

Como se mencionó al comienzo del módulo, los seres vivos son sistemas abiertos que intercambian materia, energía e información. Ahora bien, esa información es tanto del **entorno** como del **ambiente interno**. Hasta ahora hemos resuelto el problema del ingreso y egreso de nutrientes y desechos, pero ahora debemos resolver cómo el cuerpo humano capta, procesa y actúa con la que recibe.

El control y la regulación del organismo implican complejos procesos que involucran relaciones entre distintos órganos, que forman parte de diferentes

sistemas. Por ejemplo, aquellos cambios que ocurren dentro o fuera del cuerpo producen sensaciones, estímulos que son captados por receptores sensoriales y procesados en centros de integración y control del sistema nervioso. La mayoría de las actividades que realizamos son posibles por el conjunto integrado de huesos, articulaciones y músculos, es decir el sistema osteoartromuscular. Este sistema facilita la vinculación del cuerpo con el medio externo, pero no actúa de manera aislada: efectúa las respuestas que elabora el sistema nervioso. Mientras el sistema nervioso recibe las señales del medio y las transforma en acciones, el sistema osteoartromuscular las efectúa.

En todo momento, los sistemas nervioso, endocrino, inmune y osteoartromuscular permiten el control, la regulación del organismo, y su relación con el medio.



El cuerpo no solo recibe y regula estímulos provenientes del medio externo. Dentro del organismo también se producen señales que, una vez detectadas y elaboradas apuntan a mantener el medio interno dentro de ciertos límites controlados, es decir su **homeostasis** (*homo*: igual, *stasis*: estado). Los sistemas que intervienen en la homeostasis son el sistema nervioso, el endocrino y el inmune y actúan mediante mecanismos de retroalimentación, que desencadenan respuestas de acuerdo con los cambios a los que responden.

La función general de los **procesos homeostáticos** es mantener los **parámetros internos del organismo** dentro de **rangos estrechos** de cambio. Vamos a mencionar algunos ejemplos para comprender un poco mejor cómo funcionan:

- La temperatura en los humanos podrá variar dentro de ciertos valores, pero debe mantenerse constante. Si estamos en un ambiente de baja temperatura, tiritamos, se pone “la piel de gallina” y se activan otros mecanismos para aumentar la temperatura, pues si no caeríamos en hipotermia. Si en cambio la temperatura exterior es alta transpiramos y los vasos sanguíneos de la piel se dilatan para perder calor por radiación hacia el ambiente.
- El nivel de glucosa también debe mantenerse pues si aumenta tenemos hiperglucemia y si disminuye, se dice que estamos en un estado de hipoglucemia. La glucosa elevada cambia los parámetros de la sangre y debe bajarse. Si en cambio es muy baja puede provocar una lipotimia, conocida como desmayo, pues el cerebro no tiene la glucosa necesaria para obtener energía. Por ello, el nivel de glucosa debe mantenerse dentro de cierto rango.
- También debe mantenerse la presión arterial pues si se eleva puede producir efectos graves en el cerebro o en el riñón o incluso el corazón. Puede producir rotura de vasos sanguíneos, o riesgo de infarto.
- Otro parámetro que debe mantenerse constante es el agua. Ya hemos comentado que la sangre está compuesta mayormente por agua que forma parte del plasma; y actúa en los procesos de difusión de gases y nutrientes y en la eliminación de desechos. Por ello debe evitarse la deshidratación.
- Otro ejemplo es el de defensa del organismo, que actúa frente al ingreso de agentes extraños y limita o elimina los efectos causados por estos, para el mantener el equilibrio del organismo.

El cuerpo de todos los seres vivos necesita mantener las condiciones físicas y químicas de su medio interno dentro de ciertos parámetros, es decir, debe estar en estado de homeostasis.



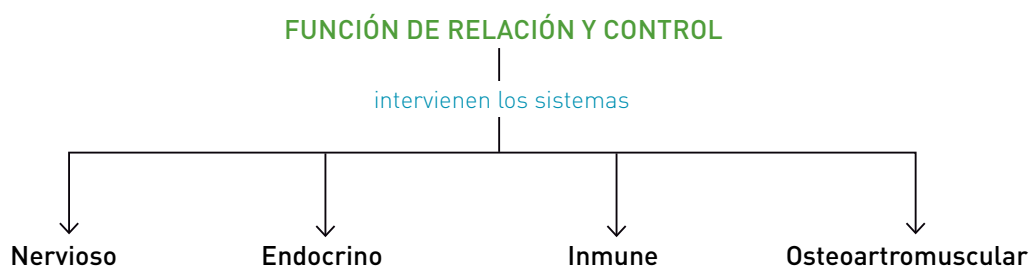
En síntesis, la presión, la concentración de glucosa, la urea, el agua, los electrolitos y la temperatura deben mantenerse dentro de un rango estrecho de variación. El organismo humano logra su estado de **homeostasis** monitoreando los cambios que ocurren tanto en el ambiente externo como interno y responde de acuerdo al sentido de la variación.

Los cambios percibidos por el sistema nervioso se denominan **estímulos** y son captados por **receptores** específicos que desencadenan respuestas a nivel hormonal, nervioso o inmune. El **sistema nervioso** detecta estímulos del exterior y el interior del cuerpo y elabora respuestas rápidas que son efectuadas por músculos (contracción o relajación muscular) o glándulas (secreción de hormonas u otros productos). En general estas respuestas son mediadas por impulsos electroquímicos y se transmiten a través de las **células nerviosas**.

El **sistema endócrino** produce respuestas más lentas pero más sostenidas en el tiempo, a través de la liberación de mensajeros químicos denominados hormonas que regulan por ejemplo el nivel de glucosa en sangre, como el caso de la insulina, o el crecimiento y desarrollo como el caso de la hormona de crecimiento.

El **sistema inmune** detecta y destruye los agentes patógenos que ingresan por las distintas vías a la sangre o las células. Estas respuestas son más lentas pero en algunos pueden mantenerse durante toda la vida como las células de memoria que están activas e impiden que adquiramos enfermedades más de una vez, como el caso del sarampión, la varicela y otras.

Hasta aquí hemos mencionado respuestas que están reguladas de manera autónoma y sobre las que tenemos poco o ningún control consciente. Pero existen otro tipo de respuestas sobre las que tenemos mayor control, como es el caso de las que ejecuta el sistema osteoartromuscular. Estas respuestas son menos conscientes cuando nacemos pero vamos adquiriendo autonomía con el desarrollo. Podemos movernos para evitar la hipotermia, correr para huir de un peligro, comer o tomar agua para evitar la deshidratación. Todas estas respuestas, sin embargo, dependen de los sistemas de control.



ACTIVIDAD

1. A partir del organizador anterior, elabore un esquema conceptual para sistematizar la información sobre los sistemas de relación y control en el organismo, agregando sus funciones y ejemplos de ellas.

EL SISTEMA NERVIOSO

Aunque las neurociencias poseen gran desarrollo desde hace varios años, aún nos restan saber muchas cosas acerca de la integración nerviosa y el comportamiento. Eckert (1990), un fisiólogo de la Universidad de California, sostiene que todos los actos son generados en última instancia por las respuestas motoras del sistema nervioso, que controlan la contracción de los músculos. Es decir que la suma total de las acciones del cuerpo se modifica en respuesta a estímulos provenientes del ambiente. Algunas respuestas son reflejos simples y predecibles, como cuando retiramos la mano al tocar un objeto a elevada temperatura. Otras son complejas y dependen de la información almacenada procedente de experiencias pasadas (aprendidas), como cuando manejamos un auto o una bicicleta.

El “hardware”, soporte material de nuestros actos, está formado por redes nerviosas, es decir circuitos de neuronas interconectadas que reciben y envían información de los centros de control del sistema nervioso: el encéfalo y la médula espinal. Pero a diferencia de los circuitos eléctricos, como los de una computadora, las redes nerviosas no son rígidas, pueden experimentar modificaciones en su función e incluso en su anatomía. Es decir que cuando aprendemos no solo encontramos vías diferentes desde las respuestas sino que, según los nuevos descubrimientos en neurociencias, también hay pequeñas modificaciones físicas en el sistema nervioso.



ACTIVIDAD

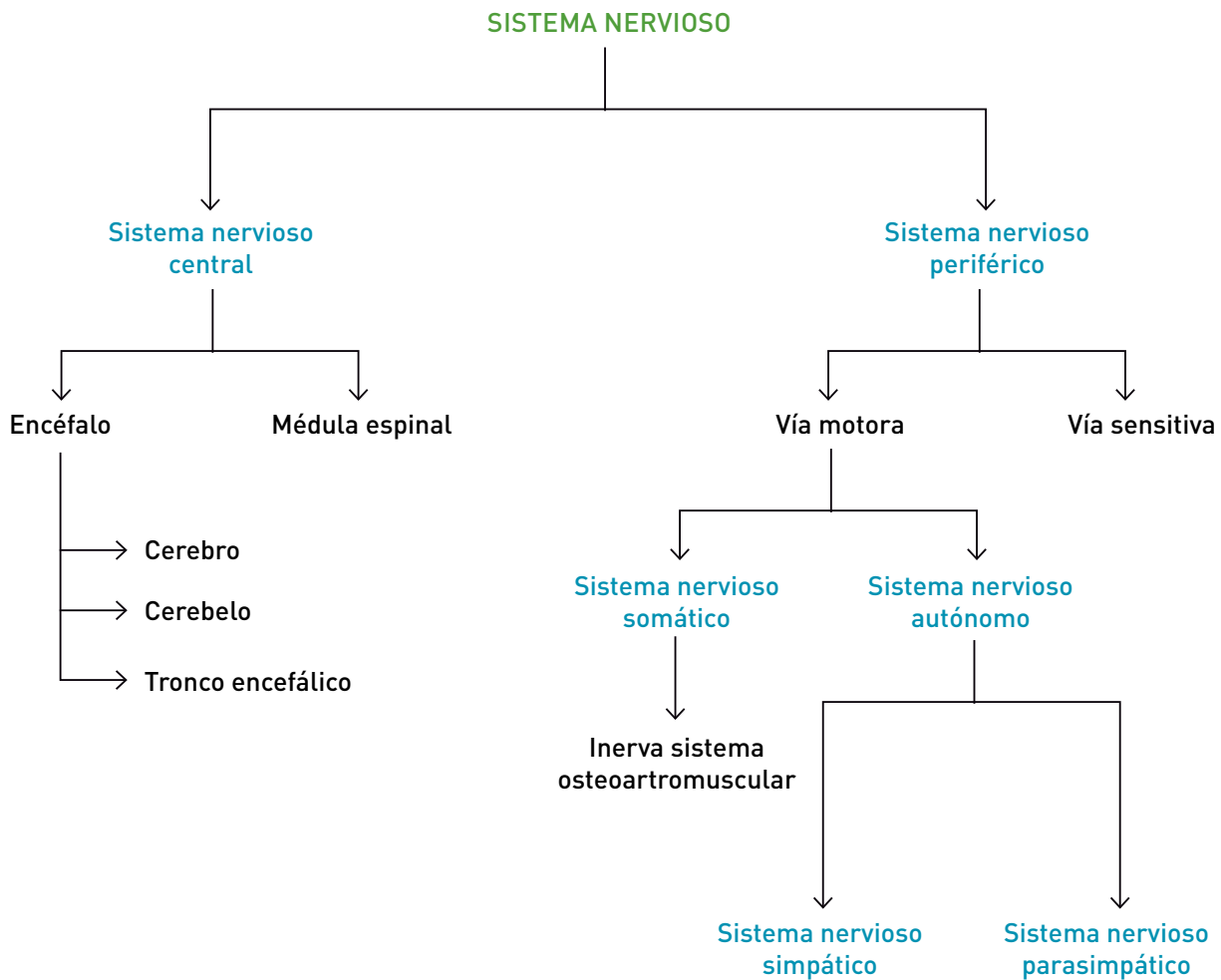
2. Lea el siguiente texto o mire el siguiente video del neurólogo argentino Facundo Manes (disponible en goo.gl/HG2MdR). Luego, responda las preguntas planteadas.

La corteza cerebral es la responsable de las funciones cerebrales superiores. Una de ellas es el desarrollo del lenguaje que se adquiere en relación con otros seres humanos. La memoria y el aprendizaje permiten la incorporación de información que luego podemos recuperar y el aprendizaje nos permite usar la información para la adaptación. Si nuestro cerebro recibe una estimulación adecuada y desafíos intelectuales permanentes, entonces se promueve el desarrollo cognitivo. Por ejemplo leer de manera crítica es un estímulo y un desafío para la mente y una manera de estimular el cerebro. Es decir que cuanto más aprendemos, aumentamos nuestra capacidad de seguir aprendiendo. Esto se logra a partir de la neuroplasticidad. Este proceso explica la capacidad de seguir aprendiendo, pues físicamente aumenta la posibilidad de reclutar neuronas o reforzar circuitos neuronales preexistentes, utilizando estas áreas estímulo-dependientes. De este modo lo que sabemos nos permite saber más y relacionar la educación con la calidad de vida.

- a. ¿Por qué le parece importante aprender toda la vida?
- b. ¿Qué sostiene la neurología acerca de la memoria? ¿Por qué no es tan malo perderla?

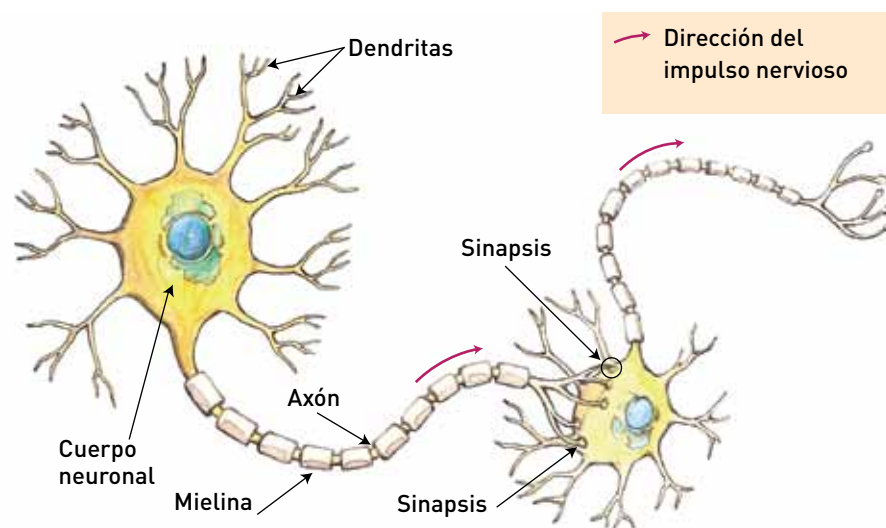
¿Cómo se organiza el sistema nervioso?

Como hemos visto en los apartados anteriores el cerebro es uno de los órganos del sistema nervioso que regula muchas actividades vinculadas a nuestra interacción con el entorno, entre otras el aprendizaje. Pero el sistema nervioso es muy complejo y está formado por diferentes órganos. Para comprender cómo funciona vamos a comenzar por reconocer y describir algunos de sus componentes y a representarlo mediante un esquema.



Esquema de los componentes del sistema nervioso.

La unidad de transmisión del sistema es la neurona. Estas células de forma estrellada y con prolongaciones de diferente longitud tienen varias funciones. Reciben señales procedentes del medio externo o interno y transforman las señales en impulsos nerviosos. Son las células por las que se propaga la información, los impulsos, a otras neuronas, a glándulas o a músculos. Estas células están formadas por un cuerpo neuronal con ramificaciones llamadas dendritas y un largo filamento llamado axón, que finaliza con otra ramificación, el teledendrón.



Esquema de dos neuronas.

El **sistema nervioso**, según su estructura y ubicación, se puede diferenciar en **sistema nervioso central (SNC)**, y **sistema nervioso periférico (SNP)**. El SNC incluye el **encéfalo** y la **médula espinal**, que son los órganos coordinadores, es decir elaboradores de respuestas.

El **encéfalo** está protegido por la caja craneana y unas membranas denominadas meninges. Microscópicamente está constituido por millones de neuronas y en él se distinguen la sustancia gris y la blanca. La sustancia gris la componen los cuerpos de las neuronas y la blanca está formada por los axones recubiertos de mielina. Los axones son las prolongaciones de las neuronas que forman los nervios y la mielina es una sustancia grasa que protege el axón.

El encéfalo comprende el cerebro, el cerebelo y el tronco encefálico.

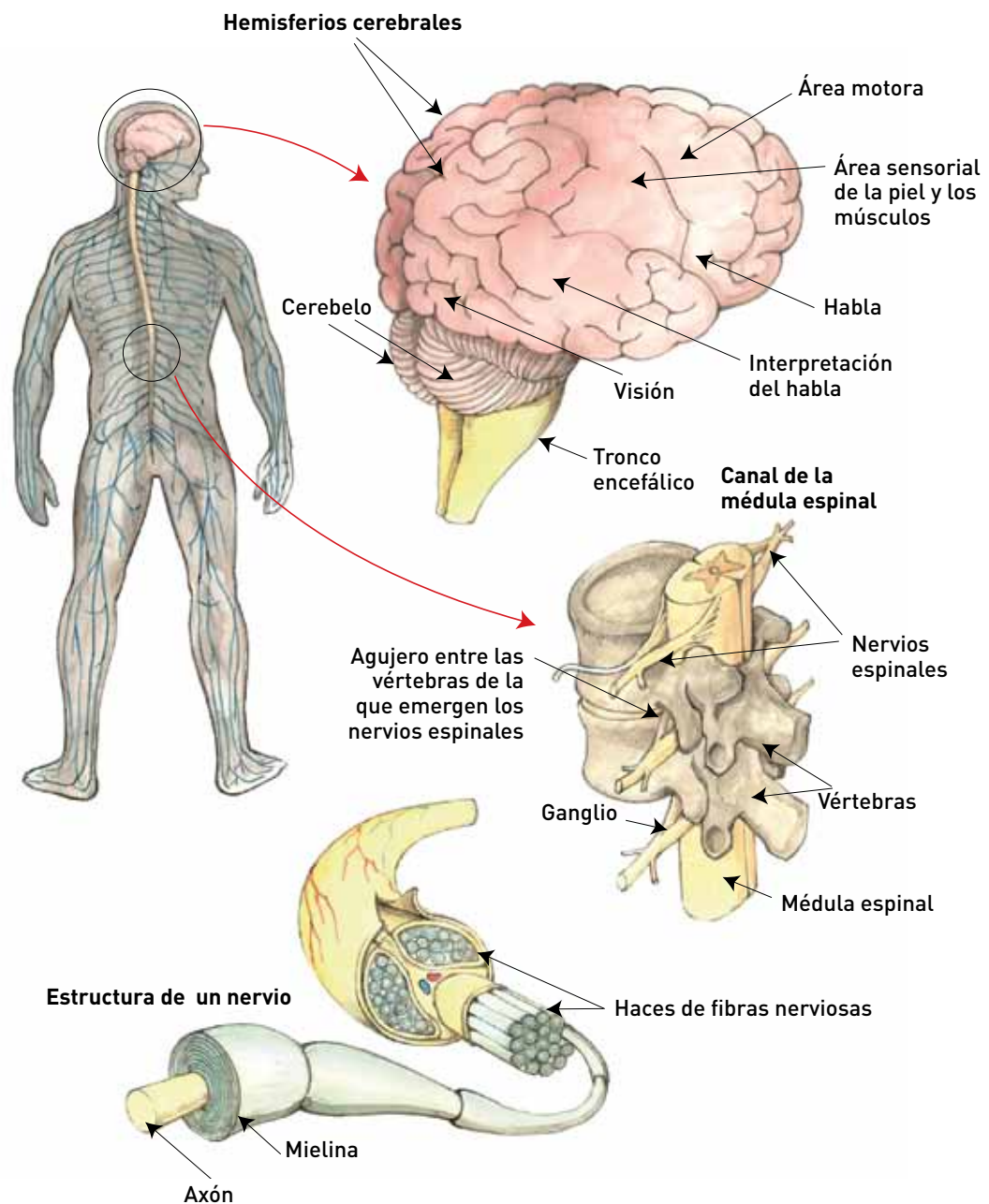
El **cerebro** está formado por cuatro lóbulos, y su parte más externa, formada por sustancia gris y denominada corteza cerebral, es la zona del cerebro implicada en la percepción, la imaginación, el pensamiento, el juicio y la toma de decisiones. El **cerebelo** es el encargado de la coordinación de los movimientos, de su precisión y del equilibrio. En el **tronco encefálico** se concentran las funciones que se llaman de la vida vegetativa, ya que controla la frecuencia respiratoria, la frecuencia cardíaca y la presión sanguínea, entre otras funciones.

El SNP está formado por nervios y transmite información desde y hasta el sistema nervioso central. Dentro del sistema nervioso periférico, podemos reconocer dos vías de acuerdo con el sentido en el que se transmite el impulso. La **vía sensitiva** transmite el impulso desde los **receptores** hasta los **órganos coordinadores**. La **vía motora** transmite los impulsos con las respuestas desde el SNC a los órganos **efectores**, músculos y glándulas.

En la vía motora podemos diferenciar el **sistema nervioso somático** y el **sistema nervioso autónomo**, de acuerdo con el tipo de respuesta que produce y el tipo de músculo que controla.

- El **sistema nervioso somático**, formado por nervios que conectan el SNP con los músculos del sistema **esquelético**, y controla los movimientos que se denominan **voluntarios**.

- El **sistema nervioso autónomo**, como su nombre lo indica, es **involuntario** es decir independiente de la voluntad y controla los movimientos de los músculos lisos, como los del tubo digestivo o el útero, el músculo cardíaco y las glándulas. A su vez, este sistema puede enviar señales que estimulen o retarden la actividad de músculos y glándulas. Teniendo en cuenta esto, el sistema nervioso autónomo puede dividirse en:
 - **Sistema nervioso simpático.** Acelera la actividad del órgano que controla.
 - **Sistema nervioso parasimpático.** Ejerce un efecto inhibitor de la actividad del órgano o tejido sobre el que ejerce su acción.



Esquema que representa la relación entre los órganos del sistema nervioso.

¿Cómo funciona el sistema nervioso?

Toda respuesta nerviosa comienza con la captación de un estímulo por medio de algún receptor. Un **estímulo** es un cambio dentro o fuera del cuerpo con la suficiente intensidad para estimular un receptor. El estímulo puede ser calor, sonido, luz, presión, dolor, acidez, olor, entre otros.

Un **receptor** es una neurona especializada en la captación de estímulos, que puede formar parte de los órganos sensoriales o estar en el interior del organismo. Por ejemplo en la retina, que forma parte del ojo humano encontramos fotorreceptores, que son las células específicas que captan los cambios en la intensidad de la luz. En la piel, tenemos presorreceptores, que captan los cambios de presión, o termorreceptores que detectan cambios en la temperatura externa. Pero también hay termorreceptores en el cerebro, más precisamente en el hipotálamo, que detecta cambios en la temperatura de la sangre y estimula mecanismo para subirla o bajarla.

Los estímulos captados por los receptores se convierten en **impulsos nerviosos** que circulan por la **vía sensitiva** a los órganos del SNC.

Los **órganos coordinadores**, como dijimos son la médula y el encéfalo, a ellos llegan las señales como impulsos nerviosos desde el medio interno o externo y ellos se encargan de elaborar **respuestas** que son nuevamente convertidas en impulsos nerviosos que son transportados por los nervios de la **vía motora** y llegan al órgano efector. Los efectores son órganos, tejidos o glándulas, que ejecutan la respuesta.

ESTÍMULO → RECEPTOR → COORDINADOR → EFECTOR → RESPUESTA

Esquema que representa los componentes principales involucrados en las respuestas del sistema nervioso.



ACTIVIDAD

3. Analice las siguientes situaciones y resuelva las consignas.
 - Una luz intensa brilla abruptamente en el ambiente.
 - Mi mano toma contacto con un artefacto a elevada temperatura.
 - Ingresa una basura en el ojo.
 - Me pincho con un alfiler.
 - Una persona con apetito huele comida.
- a. Identifique los principales componentes de la transmisión del impulso nervioso en cada uno de las situaciones/casos que se plantean.
- b. Explique en cada caso, mediante la elaboración de un texto breve cómo dichas respuestas contribuyen al mantenimiento del equilibrio.

Resolvemos el primer caso como modelo.

Estímulo: cambio en la intensidad de luz.

Receptor: los de la luz, que se hallan en el ojo, captan los cambios en la intensidad de luz y envían la señal al SNC por vía sensitiva.

Coordinador: el cerebro y la médula elaboran respuestas cuya información se transporta por vía motora.

Efector: los órganos efectores ejecutan la respuesta, cierro los párpados, me cubro los ojos con las manos, solicito que apaguen la luz.

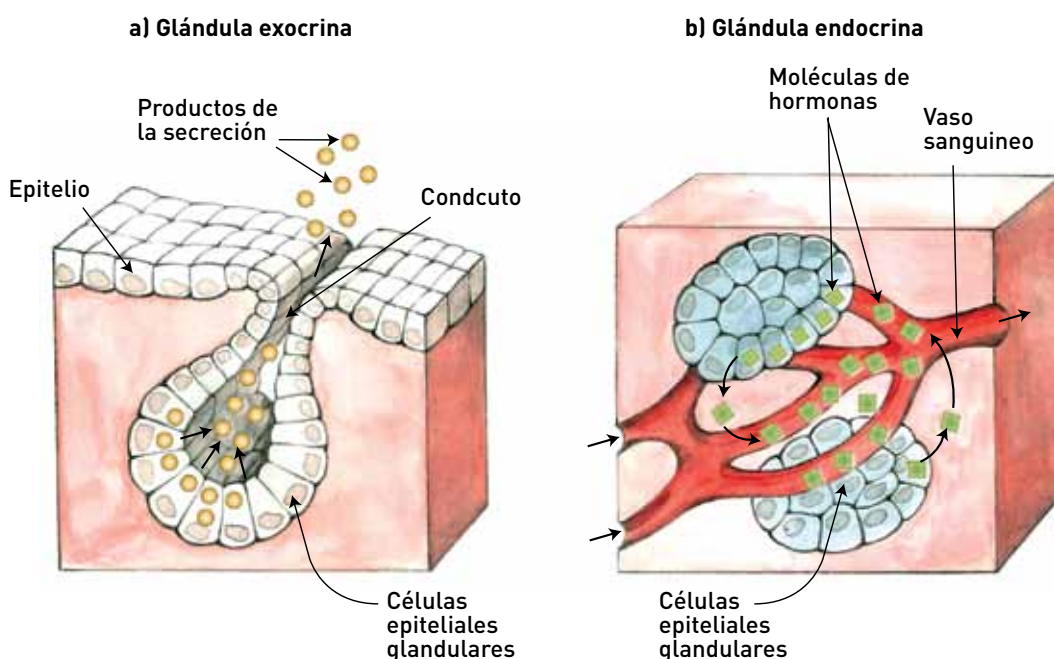
Posible explicación: La luz intensa puede dañar la retina. Cuando los receptores captan cambios en la intensidad provocan respuestas destinadas a evitar dicho daño.

EL SISTEMA ENDOCRINO

El sistema endocrino consiste en una serie de glándulas, que producen y segregan sustancias que se liberan a la sangre o en otros tejidos y que actúan a distancia controlando procesos de regulación y control.

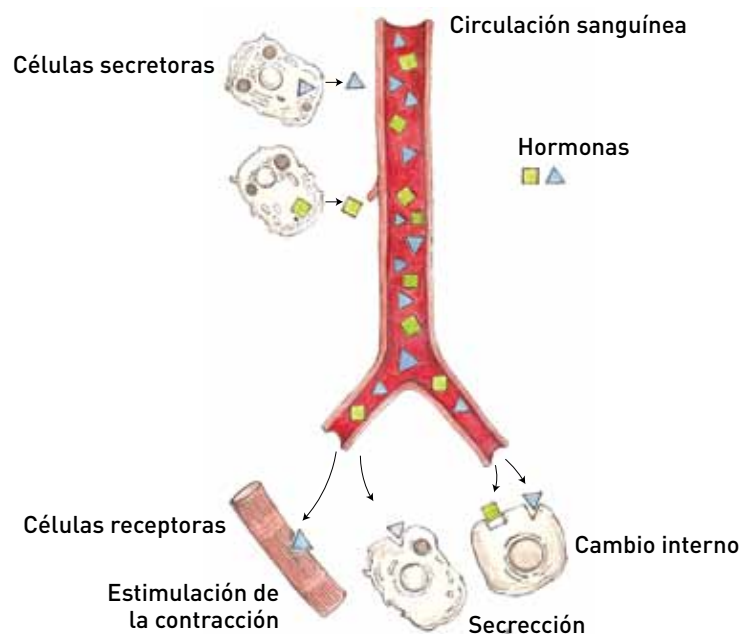
Las glándulas pueden diferenciarse de acuerdo con la función en glándulas endocrinas o exocrinas. Las **glándulas exocrinas** como las glándulas salivales y las glándulas mamarias segregan sus productos al exterior o a conductos que comunican con el exterior. Las **glándulas endocrinas**, en cambio, no presentan ductos y secretan sus productos químicos, llamados **hormonas** directamente en el torrente circulatorio, el que los transporta por el cuerpo hasta llegar a los órganos o tejidos sobre los que actúa.

También existen glándulas que actúan como glándulas endocrinas y exocrinas, como el páncreas que produce hormonas como la insulina y el glucagón pero también produce jugo pancreático.



Esquema que representa la diferencia entre las glándulas exocrinas (a) y las endocrinas (b).

Las glándulas se distribuyen en distintas regiones del cuerpo y las células, tejidos u órganos sobre los que ejercen su acción se denominan **célula u órgano blanco**. Por ejemplo, los testículos producen testosterona, la testosterona actúa sobre los músculos incrementando la masa muscular, sobre la dermis incrementando la secreción sebácea y el crecimiento de pelo, y en los testículos incrementando la producción de espermatozoides. Una misma hormona puede tener efectos diferentes sobre distintos órganos blanco. Por ejemplo, cómo se ve en la siguiente imagen, la misma hormona que produce la contracción en un músculo, en otras células puede producir un cambio interno o estimular la secreción de una enzima. Además no todas las células del cuerpo reciben la información que circula, sino que lo hacen solo las que tienen los receptores específicos para una hormona determinada. Usando una analogía, es como la señal de internet o de televisión, solo podemos recibirla si tenemos el receptor específico que capta dicha señal.



Esquema que representa el funcionamiento del sistema endocrino. Las hormonas se liberan en sangre y actúan sobre una o más células receptoras o blanco.

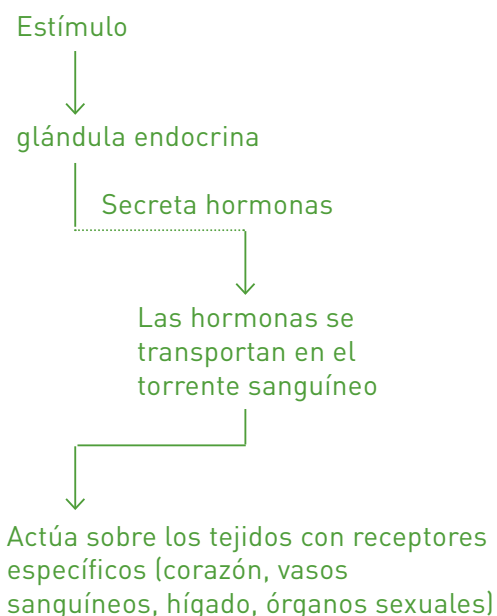
El efecto ejercido por el sistema endocrino es menos veloz que el del sistema nervioso pero de respuesta más sostenida, porque el transporte a través de los vasos sanguíneos es más lento que el de los nervios. Otra particularidad del sistema endocrino es que su control es de tipo retroalimentación. Los procesos homeostáticos de retroalimentación pueden ser de dos tipos, de retroalimentación positiva o negativa. La retroalimentación positiva consiste en que la presencia de la hormona en la sangre estimula su producción. La retroalimentación negativa ocurre en los casos en los que el aumento de la hormona reduce o disminuye la acción de la glándula que la produce. En general como la permanencia prolongada de una hormona puede provocar efectos no deseados, las glándulas se controlan mediante mecanismos de retroalimentación negativa. Este mecanismo impide desbalances en las concentraciones.



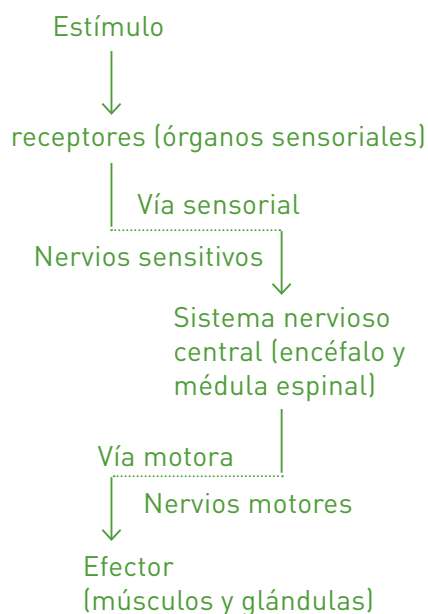
ACTIVIDAD

4. Teniendo en cuenta lo estudiado y los esquemas que se presentan a continuación, realice un cuadro de doble entrada en el que compare los sistemas endocrino y nervioso. Algunos de los criterios a tener en cuenta pueden ser: órganos que lo componen; tipo de transmisión, tiempo de respuesta; vía de conducción; entre otras.

Sistema endocrino



Sistema nervioso



Glándulas endocrinas y sus funciones

La mayoría de las hormonas están reguladas por la hipófisis. Esta es la glándula que podríamos considerar rectora de casi todo el sistema endócrino. La hipófisis presenta dos regiones fisiológicamente diferenciadas. La región anterior estimula otras glándulas y la posterior o neurohipófisis segrega neurohormonas. Para ejemplificar la función de las hormonas analizaremos el caso de la relación entre regulación hormonal y nerviosa como el caso de la estimulación de producción de leche durante el amamantamiento. En el organismo, el sistema endocrino y el nervioso comparten la coordinación de múltiples procesos homeostáticos, dado lo cual es común referirse a ambos sistemas como **sistema neuroendocrino**. El hipotálamo forma parte del sistema nervioso, pero también produce neurohormonas que estimulan a la glándula hipófisis. Ante un estímulo como la succión (estímulo táctil) en la mamas. El hipotálamo secreta hormona liberadora de prolactina que actúa sobre la hipófisis que produce y libera prolactina. La presencia de esta hormona en sangre estimula la producción de leche en la glándula mamaria. Por el contrario cuando hay ausencia de estímulo de succión en la mamas, el hipotálamo cesa la secreción de hormona liberadora de prolactina y cesa la producción de leche.

SISTEMA INMUNE

Hasta aquí hemos estudiado el ingreso y egreso de sustancias, requeridas para el funcionamiento metabólico, hemos visto cómo el organismo se mantiene en equilibrio a pesar de los cambios internos y externos, pero aún



La inmunidad artificial se logra mediante la aplicación de vacunas.

no hemos descrito cómo el sistema inmune detecta y destruye los agentes patógenos que ingresan por las distintas vías a la sangre o las células. ¿Cómo es posible que aunque estemos expuestos a agentes “extraños” de manera permanente, sólo en algunos casos nos enfermamos? Esto ocurre porque nuestro cuerpo tiene varios mecanismos de defensa, que se reúnen en dos grupos: la **inmunidad natural** y la **inmunidad artificial**.

La **inmunidad natural** incluye dos tipos de inmunidad, la inespecífica y la específica.

La **inmunidad inespecífica** o **respuesta inmune inespecífica** refiere al conjunto de barreras naturales y secreciones que constituyen una **barrera primaria** de defensa. Entre estas se encuentra la piel, la mucosa de las vías respiratorias, la acidez del sistema digestivo. Se dice que es inespecífica porque es independiente de la existencia de agentes patógenos y constituye la barrera primaria de defensa. Cuando estas barreras son superadas actúa la segunda barrera que se denomina la **barrera secundaria** de defensa y en ella actúan ciertos componentes sanguíneos, como las histaminas que provocan lo que se conoce como **respuesta inflamatoria**.

Cuando un agente extraño logra pasar la inmunidad inespecífica se desencadenan otros procesos llamados **inmunidad específica** o **respuesta inmune específica**. En ella actúan componentes del sistema circulatorio y linfático. Los linfocitos son un tipo de glóbulos blancos que se distinguen en linfocitos **B** y linfocitos **T**; además actúan las **células plasmáticas** y las **de memoria**.

La **inmunidad artificial** es la producción de anticuerpos cuando se introduce en el cuerpo un agente patógeno o sus derivados, por ejemplo alguna “parte” del mismo, como en el caso de la aplicación de vacunas.



ACTIVIDAD

5. Piense y escriba alguna analogía que represente la inmunidad específica. Podría pensar en una fortaleza tipo castillo, con puentes levadizos, pasadizos, fosas, cocodrilos, arqueros, etc. Luego defensas internas a la fortaleza, como guardias, carceleros, etc. Indique qué función tendrían los integrantes de la defensa de su analogía y qué estructuras del proceso de inmunidad específica representa. Justifique.

Inmunidad natural

El cuerpo humano cuenta con dos tipos de barreras biológicas o de defensa contra el ingreso de agentes extraños: las barreras primarias y las secundarias. Las barreras primarias se explican y sintetizan en la ilustración de esta página, que también muestra qué ocurre en los casos en que algún agente patógeno lograra superar dichas barreras. La piel constituye la primera barrera de nuestro cuerpo y evita el ingreso de microorganismos. Los órganos o sistemas que están en contacto con el exterior: boca, nariz, ojos, están cubiertos de mucosa y presentan glándulas que secretan sustancias que incrementan la acidez para evitar la reproducción de microorganismos. El sudor, el sebo, la saliva, las lágrimas, el flujo vaginal, son ejemplo de estas sustancias. También la mucosa que recubre el interior del conducto urinario y genital secreta un moco que atrapa agentes extraños.

Una vez que los microorganismos han ingresado, se encuentran con una segunda línea de defensa, que se denomina respuesta inmune específica. Esta respuesta consiste en reconocer el agente extraño que ingresa al organismo, y eliminarlo. En ella intervienen distintos tipos de glóbulos blancos y las moléculas que sintetizan llamadas anticuerpos.

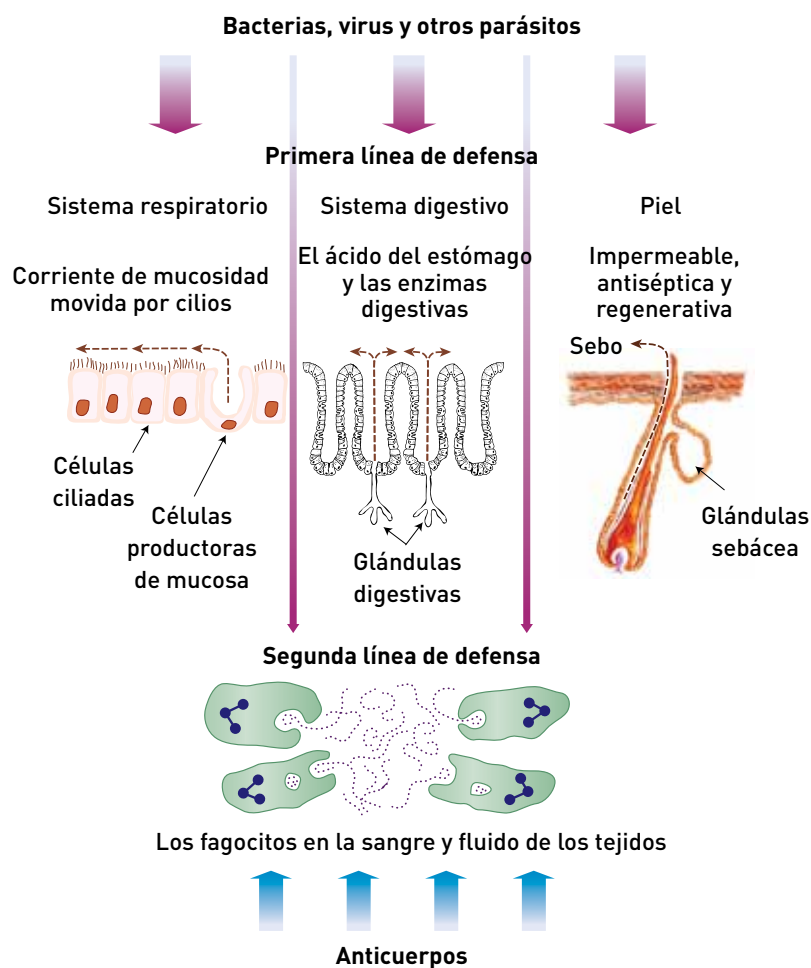


Diagrama que representa la inmunidad natural.

Inmunidad específica

El cuerpo detecta la presencia de agentes causantes de enfermedades y sus toxinas por el “reconocimiento” de las diferencias químicas. Cuando esto ocurre además de la defensa mediada por células se producen anticuerpos que se “pegan” en las paredes de las células extrañas o sobre las toxinas. Los organismos o sustancias químicas extrañas que estimulan la producción de anticuerpos se denominan **antígenos**. Los **anticuerpos** son proteínas producidas por los linfocitos, son altamente específicos y tienen efectos diferentes sobre los antígenos. Algunos se adhieren a las paredes de las células y las hacen susceptibles a ser destruidas por glóbulos blancos; otros los degradan, otros los aglutinan, pegotean, impidiendo que ingresen a otras células y se reproduzcan, y otros se pegan a las toxinas impidiendo su efecto dañino.

Cuando un agente extraño ingresa en el organismo por primera vez se desencadena una **respuesta inmune primaria**. Cuando este agente ingresa nuevamente al cuerpo, es decir ya fue reconocido, eliminado y se generaron células de memoria se pone en marcha la **respuesta inmune secundaria**.

Los primeros glóbulos blancos que actúan son los macrófagos, células que envuelven y degradan al agente extraño y exponen en su membrana plasmática señales que activan los linfocitos. Los linfocitos son células que se originan y maduran en la médula ósea de huesos largos y en el timo, una glándula situada entre la tráquea y el esternón. De allí su nombre linfocitos T y B, “T” de timo y “B” de médula ósea en inglés (bone marrow). Los linfocitos T y B son conducidos por los vasos linfáticos a los ganglios linfáticos allí se almacenen y activan en presencia de un agente extraño.

Seguramente a consecuencia de una amigdalitis infecciosa o una muela infectada has detectado la inflamación de los ganglios del cuello, esta inflamación se ocasiona porque, como consecuencia de la infección, se comienzan a producir grandes cantidades de linfocitos. Los linfocitos T y B tienen diferentes subtipos que actúan activando otras células, eliminando células alteradas, guardando en la memoria los antígenos que ingresaron previamente al cuerpo. Las células de memoria son las encargadas de impedir que un agente extraño ingrese nuevamente al cuerpo, pues lo reconocen rápidamente previniendo reinfecciones. De allí que muchas infecciones bacterianas y virales solo se padezcan una vez. Cuando se produce una **reinfección** se pone en marcha la **respuesta inmune secundaria**, es decir, directamente actúan los linfocitos de memoria que quedaron activados de la infección anterior.

Inmunidad artificial

Las vacunas producen inmunidad porque estimulan la producción de anticuerpos. Se elaboran a partir de microorganismos vivos o muertos, que no producen la enfermedad pero desencadenan la respuesta inmune. Estos, cuando son introducidos al cuerpo o inoculados provocan una respuesta inmune primaria semejante a la que produciría el cuerpo al contraer la enfermedad. De este modo si

se produce la infección real, el cuerpo ya está preparado para eliminarlo. Existen en la actualidad muchas vacunas, que se aplican en diferentes etapas de la vida. A continuación se presente al calendario de vacunación de nuestro país.

CALENDARIO NACIONAL DE VACUNACIÓN

El Estado Nacional garantiza **VACUNAS GRATUITAS** en centros de salud y hospitales públicos de todo el país

Vacunas	BCG (1)	Hepatitis B HB (2)	Neumococo Conjugado (3)	Quínica, Pertussis, Tétanos DTP-PP-III (4)	Rubeola (5)	Cólera o Quínica, Fiebre tifoidea (6)	Fólio (7)	Tétano viral SVP (8)	Gripe (9)	Polio (10)	Angio Bacterina Caldo EIP (11)	Tétano Bacterina Anatoxina EIP (12)	Doble Bacterina (13)	Virus Papiloma Humano VPH (14)	Doble Viral SR (15)	Tétano Anatoxina (16)	Tétano Pasivo (17)
Edad	Única dosis (A)	Única dosis (B)															
Recién nacido																	
2 meses			1ª dosis	1ª dosis	1ª dosis (B)		1ª dosis										
4 meses			2ª dosis	2ª dosis	2ª dosis (B)		2ª dosis										
6 meses				3ª dosis			3ª dosis										
12 meses			refuerzo					1ª dosis		única dosis							
15 meses									dosis anual (D)								
15-18 meses						1ª refuerzo	4ª dosis										
18 meses																1ª dosis (D)	
24 meses																	
5-6 años (segunda dosis)							refuerzo	2ª dosis			2ª refuerzo						
11 años		integrar o completar esquema (E)						integrar o completar esquema (F)				refuerzo		solo para niñas		refuerzo (D)	
A partir de los 15 años																	única dosis (D)
Adultos		integrar o completar esquema (E)											refuerzo (D)		integrar o completar esquema (E)		
Embarazadas									dosis anual (D)			refuerzo (D)					
Puerperio									dosis anual (E)								
Personal de salud		integrar o completar esquema (E)							dosis anual						integrar o completar esquema (E)		

(A) Dosis de repase de la maternidad

(B) Dosis primera dosis (1ª dosis de vida)

(C) Si no hubiera recibido el esquema completo deberá completarlo. Si no se tiene que iniciar, aplicar (1) dosis.

(D) Dosis de repase de la primera y (E) dosis de la dosis de la primera.

(E) Si la primera dosis debe administrarse entre los 14 y 24 meses y 1 día antes de viajar a Europa.

(F) Si la última dosis debe administrarse entre los 24 meses y 1 día antes de viajar a Europa.

(G) Si no hubiera recibido dosis de Hepatitis B o de Tétano.

(H) Si no hubiera recibido dosis de Hepatitis B o de Tétano.

(I) Si no hubiera recibido dosis de Hepatitis B o de Tétano.

(J) Si no hubiera recibido dosis de Hepatitis B o de Tétano.

(K) Si no hubiera recibido dosis de Hepatitis B o de Tétano.

(L) Si no hubiera recibido dosis de Hepatitis B o de Tétano.

(M) Si no hubiera recibido dosis de Hepatitis B o de Tétano.

(N) Si no hubiera recibido dosis de Hepatitis B o de Tétano.

(O) Si no hubiera recibido dosis de Hepatitis B o de Tétano.

(P) Si no hubiera recibido dosis de Hepatitis B o de Tétano.

(Q) Si no hubiera recibido dosis de Hepatitis B o de Tétano.

(R) Si no hubiera recibido dosis de Hepatitis B o de Tétano.

(S) Si no hubiera recibido dosis de Hepatitis B o de Tétano.

(T) Si no hubiera recibido dosis de Hepatitis B o de Tétano.

(U) Si no hubiera recibido dosis de Hepatitis B o de Tétano.

(V) Si no hubiera recibido dosis de Hepatitis B o de Tétano.

(W) Si no hubiera recibido dosis de Hepatitis B o de Tétano.

(X) Si no hubiera recibido dosis de Hepatitis B o de Tétano.

(1) BCG. Subcutáneo (Puntaje: 100%)

(2) HB. Inyectable (Puntaje: 100%)

(3) Neumococo. Inyectable (Puntaje: 100%)

(4) Quínica. Inyectable (Puntaje: 100%)

(5) Rubeola. Inyectable (Puntaje: 100%)

(6) Cólera o Quínica. Inyectable (Puntaje: 100%)

(7) Fólio. Inyectable (Puntaje: 100%)

(8) Tétano viral. Inyectable (Puntaje: 100%)

(9) Gripe. Inyectable (Puntaje: 100%)

(10) Polio. Inyectable (Puntaje: 100%)

(11) Angio Bacterina. Inyectable (Puntaje: 100%)

(12) Tétano Bacterina. Inyectable (Puntaje: 100%)

(13) Doble Bacterina. Inyectable (Puntaje: 100%)

(14) VPH. Inyectable (Puntaje: 100%)

(15) Doble Viral. Inyectable (Puntaje: 100%)

(16) Tétano Anatoxina. Inyectable (Puntaje: 100%)

(17) Tétano Pasivo. Inyectable (Puntaje: 100%)

(18) Doble Viral. Inyectable (Puntaje: 100%)

(19) Doble Viral. Inyectable (Puntaje: 100%)

(20) Doble Viral. Inyectable (Puntaje: 100%)

(21) Doble Viral. Inyectable (Puntaje: 100%)

(22) Doble Viral. Inyectable (Puntaje: 100%)

(23) Doble Viral. Inyectable (Puntaje: 100%)

(24) Doble Viral. Inyectable (Puntaje: 100%)

Para más información:
0-800-222-1002 www.msc.gov.ar

(B) Antes de la edad de la maternidad.
(C) En los primeros 12 meses de vida.
(D) Si se hubiera recibido el esquema completo deberá completarlo. Si está de tener para completar, aplicar 1ª dosis.
(E) Única al mes de la primera y 2ª dosis los 6 meses de la primera.
(F) La primera dosis debe administrarse antes de los 14 meses y la 2da a los 18 meses y refuerzo.
(G) La última dosis debe administrarse antes de los 24 meses a los 6 meses de vida.
(H) Si se hubiera recibido una dosis de Tétano Viral o una de Tétano Viral antes de los 14 meses de vida.
(I) Única antes de la primovacunación 2 dosis de refuerzo.

Indicaciones de refuerzo por todas vacunas.
(1) En cualquier momento de la vida.
(2) Por primera dosis de la vacuna, que se re-actualiza durante el embarazo.
(3) Por primera dosis de la vacuna, que se re-actualiza durante el embarazo.
(4) A los 18 meses de la última vacunación antitetánica.
(5) A partir de la vacuna 2ª de refuerzo.
(6) Refuerzo en caso de riesgo. Dosis refuerzo a los 18 años de la 2ª dosis.
(7) Refuerzo en cualquier caso de riesgo. Dosis refuerzo a los 18 años de la 2ª dosis.
(8) Refuerzo en cualquier caso de riesgo a cualquier edad de la vida.

(1) BCG: Subcutáneo (Puntaje: 100%).
(2) HB: Inyectable.
(3) Neumococo: Inyectable.
(4) DTP-PP-III: Inyectable.
(5) Rubeola: Inyectable.
(6) Cólera o Quínica: Inyectable.
(7) Fólio: Inyectable.
(8) Tétano viral: Inyectable.
(9) Gripe: Inyectable.
(10) Polio: Inyectable.
(11) Angio Bacterina: Inyectable.
(12) Tétano Bacterina: Inyectable.
(13) Doble Bacterina: Inyectable.
(14) VPH: Inyectable.
(15) Doble Viral: Inyectable.
(16) Tétano Anatoxina: Inyectable.
(17) Tétano Pasivo: Inyectable.

(1) BCG: Subcutáneo (Puntaje: 100%).
(2) HB: Inyectable.
(3) Neumococo: Inyectable.
(4) DTP-PP-III: Inyectable.
(5) Rubeola: Inyectable.
(6) Cólera o Quínica: Inyectable.
(7) Fólio: Inyectable.
(8) Tétano viral: Inyectable.
(9) Gripe: Inyectable.
(10) Polio: Inyectable.
(11) Angio Bacterina: Inyectable.
(12) Tétano Bacterina: Inyectable.
(13) Doble Bacterina: Inyectable.
(14) VPH: Inyectable.
(15) Doble Viral: Inyectable.
(16) Tétano Anatoxina: Inyectable.
(17) Tétano Pasivo: Inyectable.

Para más información:
0-800-222-1002 www.msc.gov.ar
DiNaCEI
Ministerio de Salud
Presidencia de la Nación



ACTIVIDADES

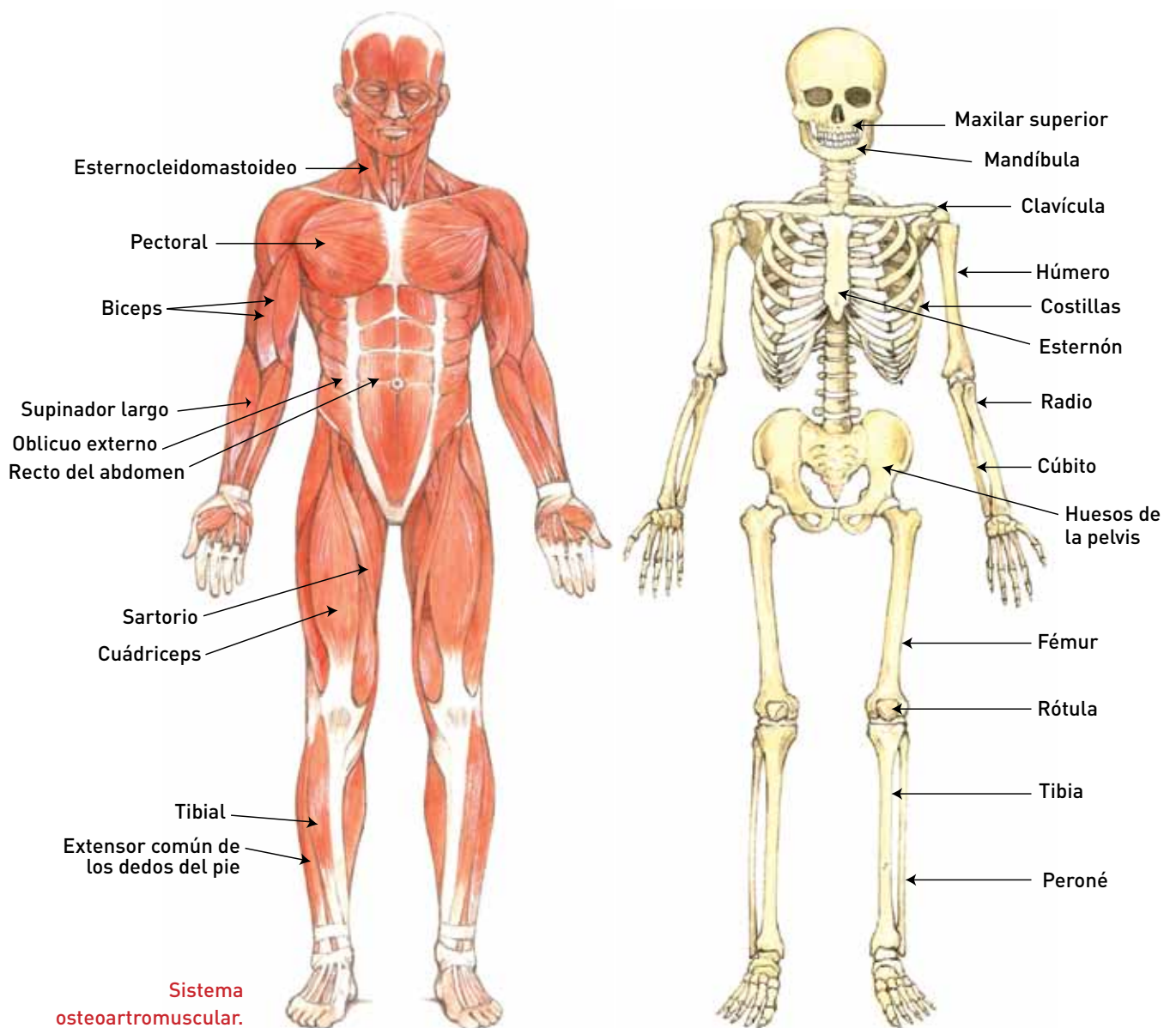
- Para conocer más acerca de la invención de las vacunas, vea el video “La viruela, historia de una enfermedad” en: goo.gl/gcXgi9
Luego, responda:
 - ¿En qué ciudad y año ocurre la epidemia de viruela? ¿Cuál era el problema en esa época?
 - ¿Cómo se transmitía la enfermedad? ¿Qué hipótesis plantea el médico Edward Jenner? ¿Cuáles eran las consecuencias de la enfermedad?
 - ¿Por qué el virus de la vaca no causaba la muerte a las personas que estaban en contacto?
 - ¿Podría efectuarse un experimento semejante en la actualidad?, ¿qué peligros corrían los que eran inmunizados con llagas de viruela?
 - Según la información consultada, ¿por qué se le da el nombre de vacunas?
- Haga un esquema que sintetice los tipos de inmunidad, con los siguientes términos: respuesta inmune, repuesta natural, respuesta artificial, respuesta inmune primaria, respuesta inmune secundaria; moco, fagocitos.

EL SISTEMA OSTEOARTROMUSCULAR

La mayoría de las actividades que realizamos son posibles por el funcionamiento conjunto e integrado de huesos, músculos y articulaciones, es decir del sistema oseoartromuscular. Pero este sistema no actúa de manera aislada, sino que efectúa las respuestas del sistema nervioso y ambos participan en el mantenimiento de la postura corporal y movimientos controlados y coordinados.

Estructura y funcionamiento del sistema oseoartromuscular

Este sistema puede estudiarse como subsistemas, el óseo compuesto por los huesos, el articular, conformado por las articulaciones, y el muscular, formado por los músculos. Este sistema en su conjunto permite el movimiento, el sostén y la protección de ciertos órganos.



Subsistema óseo

El subsistema **óseo** comprende todos los huesos que forman el esqueleto. Son los órganos que permiten la inserción muscular, y colaboran en mantener la postura corporal y el movimiento. Los huesos además participan en la protección de órganos como los huesos del tórax y del cráneo que forman cavidades en los que se alojan el cerebro, los pulmones, el corazón.

El conjunto de huesos que forma parte del cuerpo humano se llama esqueleto y puede subdividirse en zonas: el esqueleto axial o central y el esqueleto apendicular. El esqueleto axial corresponde al cráneo, la columna vertebral y la caja torácica, es decir que constituye el eje del cuerpo. El esqueleto apendicular, por su parte, está formado por la cintura escapular, en los hombros; la cintura pélvica, en la cadera, y los huesos de las extremidades superiores e inferiores.



El cartílago de crecimiento se encuentra en los huesos largos y consiste en un disco cartilaginoso que permite el crecimiento del hueso en longitud. Cuando la persona deja de crecer ese cartílago se osifica (se convierte en hueso). Este cartílago permite evaluar la maduración esquelética, comúnmente llamada edad ósea. De acuerdo al grado de maduración se establece una edad ósea para cada niño en particular. Con la edad ósea uno puede estimar el potencial de crecimiento que tiene el niño.

Los huesos pueden clasificarse de acuerdo con sus dimensiones: largo, espesor y ancho, en huesos **largos**, **cortos** y **planos**.

- En los **huesos largos** predomina la longitud sobre el ancho y el espesor. En general, forman parte de las zonas del cuerpo con amplios movimientos, como las extremidades, tanto de las superiores (brazo, antebrazo y mano) como de las inferiores (muslo, pierna y pie).
- Los **huesos cortos** tienen las tres dimensiones similares y soportan grandes presiones. En nuestro cuerpo forman parte de la columna vertebral (vértebras) y también están presentes en determinadas zonas de las manos y los pies, que se conocen como carpo (en la muñeca) y tarso (en el talón).
- Los **huesos planos**, son anchos y largos, pero su espesor es menor. Son ejemplos de huesos planos los huesos del cráneo, los coxales (en la zona pélvica), estos huesos son menos densos que los largos y cortos. Suelen cumplir la función de proteger a ciertos órganos internos muy delicados.



Hueso largo
(fémur)



Hueso corto
(vértebra)



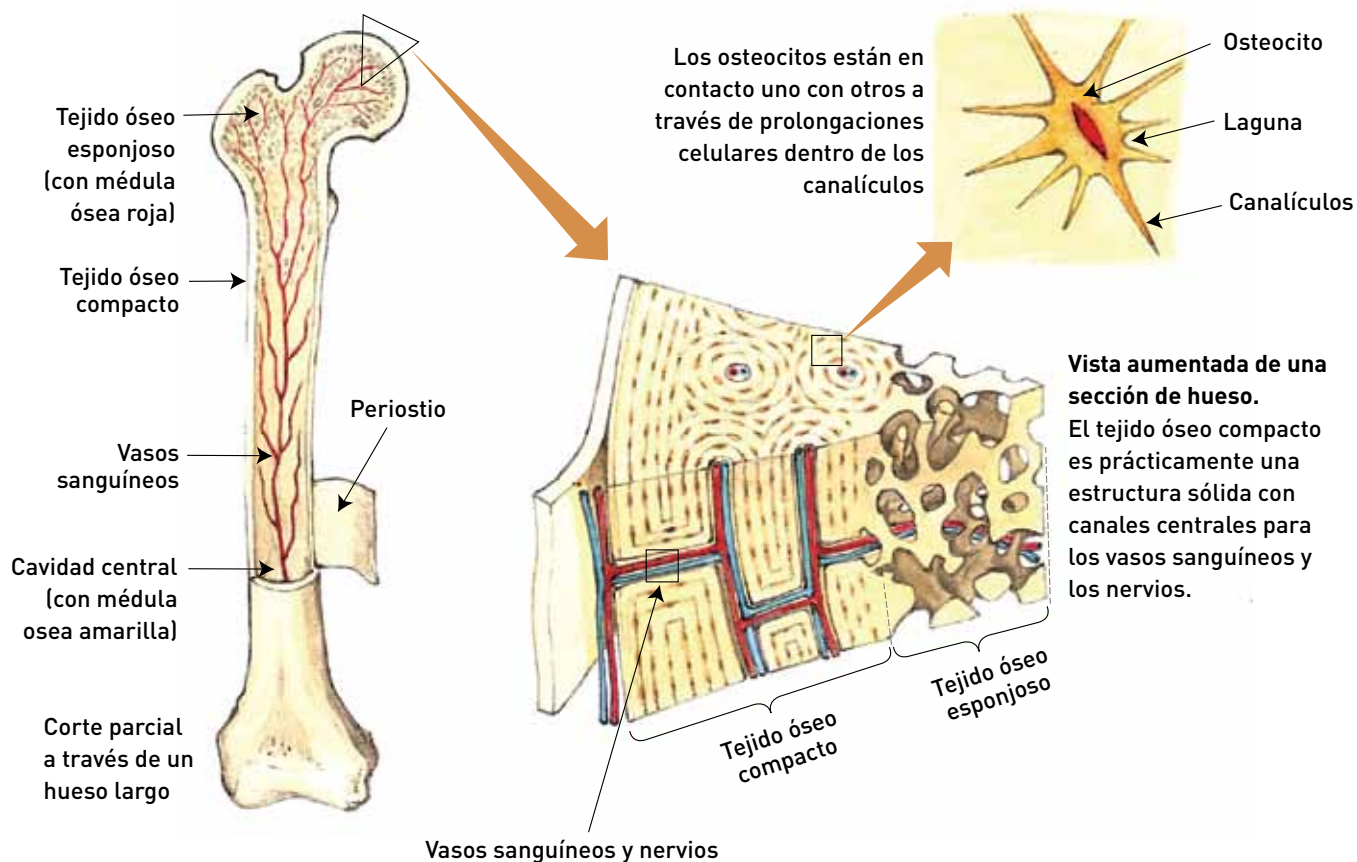
Hueso plano
(omóplato)

Composición de los huesos

Los huesos están compuestos por el **tejido óseo**. Este tejido posee células llamadas osteocitos, que producen los materiales de la matriz ósea o “cuerpo” del hueso: sales de calcio que forman laminillas calcificadas que constituyen el material duro del hueso y proteínas como el colágeno que le otorgan cierta elasticidad y reducen su fragilidad. En el hueso hay canalículos que se distribuyen entre las células óseas y permiten que llegue el oxígeno y los nutrientes, y se eliminen los desechos. Estos conductos son muy importantes porque permiten el intercambio de materiales, que resultaría imposible porque la sustancia entre las células es sólida.

El tejido óseo se distribuye de dos formas, originando **tejido óseo esponjoso** y **tejido óseo compacto**. En el tejido esponjoso las laminillas se distribuyen de forma irregular y se forman espacios que son ocupados por médula ósea roja, que produce las células de la sangre. Este tejido se encuentra en los extremos internos de los huesos largos, y en el interior de los cortos y planos. El tejido esponjoso es menos denso y resistente. El tejido óseo compacto se caracteriza porque las laminillas se disponen de manera regular, es más denso y posee mayor resistencia. Suele ser la parte superficial de los huesos.

Todos los huesos están cubiertos por una membrana fibrosa, resistente y protectora, con abundantes vasos sanguíneos, llamada **periostio**.



Estructura de un hueso largo.



ACTIVIDADES

8. Busque huesos de pollo, vaca, cordero, o imágenes o radiografías de huesos.
- b. Clasifíquelos en huesos cortos, largos y planos. Puede usar las siguientes características: dimensión predominante, localización, función y densidad o distribución de tejido óseo compacto y esponjoso.
9. Indique si cada uno de los siguientes huesos es largo, plano o corto.
fémur • cúbito • rótula • frontal • vértebra • omóplato • tibia

Subsistema muscular

Los **músculos** son los órganos que producen el movimiento de las diferentes partes del cuerpo. Son órganos blandos con la capacidad de **contraerse** (disminuir la longitud) y **relajarse** (retomar su longitud original). La mayoría de ellos se hallan fijados a los huesos a través de los tendones, que son cordones fibrosos.

Como los huesos, los músculos también pueden clasificarse en largos, cortos y planos. Los **músculos largos**, como el bíceps (brazo) o el cuádriceps (muslo), suelen estar asociados a huesos largos y realizan movimientos amplios. Se presentan mayormente en las extremidades. Los **músculos cortos** permiten movimientos limitados y sostenidos, y se encuentran por ejemplo uniendo las vértebras. Los **músculos anchos**, recubren cavidades, como la abdominal. Efectúan movimientos limitados y poco sostenidos.

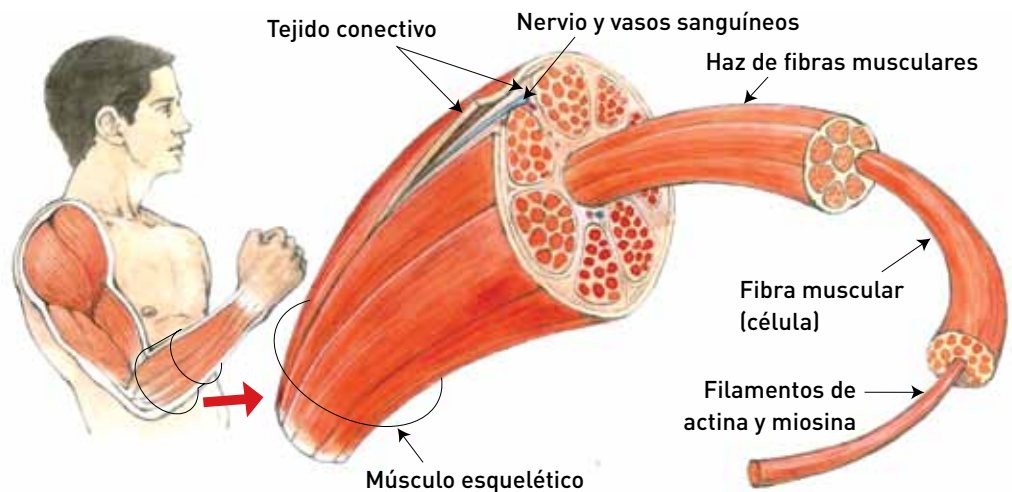
Estructura y tipos de los músculos

Los músculos están formados por células alargadas llamadas **fibras**. Estas se distribuyen formando haces recubiertos de una membrana de tejido conectivo. Finalmente, uno o varios haces de fibras musculares forman un músculo completo. Cada fibra muscular está formada por filamentos de **proteínas contráctiles** llamadas **actina** y **miosina**, que son las que permiten la contracción muscular.

En cuanto a su estructura y función, existen tres tipos de músculo: el músculo liso, el músculo esquelético o estriado y el músculo cardíaco.

- El **músculo liso** se encuentra principalmente en las vísceras y los vasos sanguíneos, y no puede ser controlado voluntariamente.
- El **músculo esquelético** efectúa todos los movimientos voluntarios, como correr, tocar el piano, y genera los movimientos respiratorios. También se lo llama **estriado** porque la disposición de las proteínas que posee le da un aspecto “rayado”.
- El **músculo cardíaco** es una variedad de músculo estriado que no puede controlarse voluntariamente. Forma el corazón, como su nombre lo indica.

Los músculos están inervados por nervios motores y, al recibir un estímulo nervioso, los filamentos de actina y miosina se desplazan y se produce la contracción muscular.



Estructura de un músculo esquelético.

Subsistema articular

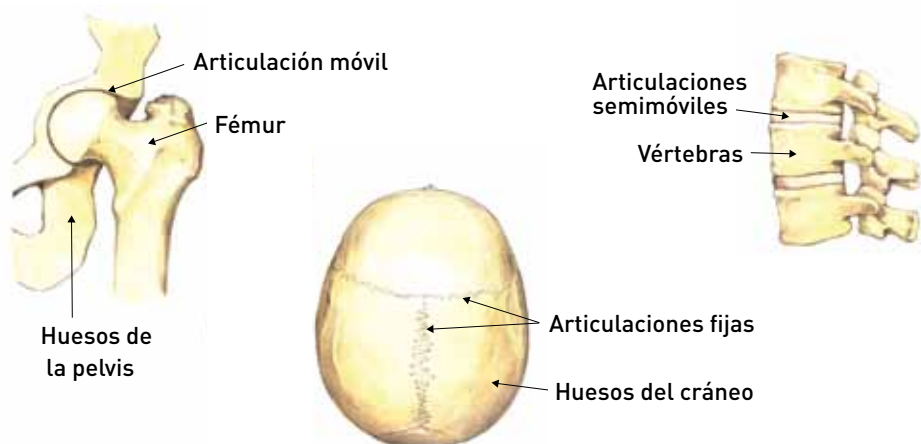


Las articulaciones determinan el tipo de movimientos que el cuerpo humano puede realizar.

Los músculos y los huesos funcionan en conjunto alrededor de las articulaciones, donde se “unen” dos o más huesos. Dado que los músculos solo pueden relajarse y contraerse, producen movimientos alrededor de las **articulaciones** trabajando como pares antagónicos: cuando uno se contrae el otro se relaja. En las articulaciones, los extremos de los huesos se unen a través de los ligamentos que son bandas flexibles de tejido conectivo.

Según el grado de movilidad las articulaciones pueden ser de distinto tipo: móviles, semimóviles e inmóviles.

- Las **articulaciones móviles** son las más numerosas y permiten una gran variedad y amplitud de movimientos. En estos casos las superficies articulares de los huesos están recubiertas por cartílago, evitando su desgaste, además presentan membranas sinoviales, que segregan un líquido que lubrica la articulación.
- Las **articulaciones semimóviles** permiten escasa movilidad entre los huesos que relacionan, por ejemplo las que unen las vértebras.
- Las **articulaciones inmóviles o fijas** unen los huesos, como en el caso de los huesos del cráneo. Estas también se llaman suturas.





ACTIVIDADES

10. ¿Qué es una articulación? Se suele pensar que las partes del cuerpo “articuladas” son aquellas que tienen movimiento, como el codo. ¿Es esto correcto? ¿Por qué?
11. Escriba un breve texto en el que relacione las formas de los huesos con las formas de los músculos y los tipos de articulaciones. Tenga en cuenta, por ejemplo, qué relación hay entre huesos largos, músculos largos y articulaciones móviles.



ACTIVIDADES INTEGRADORAS

A continuación le presentamos dos situaciones de la vida cotidiana que se relacionan con los sistemas de regulación y control, y le ofrecemos una breve descripción de la situación y preguntas o indicaciones para analizarla.

1. *Ingesta excesiva de alcohol*
Estudios médicos recientes coinciden en que el alcohol provoca efectos sobre los sistemas de relación y control en el organismo. Se mencionan a continuación algunos de los efectos de esta droga.
 - a. Lea cada uno de los efectos descriptos.
 - b. Mencione los órganos y estructuras de los sistemas de regulación y control que considere están involucrados en la disfunción (mal funcionamiento) por ingesta excesiva de alcohol.
 - c. Indique sistemas/órganos y funciones sobre los que actúa y sus efectos.
 - El alcohol aumenta la dilatación periférica de los vasos sanguíneos e incrementa el flujo de sangre hacia la piel, y la pérdida de calor. En climas fríos puede provocar hipotermia.
 - En el cerebro inhibe las funciones de la región frontal por lo que disminuye la capacidad de concentración y control.
 - Aumenta la actividad cardíaca, pero reduce la contractibilidad del músculo cardíaco (bombea menos sangre por latido).
 - Altera la secreción de neurotransmisores y produce un efecto depresor sobre el SNC, lo que produce síndrome confusional y cerebeloso, hasta llegar al coma.
 - Produce aumento de la presión arterial.
 - El alcohol tiene un efecto tóxico directo sobre las vías ópticas sensitivas, reduciendo la calidad de la visión. También produce efectos sobre el oído reduciendo la audición de sonidos agudos.Más información en goo.gl/Mnrhk5

2. *Cuando andamos en bicicleta...*

Casi todos aprendimos cuando éramos pequeños a andar en bicicleta. Este proceso nos llevó un tiempo, pero luego que logramos la habilidad ya no la olvidamos. A medida que avanzamos, pueden ocurrir muchas cosas en el entorno, algunas son:

- Bocinazos.
 - Un semáforo que cambia de color.
 - Adquirimos demasiada velocidad y nos sentimos agitados.
 - Sudamos debido al calor y la actividad física.
 - Tenemos sed.
 - Decidimos cuando doblar, esquivar un auto, detenernos.
 - Nos caemos y sufrimos alguna herida leve.
- a.** Analice los procesos involucrados en las relaciones de control estudiados en el capítulo e indique los que podrían estar relacionados con las situaciones propuestas.
- b.** Enuncie los sistemas, y los órganos que actúan y describa brevemente los procesos involucrados. Incluya en la descripción sensores o receptores, centros de control, efectores que captan los cambios externos como así también los que captan la disminución en el dióxido de carbono y el agua o el aumento de temperatura en el ambiente interno.

UNIDAD 3

La función de reproducción
en el organismo humano

¿CÓMO SE MANTIENE LA CONTINUIDAD DE LA ESPECIE?

La reproducción es una función biológica que permite la continuidad de los organismos tanto unicelulares como pluricelulares. Todas las células en un ser vivo tienen ciertas instrucciones “escritas en un lenguaje codificado” que permiten la generación de individuos semejantes a ellos. En organismos formados por una sola célula esta función involucra la duplicación de la información genética y la división del organismo en dos partes iguales.

En el caso de los organismos pluricelulares la reproducción implica la producción de células sexuales, también llamadas **gametas** que se producen en órganos reproductivos denominados en general **gónadas**. En individuos que presentan diferentes sexos biológicos, las gónadas son femeninas o masculinas. Las femeninas producen **óvulos** y se denominan ovarios, las masculinas se denominan testículos y producen **espermatozoides**.



Ilustraciones de numerosos espermatozoides y de un óvulo.

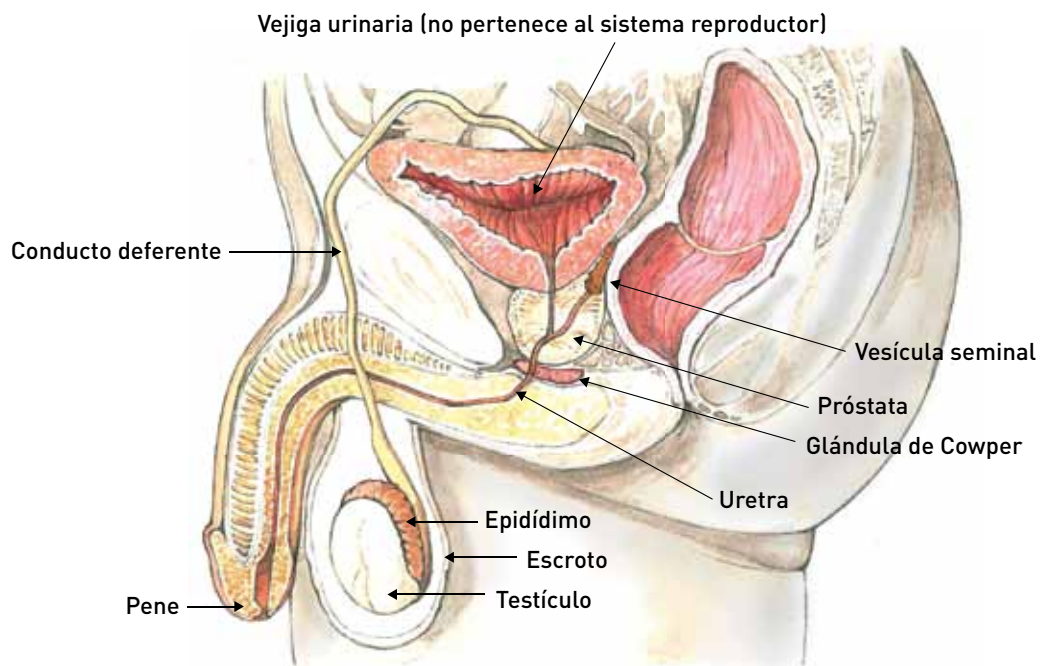
EL SISTEMA REPRODUCTOR HUMANO

Los seres humanos se reproducen sexualmente y por lo tanto, se requieren dos tipos de células sexuales cuya unión origina individuos con características semejantes a las de sus progenitores. La reproducción no podemos definirla como una función vital, pues la continuidad de la vida del individuo no depende de ella, pero sí es fundamental para la especie.

Sistema reproductor masculino

El sistema reproductor masculino es el responsable de la producción de espermatozoides y de fluidos que serán transportados hacia el exterior del cuerpo durante la eyaculación.

Este sistema está formado por diferentes órganos, algunos de los cuales son externos, mientras que otros se encuentran en la cavidad abdominal. El pene y el escroto, dentro del que se encuentran los testículos, son externos. La próstata y otras glándulas, parte de la uretra y otros conductos, se encuentran en la cavidad abdominal, es decir son internos.



Esquema que representa los componentes del sistema reproductor masculino.

- El **pene** es el órgano copulador. Su extremo distal se denomina glande y se halla cubierto por un pliegue de piel llamado prepucio. Posee propiedad eréctil, que le permite introducirse en el órgano copulador femenino (vagina). Por el interior del pene se encuentra un conducto (uretra) por el que se produce la emisión del semen durante la eyaculación.
- El **escroto** es una especie de bolsa de piel donde se alojan los testículos, a los que protege y mantiene a una temperatura 2°C menos que la corporal, necesaria para la correcta producción de espermatozoides.
- Los **testículos** son dos órganos con forma de aceituna, formados por una inmensa cantidad de **túbulos seminíferos** donde se producen de forma continua los espermatozoides. Entre estos túbulos se encuentran las glándulas de Leyding que producen la testosterona, que es la hormona sexual masculina. Esta hormona es la responsable de los caracteres sexuales secundarios (ver más adelante), y fundamental para la formación de los espermatozoides.
- El **epidídimo** es un tubo largo delgado ubicado sobre cada testículo donde se almacenan los espermatozoides hasta que adquieren movilidad.
- Los **conductos deferentes** son los que conducen los espermatozoides ya maduros desde el epidídimo hasta la uretra.
- La **uretra** es un órgano que también pertenece al sistema urinario, y en el caso del sistema reproductor masculino también tiene función reproductiva. Se extiende a lo largo del pene y conduce y expulsa los espermatozoides al exterior durante la eyaculación. Los conductos deferentes se conectan directamente con la uretra.
- Las **glándulas accesorias** producen sustancias que nutren y favorecen el desplazamiento de los espermatozoides. Son las **vesículas seminales**, que secretan el líquido seminal que contiene carbohidratos, fuente de energía

para los espermatozoides; las **glándulas de Cowper**, que secretan el líquido preseminal que actúa como lubricante durante la excitación sexual, facilitando la penetración y neutralizando la acidez de la vagina, y la **próstata**, que segrega un líquido blanco y viscoso que brinda condiciones apropiadas para los espermatozoides dentro del sistema reproductor femenino.

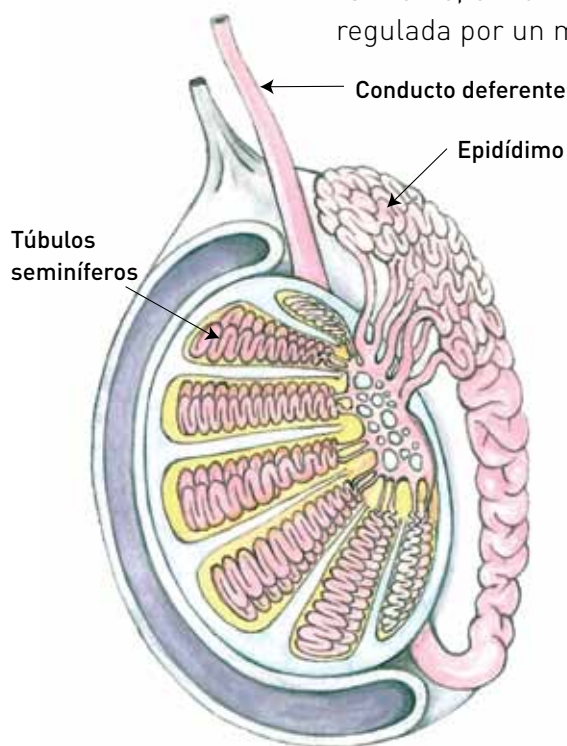


ACTIVIDAD

1. Haga un cuadro para organizar la información sobre los órganos del sistema reproductor masculino. Los criterios posibles a utilizar pueden ser, por ejemplo: localización-función-estructura.

Desarrollo sexual y regulación hormonal masculina

La información genética del nuevo individuo luego de la fecundación incluye el sexo biológico, es decir el tipo de órganos sexuales que se desarrollarán. Esto se conoce como una **característica sexual primaria**. Existen otras características que se desarrollarán en la pubertad, que se manifiestan en modificaciones propias de cada sexo como consecuencia de la producción de hormonas sexuales, estas características se denominan **caracteres sexuales secundarios**. En el hombre se producen cambios en la laringe que provocan que la voz sea más grave. A nivel cutáneo se segrega mayor oleosidad. También se incrementa el vello facial, axilar, púbico. Se desarrolla el pene y los testículos y comienza la producción de hormonas sexuales masculinas y las primeras eyaculaciones. Las hormonas sexuales masculinas reciben, generalmente, el nombre de **andrógenos**. La principal es la **testosterona**, que está regulada por un mecanismo de control del hipotálamo y la glándula hipófisis.



Formación de gametas masculinas

Este proceso de formación de espermatozoides ocurre a partir de células germinales de los túbulos seminíferos de los testículos, llamadas **espermátogonias**. Estas dan lugar a la formación de las **espermátidas**, que son espermatozoides inmaduros, no del todo formados. Desde los testículos, estos "espermatozoides" aún inmóviles pasan al epidídimo, un tubo extremadamente delgado y replegado de unos 6 m de longitud. Allí son almacenados, maduran y adquieren movilidad. Luego pasan por los **conductos deferentes** que desembocan en la **uretra**. Allí reciben las secreciones y se forma el **semen**. El semen o líquido seminal posee los espermatozoides maduros más las secreciones de la próstata, las vesículas seminales y la glándula de Cowper.

Estructura de un testículo.



Los testículos están ubicados fuera del cuerpo porque la producción de los espermatozoides requiere de una temperatura, 2 o 3 grados centígrados menor que la temperatura corporal. Si la temperatura corporal desciende, el escroto se contrae y provoca un acercamiento de los testículos al abdomen. Si la temperatura es alta, el escroto se relaja y los testículos se alejan del abdomen. En el caso de las personas de sexo masculino, la ropa interior muy ajustada puede provocar temporalmente dificultades en la producción de espermatozoides. Ya que la temperatura de los testículos supera la requerida para su producción. Por el contrario los hombres que desempeñan sus actividades laborales en automóviles y utilizan en exceso el aire acondicionado del vehículo pueden experimentar también dificultades en forma temporaria debido a la disminución de la temperatura de los testículos.

Sistema reproductor femenino

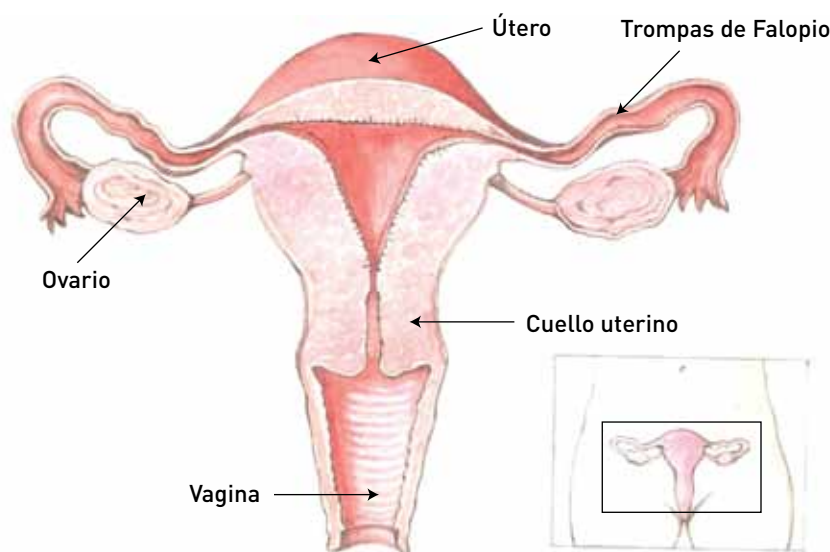
En el sistema reproductor femenino se producen los óvulos, las hormonas sexuales femeninas, y el desarrollo del embrión durante el periodo de gestación. Este sistema también posee órganos sexuales externos, que forman la vulva; y órganos sexuales internos: los ovarios, las trompas de Falopio u oviductos, el útero y la vagina.

Los órganos genitales externos de la mujer, el **clítoris**, los **labios menores** y **mayores**, así como los orificios vaginal y urinario, constituyen la **vulva**. El clítoris es un órgano sensible y eréctil. Los labios mayores son pliegues de piel que cubren a los labios menores y que en la pubertad se cubren de vello púbico.

En cuanto a los órganos sexuales internos:

- Los **ovarios** son dos órganos de aproximadamente 3 cm que se ubican en la zona inferior de la cavidad abdominal. En ellos maduran los óvulos, es decir las gametas femeninas. Estos no se producen durante la vida de la mujer, sino que al nacer toda mujer posee ya los óvulos en sus ovarios, pero comienzan a madurar recién a partir de la pubertad. Los ovarios también poseen actividad glandular pues producen hormonas (progesterona y estrógenos) que intervienen en procesos como el desarrollo de los caracteres sexuales secundarios, el ciclo menstrual, el embarazo y el parto.
- El **útero** es un órgano hueco, con forma de pera invertida. Tiene paredes musculares que reciben abundante irrigación sanguínea y con la capacidad de distenderse y aumentar considerablemente de tamaño durante el embarazo. La parte inferior del útero se llama cérvix o cuello del útero y se comunica con la vagina. La capa interna se llama endometrio y es el tejido que se expulsa a través de la vagina durante la menstruación.

- Los **oviductos** o **trompas de Falopio** son conductos musculares muy delgados. Sus células forman un tejido mucoso y tienen cilias (prolongaciones piliformes móviles) que, junto con las contracciones de sus paredes, impulsan el óvulo hasta el útero. En la mayoría de los casos allí se produce la fecundación.
- La **vagina** es el órgano copulador femenino, pues es el órgano receptor del pene durante las relaciones sexuales. Está formada por un tubo muscular que comunica al útero con el exterior. Permite el paso del flujo menstrual y constituye el canal de parto.



Esquema que representa los órganos sexuales internos del sistema reproductor femenino.

Desarrollo sexual y regulación hormonal femenina

Como se mencionó en el apartado referido a los caracteres masculinos, los caracteres sexuales secundarios son aquellos que se desarrollan en la pubertad, y se manifiestan como características propias de cada sexo biológico. En el caso de las mujeres la producción de estrógenos y progesterona, hormonas sexuales femeninas, estimula el desarrollo de los caracteres sexuales secundarios femeninos. La vagina aumenta de tamaño, los ovarios crecen y maduran los folículos en su interior (las estructuras que contienen a los óvulos), crece el vello púbico y axilar, se ensanchan las caderas y se desarrollan las glándulas mamarias. Además, comienzan las primeras menstruaciones.



Tanto en hombres como en mujeres la producción de hormonas sexuales está regulada por el hipotálamo que recibe información nerviosa de otras partes del cuerpo. Esto implica que en situaciones de estrés, preocupación e incluso de cambios climáticos bruscos se puede modificar la producción de hormonas sexuales y la fertilidad.

Hormonas femeninas y ciclo menstrual

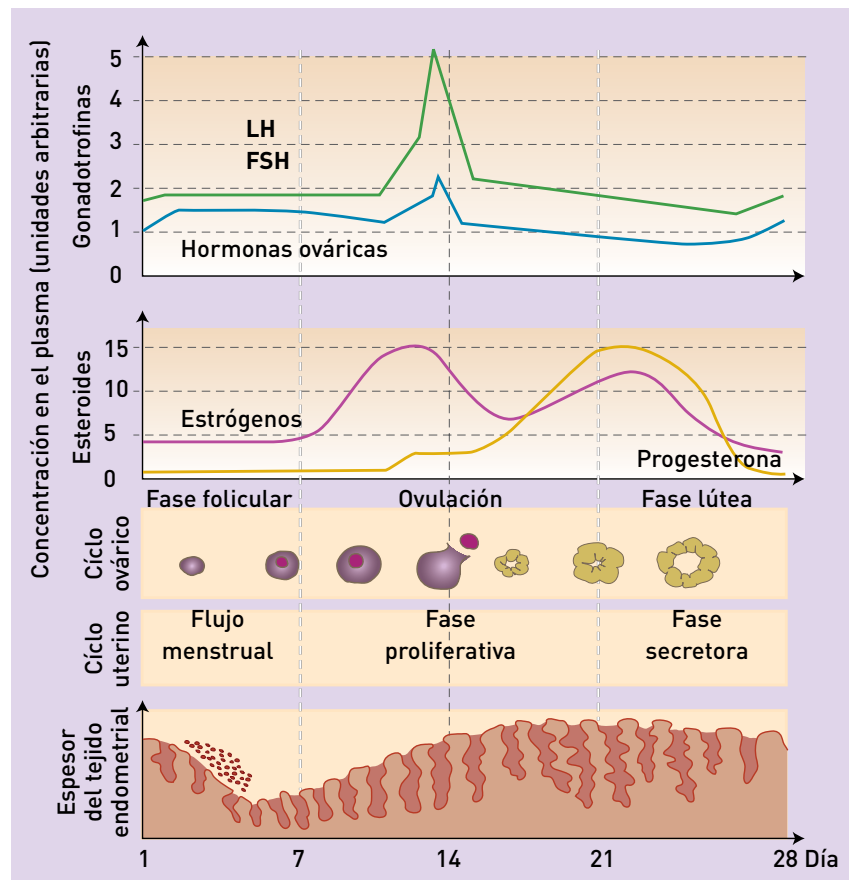
Del mismo modo que ocurre con la maduración sexual masculina, la secreción de hormonas sexuales produce la formación de gametas femeninas que se conoce como ovogénesis. En el caso de las mujeres, la ovogénesis presenta una particularidad. Cuando una mujer nace, tiene dentro de sus ovarios alrededor de dos millones de óvulos inmaduros, que se hallan en una etapa temprana del proceso de división celular.



ACTIVIDAD

2. A partir de lo estudiado hasta el momento, realice un cuadro comparativo con los caracteres sexuales secundarios de las mujeres y los varones. Luego, entre todos, comparen todos los cuadros realizados en el curso y construyan un cuadro completo con los caracteres mencionados en el texto.

A partir de la pubertad, estimulado por el aumento de la producción de hormonas sexuales femeninas, un óvulo completa su maduración en cada ciclo y es liberado por el ovario en un proceso denominado ovulación. Durante el proceso previo y posterior a la ovulación los niveles de hormonas aumentan o disminuyen regulados por el hipotálamo y los ovarios. Estas variaciones constituyen un ciclo con regulación por retroalimentación, que se conoce como **ciclo menstrual**.



Esquema del ciclo menstrual que compara sus fases ovárica, uterina, hormonal.

El ciclo menstrual tiene una duración aproximada de 28 días, durante el que ocurre una serie de eventos que se repiten cíclicamente y que involucran la interacción de las hormonas hipofisarias (de la glándula hipófisis, explicada en la unidad 2) y las ováricas, cambios en los folículos ováricos y en las paredes internas del útero. Este comprende un **ciclo ovárico**, que corresponde a la maduración del óvulo, y un **ciclo uterino**, que abarca los cambios que experimenta el útero para alojar el óvulo fecundado, entre otros. El ciclo ovárico se ilustra en la figura de la página anterior e incluye todos los eventos desde que el ovocito primario madura en un ovocito secundario (óvulo) hasta que es expulsado por el ovario. El ciclo uterino acompaña al ciclo ovárico y consiste primero en el crecimiento y luego la regresión del endometrio.

De mismo modo en que para explicar el circuito cardíaco tomamos como referencia de punto de partida al corazón, para explicar el ciclo menstrual, por conveniencia se considera el día que comienza la menstruación como el primer día del ciclo.

Durante los primeros 5 días en los que se produce la menstruación, tanto las hormonas ováricas (estrógenos y progesterona) como las hipofisarias (luteinizante y folículo estimulante) tienen las concentraciones menores. Esta condición hormonal provoca el desprendimiento del endometrio que junto con la sangre que se produce por el rompimiento de los vasos sanguíneos es eliminado por la vagina (flujo menstrual en el ciclo uterino, ver figura anterior).

Finalizado el periodo menstrual se produce un lento incremento de la hormona folículo estimulante que induce en los ovarios la maduración de los folículos (fase folicular del ciclo ovárico). A medida que estos maduran, secreta cantidades mayores de estrógeno que inducen el engrosamiento de la pared interna del ovario, el endometrio.

Aproximadamente el día 14 del ciclo se produce el pico máximo de hormonas luteinizante y folículo estimulante, las que actúan sobre el ovario estimulando la liberación del óvulo: fase lútea, del ciclo ovárico. Durante esta fase el **óvulo** es liberado en el oviducto y comienza su desplazamiento hacia el útero. Una vez que el ovulo es liberado y hasta que el cuerpo lúteo se reabsorbe, la mujer es potencialmente fértil, es decir que puede producirse la fecundación del óvulo. Durante este período las paredes del útero continúan su engrosamiento (fase secretora del ciclo uterino), preparándose para recibir el embrión en caso de ocurrir la fecundación.

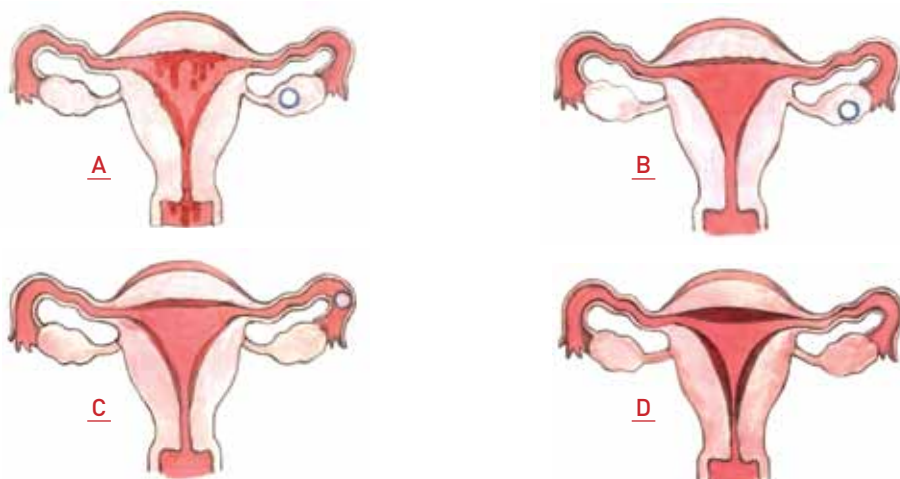
El **cuerpo lúteo**, que es lo que queda del folículo una vez que el óvulo es liberado continúa produciendo estrógenos y comienza a producir progesterona. Si volvemos al gráfico, el pico máximo de progesterona se produce después del día 17. Este incremento en los niveles de progesterona y estrógenos actúa sobre la pared interna del útero, estimulando su engrosamiento pero también inhibe la secreción de las hormonas hipofisarias. Este efecto es importante porque asegura que se mantengan las condiciones para la fecundación y que no ocurra una nueva ovulación.

Si no se produce la fertilización del óvulo con un espermatozoide, aproximadamente el día 22 del ciclo menstrual el cuerpo lúteo comienza a desintegrarse y dejará de producir hormonas ováricas, el endometrio entonces cesa de crecer y hacia el día 28 se desprende y comienza nuevamente el ciclo.



ACTIVIDAD

3. Ordene cíclicamente los siguientes esquemas del sistema reproductor femenino en distintos momentos del ciclo menstrual. Luego, elabore una breve explicación de lo que sucede en cada uno. Indique en cada caso: características del útero; ciclo ovárico: estado del óvulo y secreción de hormonas; concentración de hormonas de la hipófisis.

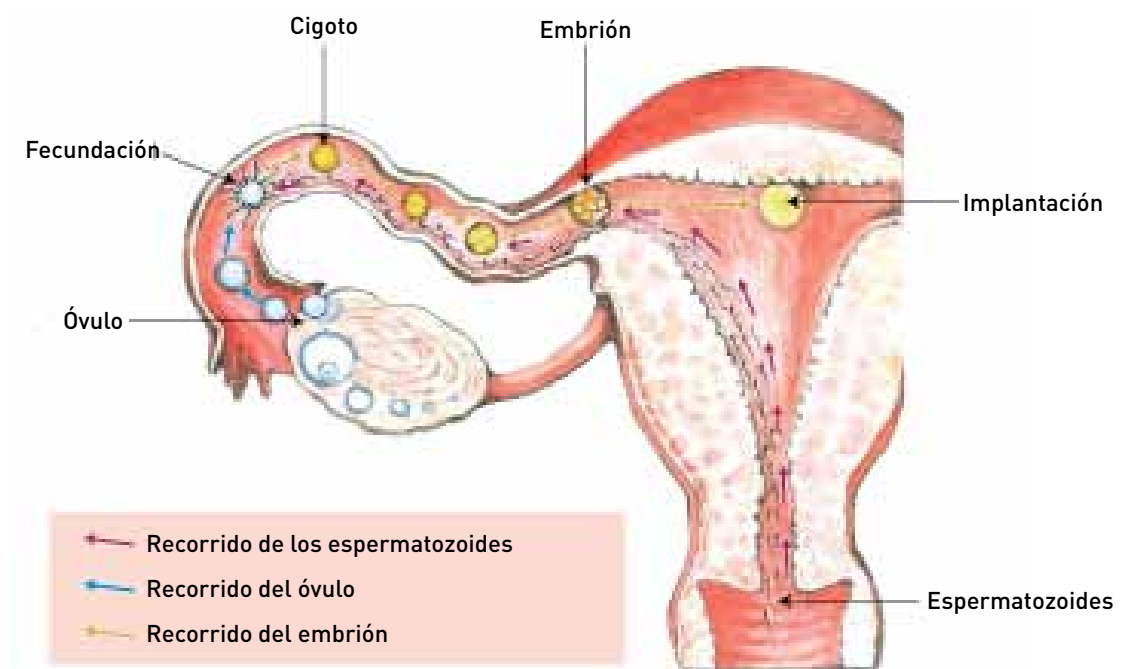


Fecundación y embarazo

Si el acto sexual se produce dentro del periodo fértil del ciclo menstrual puede ocurrir la **fecundación**, es decir la unión del óvulo y el espermatozoide. De los 300 a 400 millones de espermatozoides que penetran a través de la vagina, tras la eyaculación, solo unos miles completan su recorrido hasta el oviducto. Una vez producido el ingreso de un solo espermatozoide a través de las capas protectoras del óvulo, cambia la cobertura del óvulo, lo que impide que otros espermatozoides ingresen. Cabe aclarar que solo ingresa “la cabeza”, donde está el núcleo con la información genética. Inmediatamente ocurrida la fecundación se produce la célula huevo o cigoto que comienza la división celular y se desplaza desde el oviducto al útero mientras se convierte en un grupo de cientos de células que se conoce como **embrión**. Una vez llegado al útero, durante aproximadamente 4 días, el embrión produce enzimas que degradan la pared del endometrio. A medida que perfora el endometrio se introduce en las paredes del útero, arraigándose firmemente en un proceso que se denomina **implantación**.

Durante los primeros momentos el embrión absorbe la glucosa y el oxígeno por difusión a través de los capilares de las paredes del útero pero a medida que crece comienza a desarrollarse la placenta que incrementa la superficie de intercambio de nutrientes y gases entre la madre y el embrión.

La formación del embrión impide que el cuerpo lúteo se reabsorba, y entonces se mantiene durante aproximadamente 10 semanas y sigue segregando progesterona. Esto mantiene el endometrio e impide la secreción de hormonas hipofisarias.



Esquema de la fecundación del óvulo y la implantación del embrión.



Tanto en el hombre como en la mujer la ingesta de ciertas sustancias puede alterar la producción de hormonas sexuales. Una de estas sustancias son los esteroides anabólicos que aumentan la musculatura corporal. Al actuar como la testosterona inhiben su producción por retroalimentación negativa, y su consumo prolongado puede producir la reducción de los testículos, el aumento de las mamas, y daños en hígado y riñones. En adolescentes estas sustancias pueden provocar calvicie precoz y menos estatura.

La **placenta** es un órgano que se desarrolla parcialmente desde el embrión y desde las paredes del útero. La estructura es la de un disco aplanado de tejido que se esparce, sobre y en profundidad, en las paredes del útero a medida que el feto se desarrolla. El feto en desarrollo está “conectado” a la placenta a través de una estructura tubular, denominada **cordón umbilical**. Todos los intercambios de nutrientes, gases, desechos y otras sustancias del feto se realizan a través del cuerpo de la madre. Los intercambios de materiales se producen por difusión, ya que la sangre del feto y la progenitora nunca se mezclan. El periodo de **gestación**, va desde la fecundación al **parto** y alumbramiento, y dura 38 semanas aproximadamente. El parto es la expulsión del feto y el alumbramiento es el desprendimiento de la placenta. Ambos se producen por las contracciones de la pared uterina y la dilatación del cuello del útero.

Una vez producido el nacimiento se corta el cordón umbilical que mantiene unido el feto con la placenta, e inmediatamente después del nacimiento las contracciones del útero provocan la expulsión de la placenta entera. Al finalizar el embarazo la expulsión de la placenta produce la disminución abrupta de las hormonas ováricas, lo que permitirá el reinicio del ciclo menstrual.

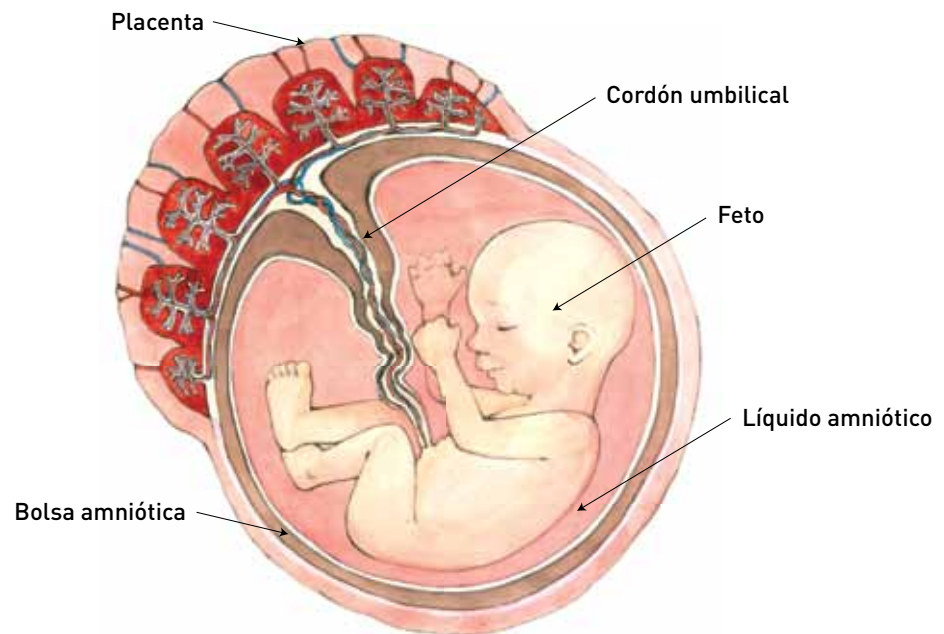


Ilustración de feto en gestación, en la cual se pueden observar la placenta, el cordón umbilical y la bolsa amniótica.

SEXUALIDAD Y SALUD

Existen temas cuyo tratamiento exige una mirada integral que trasciende lo puramente biológico. Cuestiones como la planificación familiar, la anticoncepción, las infecciones de transmisión sexual (ITS), la reproducción asistida, la clonación, la subrogación de úteros, son temas sobre los que existen debates éticos y religiosos que incluyen los derechos de las personas y de la sociedad.

Planificación y derechos reproductivos

Todas las personas tienen derecho a tomar decisiones libres y responsables acerca de su salud reproductiva. Para ello una de las cuestiones es el conocimiento científico, que nos brinda algunas herramientas que pueden contribuir a la toma de decisiones fundamentadas. También se requiere de la colaboración de las instituciones educativas y de salud para promover la difusión de información y servicios, en el marco de una educación sexual que permita acceder al ejercicio de estos derechos.

Nuestro país cuenta con el **Programa Nacional de Educación Sexual Integral** (www.esi.educ.ar), que se fundamenta en la responsabilidad y la oportunidad de enseñar educación sexual a nuestros niños, niñas y jóvenes y el **Programa Nacional de Salud Sexual y Procreación Responsable** del Ministerio de Salud de la Nación. Este programa se crea con la ley 25.673 del 2003 y tiene varios objetivos que pueden ser consultados en goo.gl/2kFZqb. No obstante nos parece importante destacar parte del artículo 1º que enuncia que las acciones se destinan a “alcanzar en la población un nivel elevado de salud sexual y procreación responsable con el fin de adoptar decisiones libres de discriminación, coacción y violencia”.

Uno de los temas en el cual las personas deben estar bien informadas para poder actuar y tomar decisiones responsablemente es el de la anticoncepción. Para ello, existen diversos métodos anticonceptivos, es decir, que permiten reducir drásticamente la probabilidad de que una mujer quede embarazada cuando la pareja no desea que esto ocurra. Los métodos anticonceptivos más comunes son los siguientes:

- **Preservativo:** es una funda de látex, que se coloca el hombre en el pene erecto y evita el contacto de fluidos entre el pene y la vagina. Este método se originó como método anticonceptivo pero hoy su importancia radica en la efectividad para evitar infecciones de transmisión sexual, pero debe ser utilizado durante toda la relación sexual y no solo durante la eyaculación debido a que muchas de los agentes productores de estas enfermedades se encuentran en las secreciones producidas previamente a la eyaculación.
- **Dispositivo intrauterino (DIU):** es un artefacto con forma de T, de cobre o plástico, que es introducido por el médico en el interior del útero y puede dejarse colocado durante 4 años aproximadamente.
- **Anticonceptivos orales e inyectables:** se basan en las características endocrinas del ciclo menstrual y producen variaciones en las concentraciones de estrógenos o progesterona que inhiben la ovulación. Como todos los agentes químicos tienen efectos diferentes dependiendo de las características de las personas, por eso deben ser utilizados siempre con prescripción médica. También hay anticonceptivos orales especiales para el uso durante la lactancia.
- **Anticoncepción Hormonal de Emergencia (AHE):** este método es la última alternativa anticonceptiva para evitar un embarazo; se recomienda su uso sólo ante relaciones sexuales donde no se usó o falló el método anticonceptivo habitual.



Los centros asistenciales o de la salud en muchos casos entregan anticonceptivos de forma gratuita bajo supervisión médica. Para obtener mayor información puedes consultar el boletín de salud sexual y reproductiva en: goo.gl/cJl95j

Cada uno puede elegir el método anticonceptivo que mejor se adapte a sus necesidades y convicciones. Sin embargo, sólo uno de ellos es efectivo también como estrategia para prevenir las **infecciones de transmisión sexual** (ITS): el preservativo.

Las ITS comprenden alrededor de 20 afecciones producidas por microorganismos que se transmiten por contacto sexual de persona a persona. Existen en la humanidad desde hace cientos de años y son el grupo de enfermedades infecciosas más comunes en el mundo. Las más comunes son la sífilis, blenorragia o gonorrea, papiloma humano, herpes genital, hepatitis B y VIH-sida.

Para ampliar estos conocimientos y otros relacionados con “falsas creencias sobre la sexualidad” y el uso de métodos anticonceptivos puede consultar el cuadernillo “Educación sexual integral. Para charlar en familia”, disponible en goo.gl/JpnxSb. Este puede ampliar o aclarar algunas de las cuestiones trabajadas.

¿Qué factores son importantes para ejercer plenamente la sexualidad?

La sexualidad de cada persona se define desde su nacimiento y se desarrolla a lo largo de toda su vida. Su construcción es compleja en la medida que es tanto un hecho social como biológico. La OMS define la sexualidad como:

Una dimensión fundamental del hecho de ser humano. Basada en el sexo, incluye el género, identidades de sexo y género, orientación sexual, erotismo, vínculo emocional, amor y reproducción. Se expresa en forma de pensamientos, fantasías, deseos, creencias, actitudes, valores, actividades, prácticas, roles y relaciones. La sexualidad es el resultado de la interacción de factores biológicos, psicológicos, socioeconómicos, culturales, éticos y religiosos o espirituales.

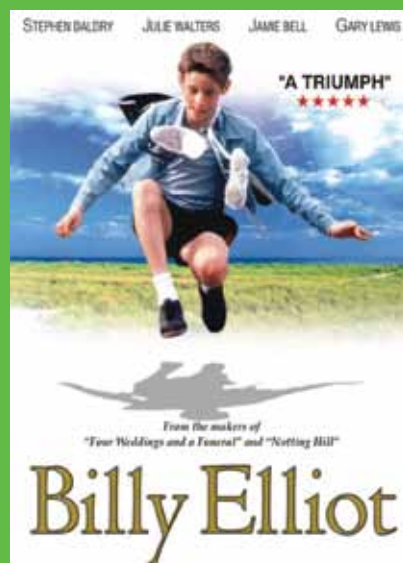
La sexualidad puede interpretarse como la forma en la que cada ser humano se manifiesta como hombre o como mujer, de acuerdo a las normas y valores propios de su cultura y de su época. Es importante entender la sexualidad desde una postura amplia constituida por múltiples dimensiones: social, psicológica, biológica, jurídica, ética y espiritual. Ahora bien, es necesario aclarar algunas cuestiones, pues muchas veces usamos términos que implican estereotipos o preconceptos pero no tenemos en cuenta las implicancias interpersonales y sociales. El término **sexualidad** se refiere a una dimensión fundamental del hecho de ser humano y se expresa en forma de pensamientos, hechos y fantasías, deseos y creencias, actitudes, valores. En resumen, la sexualidad se expresa en todo lo que somos, sentimos, pensamos y hacemos.

El **sexo** se refiere al conjunto de características biológicas que determinan lo que es un macho o una hembra en la especie humana. El **género** se refiere a los aspectos socialmente atribuidos según el sexo de una persona (masculino y femenino). Las nociones de masculinidad o femineidad son construcciones socioculturales a partir de un hecho biológico como el sexo y las personas aprenden a ser varón o mujer mediante el proceso de socialización.

Desde lo psicológico, el género se articula con los conceptos de asignación del género e identidad de género. La **asignación del género** es el rótulo que se otorga desde el nacimiento del bebé a partir de la apariencia externa de sus genitales. La **identidad de género** es "la vivencia interna e individual del género tal como cada persona la siente, la que puede corresponder o no con el sexo asignado al momento del nacimiento, incluyendo la vivencia personal del cuerpo. Esto puede involucrar la modificación de la apariencia o la función corporal a través de medios farmacológicos, quirúrgicos o de otra índole, siempre que ello sea libremente escogido. También incluye otras expresiones de género, como la vestimenta, el modo de hablar y los modales." (Art. 2, Ley N° 26.743 de Identidad de Género).



Título Original: Billy Elliot
Nacionalidad: G.Bretaña, 2000
Director: Stephen DALDRY
Guión: Lee Hall
Fotografía: Brian Tufano
Coreografía: Peter Darling
Producción: Greg Brenman
y Jon Finn
Reparto: Julie Walters (Sra.
Wilkinson), Jamie Bell (Billy Elliot),
Jamie Draven (Tony
Elliot), Gary Lewis (Padre), Jean
Heywood (abuela), Stuart Wells, Mike
Elliot, Janini Birkett



SIPNOSIS ARGUMENTAL

La situación transcurre en el norte de Inglaterra, en el año 1984 durante la huelga minera. Billy Elliot vive con su familia en el Norte de Inglaterra. Es un chico de once años que ha perdido recientemente a su madre. Su padre y su hermano mayor participan en la huelga. La película nos enfrenta a la cuestión de las representaciones que se construyen socialmente en relación a ser varón o mujer. En el contexto familiar del protagonista resulta difícil aceptar la decisión de cambiar sus guantes de boxeo y entregarse al baile. Se irá introduciendo en ese mundo, ante la oposición de su familia. Billy sólo recibe el apoyo de su amigo Michael y de su profesora de ballet la señora Wilkinson que ve en él un gran potencial. Esta actitud recibe la fuerte desaprobación de su padre y su hermano que ven el ballet como "algo de chicas" y encierran a Billy en casa para alejarlo de él. Aún con su familia en contra, Billy seguirá luchando por el baile hasta conseguir su máximo sueño: debutar en un teatro del West End londinense. Sueño que conseguirá 15 años después en un espectacular debut en el que demostrará un talento innato.



ACTIVIDAD

4. Le sugerimos que mire la película *Billy Elliot*. A su vez, le ofrecemos dos fragmentos para que analice en grupos.

Fragmento 1

Billy coincide con Debbie, su amiga, a la salida de clase.

-¿Por qué no te apuntas? Muchos chicos hacen ballet, ¿Sabes?-dice la chica.

-¿Ah sí? ¿Qué chicos hacen ballet? -pregunta Billy.- Por aquí nadie... pero hay muchos hombres que sí...

Fragmento 2

Billy asiste semanalmente al gimnasio con la intención de ir a boxeo, pero acaba metiéndose en la clase de ballet. Cuando después de la clase la profesora le pregunta si volverá la semana que viene, Billy contesta: "No sé...me siento como un marica".

- ¿Cree que los oficios o profesiones tienen género? ¿Por qué?
- ¿De qué tiene miedo Billy al ir a las clases de ballet?
- ¿Qué le parece que una chica boxee? ¿Y que un chico baile? Escribe el nombre de oficios o profesiones "típicamente masculinas" y otras "típicamente femeninas". ¿Qué opina sobre esta división?
- Describa cual es a su criterio el conflicto interno que tiene Billy.
- ¿Por qué cree que cuando un hombre no se ajusta a los estereotipos de su género se cuestiona su orientación sexual? ¿Le parece justo? Justifique la respuesta.
- ¿Cuál es la orientación sexual de Michael? ¿Por qué cree que tiene un conflicto interno para asumirla? ¿Por qué se anima Michael a confesarse a Billy? ¿Cómo reacciona Billy a la confesión de Michael?
- ¿El género y el sexo son sinónimos? Justifique.
- ¿Cómo se manifiestan las diferencias de género en la película?
- Proponga tres avances culturales, políticos y legales que conozca de nuestro país destinados a cambiar estos estereotipos de género. Para ello puede consultar nuevamente el cuadernillo *Educación sexual integral*. Para charlar en familia.



ACTIVIDAD INTEGRADORA

Les sugerimos trabajar en grupos y poner en común las respuestas dadas a las actividades de toda esta unidad y destacar las coincidencias y diferencias que encuentren entre ellas.

Es importante destacar los estereotipos que se ponen de manifiesto en la película, la valoración de las relaciones de amistad, las formas de expresión que la afectividad tiene en estos vínculos, las expectativas diferenciadas por género que la sociedad impone a las formas de expresar el afecto. Es importante que cada uno pueda reconocer su derecho a ejercer su orientación sexual libremente, sin sufrir discriminación ni violencia, tanto como la posibilidad de expresar sus propios deseos.

UNIDAD 4

Los seres vivos y la diversidad
funcional y estructural

Las unidades anteriores están centradas en un caso particular de ser vivo, el organismo humano. En esta unidad se ampliará la mirada hacia otros organismos que forman parte de la **biodiversidad**, es decir de la diversidad de los seres vivos. Este concepto es considerado en esta obra desde un punto de vista amplio, casi como sinónimo de vida sobre la Tierra.

Uno de los primeros problemas que surgen en el desarrollo de la ciencia moderna en el siglo XVII es el estudio de los seres vivos. Primero se intentan comprender su aspecto y su estructura visible, que se convierten en objeto de análisis y clasificación (Onna, 2004). En esta unidad se busca justificar la necesidad y la importancia de la clasificación de los seres vivos, y se describirán algunas de las funciones y estructuras que los forman. Por supuesto para identificar sus características se continuará con el modelo de organismo como sistema abierto que intercambia materia, energía e información con el entorno.

EL PORQUÉ DE LA CLASIFICACIÓN

Diariamente las personas realizan numerosas clasificaciones: se clasifican, según diferentes criterios, los utensilios de cocina, la ropa del armario, los libros de la biblioteca, los productos que se adquieren en el supermercado, entre muchas otras cosas. En biología, para poder organizar la diversidad de la vida y establecer acuerdos acerca de los hallazgos científicos, es necesario clasificar los seres vivos. Los sistemas de clasificación son importantes porque mejoran la capacidad explicativa de las relaciones entre los organismos, ayudan a recordar y ordenar la diversidad; y permiten generalizar o ajustar los estudios de los procesos bioquímicos y su regulación. Cuando hablamos de mejorar la capacidad explicativa nos referimos particularmente al estudio de los procesos fisiológicos. Cuando se estudia la acción de enzimas, hormonas o sustancias químicas en un grupo de organismos, los resultados se extienden a los organismos que poseen antepasados comunes. Es decir que se hallan emparentados entre sí y por ello se parecen más que a otros organismos, estructural, funcional y genéticamente.

Los caballos y las cebras están emparentados, por lo que son estructural y genéticamente más similares entre sí que con la mayoría de los otros seres vivos de la Tierra.



Cuando nos referimos a la organización de la biodiversidad reconocemos que la clasificación de los seres vivos en diferentes grupos permite reconocer la **unidad**, es decir las propiedades que comparten. Sería más difícil recordar las características de muchas cosas diferentes, pero es más sencillo si están agrupadas bajo determinados criterios. Por ejemplo, el topo, el gato y el manatí, tienen características diferentes, pero como se encuentran dentro del grupo de los mamíferos, podríamos generalizar diciendo que poseen pelo y glándulas mamarias que producen leche con que alimentan a sus crías, características que estudiamos para el ser humano pero que son propias de la clase mamíferos.

La clasificación también tiene valor predictivo, por ejemplo, el descubrimiento de los precursores químicos de algunas hormonas de importancia para el ser humano, en ciertas especies de tubérculos como el camote (género *Dioscorrea*) permitió avanzar en la búsqueda del fármaco en otras especies vegetales del mismo género.

Por último, la clasificación biológica de los organismos provee nombres únicos para los seres vivos, los llamados **nombres científicos**. Esto es muy importante dado que los nombres comunes de los seres vivos pueden cambiar según las épocas o los lugares, por ejemplo, cada cultura posee nombres diferentes para mencionar al animal león. Pero este tiene un solo nombre científico en todo el mundo, lo que permite que todos los científicos puedan comunicarse fácilmente, sean del país que sean. La nomenclatura biológica utilizada actualmente para los nombres científicos fue desarrollada en 1758 por el botánico y naturalista sueco Carl von Linneo. Este tipo de nomenclatura es denominado **binominal**, ya que utiliza dos nombres en latín, el primero representa el **género** y el segundo la **especie**. Así, el nombre científico del león es *Panthera leo*.

Si un científico
escribe una
investigación acerca
de *Panthera leo*,
los biólogos de todo
el mundo sabrán
inmediatamente que
se trata del león.





El príncipe de los botánicos

La clasificación más organizada de los seres vivos se la debemos al botánico sueco Carl von Linné (1707-1778), conocido como “el padre de la clasificación” o “el príncipe de los botánicos”. Este naturalista pretendió encontrar un método sencillo mediante el cual, respetando unas cuantas reglas establecidas por él, pudieran llegar a determinar de qué modo se organizaba la naturaleza.

Comenzó estudiando medicina en la universidad de Lund, y luego en la de Upsala, donde permaneció porque había fijado su atención en el jardín botánico de dicha universidad, donde hoy se encuentra el museo linneano. Allí permaneció algunos años y recibió la influencia de varios naturalistas. En 1727 realizó su primera expedición como naturalista, durante 5 meses, para estudiar la flora de las montañas escandinavas. Luego viajó por Europa donde pudo tomar contacto con el pensamiento sobre los sistemas clasificatorios y el modo de concebir la naturaleza. Publicó varios escritos y en diciembre de 1735 publicó el libro *Systema Naturae*, donde en 14 páginas presenta de manera esquemática el modo de clasificar los tres reinos de la naturaleza. En él las plantas se ordenan de acuerdo con sus estructuras reproductoras. En 1905 el congreso internacional de botánica celebrado en París, reconoce el código internacional de nomenclatura botánica basado en su sistema binominal. Es decir que Linné fijó las bases de la actual nomenclatura, botánica y zoológica. Tampoco perdió vigencia su proyecto inventario del mundo natural. Linné pretendió ofrecer un catálogo de todas las especies vivas y llegó a publicar 12 ediciones de su libro *Systema Naturae*. Hoy esta idea se ha ampliado a diferentes asociaciones y organizaciones internacionales, que incluyen no solo plantas y animales sino microorganismos constituyendo una base de datos útil para estudios sobre diversidad biológica.

Adaptado de: Gonzalez Bueno, A. (2001). *El príncipe de los botánicos*. Madrid: Nivola.



ACTIVIDAD

1. Realice una exploración del sitio web www.species2000.org, que es un proyecto de catálogo de la biodiversidad mundial. Si bien parte de la información está en inglés las instrucciones están en varios idiomas.
 - a. Ingrese a goo.gl/KnQ0dM
 - b. Identifique los taxones o grupos de seres vivos: animalia, archaea, bacteria, etcétera (excepto virus). Lístelos.
 - c. Busque el número total de especies de cada taxón. Con esa información, realice un gráfico tipo torta. Compare los valores indicando los que tienen más especies descritas. ¿Qué le indica ese valor? ¿Su diversidad es mayor o son más las especies conocidas?
 - d. Seleccione más de un idioma y compruebe que independiente del idioma, los nombres de los taxones se mantienen. ¿Qué ventaja considera que tiene continuar con la clasificación en latín propuesta originalmente por Linné?
 - e. Realice la búsqueda por nombre común, de dos animales conocidos como perro y gorrión. ¿Qué dificultades se le presentan?

¿CÓMO FUNCIONAN LOS SERES VIVOS?

Hasta el momento hemos estudiado características de los seres vivos focalizando en el ser humano, y hemos visto cómo se ha modificado a lo largo del tiempo su clasificación, de acuerdo a los avances de los conocimientos fisiológicos, moleculares y de su historia en el planeta Tierra. Pero para terminar sería importante generalizar estas características para comprender que algunas son propias de todos los seres vivos y nos dan idea de la **unidad** y otras pueden variar entre los distintos grupos y nos muestran la **diversidad**. Es por esto que se habla de unidad en la diversidad.

La obtención de energía, su uso y aprovechamiento

Como se desarrolló al comienzo de este módulo, todos los seres vivos requieren intercambiar materiales y energía con el ambiente para poder realizar sus funciones vitales. Este proceso se logra a partir de la nutrición. La nutrición presenta dos alternativas, dependiendo del tipo de energía y los requerimientos de materiales: nutrición autótrofa y nutrición heterótrofa.

La **nutrición autótrofa** requiere de la energía solar y el dióxido de carbono para obtener glucosa, su expresión química es



Esta ecuación representa el fenómeno que se conoce como **fotosíntesis**. Es decir sintetizar o “fabricar” glucosa a partir de la energía solar (de allí el prefijo foto), agua y dióxido de carbono (un gas de la atmósfera) del ambiente. La reacción se realiza en las células de las plantas y de algunos microorganismos, como las algas unicelulares. A los seres vivos capaces de producir **materia orgánica** a partir de **materia inorgánica** se los llama **autótrofos**.

Las plantas
pueden elaborar
su propio alimento:
son organismos
autótrofos.



El resto de los seres vivos son **heterótrofos**. La **nutrición heterótrofa** consiste en la obtención de materia orgánica, alimento, ya elaborada por otros seres vivos. Es decir, los seres vivos heterótrofos, es decir los animales, los hongos y la mayoría de los microorganismos, se alimentan de otros seres vivos.

Tanto en el caso de los autótrofos como en el de los heterótrofos, los materiales complejos producidos o incorporados se degradan en materiales más sencillos y se libera energía necesaria para llevar a cabo sus funciones vitales. Este proceso, que ya fue mencionado y que es fundamental en los seres vivos es la **respiración celular**. Es un proceso que se lleva a cabo en el interior de las células y puede ocurrir con un aporte permanente de oxígeno, se llama **respiración aeróbica**. En este proceso la glucosa, que es un material complejo, reacciona con el oxígeno y se libera energía. Como productos del proceso también se generan dióxido de carbono, que se elimina al exterior del organismo y agua, que puede ser aprovechada en los procesos internos del organismo o eliminada, según la necesidad.

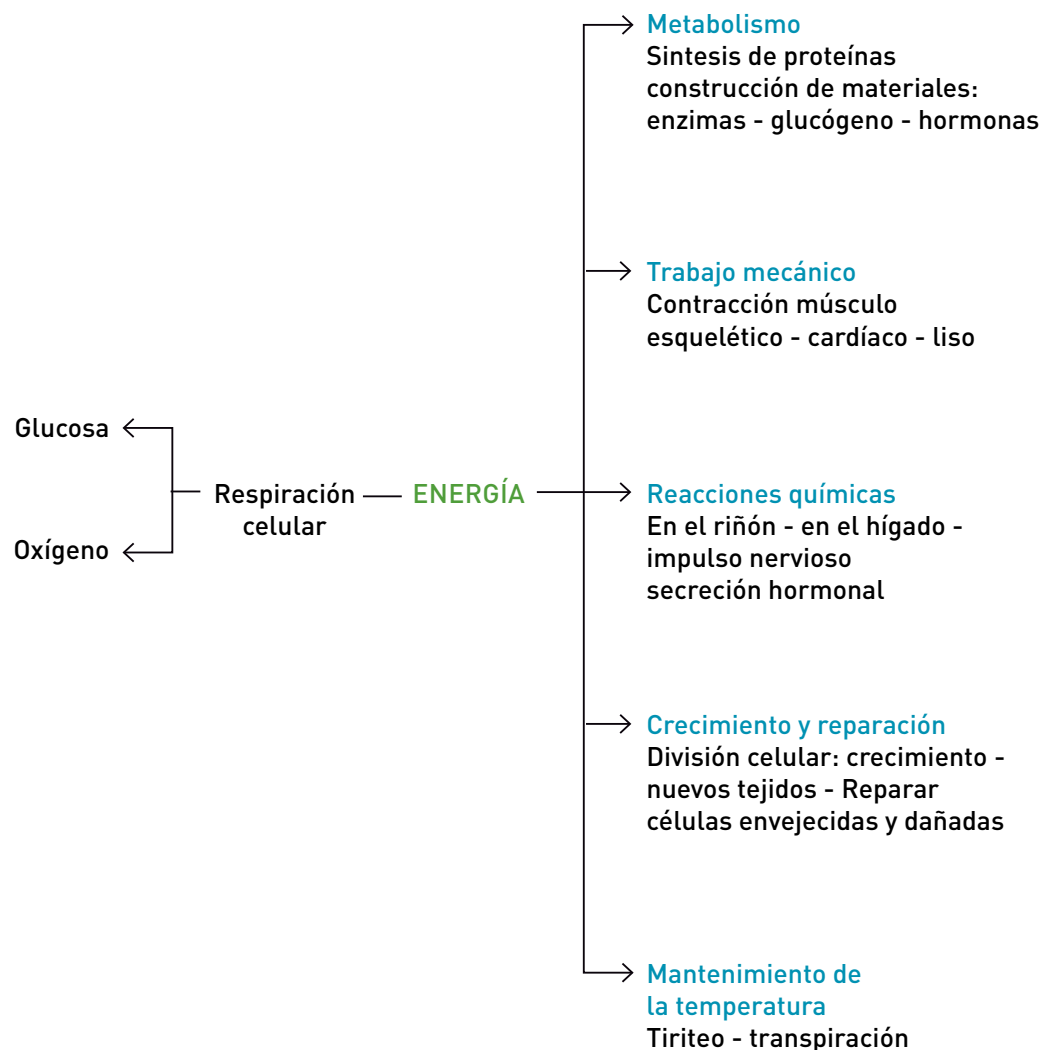
En algunos organismos o tipos celulares puede ocurrir que la glucosa no se degrade por completo si el aporte de oxígeno es nulo o insuficiente. Por ejemplo, ciertas **levaduras** (hongos microscópicos), no usan oxígeno en la respiración, y obtienen como productos dióxido de carbono y etanol en lugar de agua. Son ejemplos de ellas las levaduras que fermentan las bebidas alcohólicas.

En el caso del músculo de los mamíferos, cuando el ejercicio muscular es intenso, la cantidad de oxígeno se vuelve insuficiente y la glucosa no puede ser degradada por completo. Esta combustión incompleta produce una molécula que se conoce como **ácido láctico**. La acumulación de ácido láctico en músculo causa fatiga y dolor. Algunas bacterias también realizan la respiración anaeróbica y producen ácido láctico, y se las emplea en la producción de yogur y de quesos.

En ambos casos, el tipo de respiración que se produce sin presencia de oxígeno y produce etanol o ácido láctico, se conoce como **respiración anaeróbica**.

En el proceso de elaboración de quesos se emplean bacterias anaeróbicas.





Esquema que representa los usos de la energía liberada en el proceso de respiración celular.

Reproducción

Otro proceso que también caracteriza a los seres vivos es la **reproducción**. Esta función permite la reparación de tejidos, el reemplazo de células envejecidas y el crecimiento en organismos pluricelulares, o la multiplicación de individuos en organismos unicelulares. Cada célula en cada organismo tiene un set de instrucciones codificadas de manera particular que permiten la producción de células idénticas o semejantes a las progenitoras.

Los procesos que definen la multiplicación son dos, la **reproducción sexual** y la **reproducción asexual**. En la reproducción **sexual** intervienen **gametas** y los organismos resultantes son **semejantes** a sus progenitores, pero no idénticos. En la reproducción **asexual** en cambio los individuos que se originan son **genéticamente idénticos** a sus progenitores. La ventaja de la reproducción sexual es la variabilidad genética, es decir que los organismos al no ser idénticos genéticamente pueden sobrevivir a los cambios, pero cómo se produce la herencia y los efectos de esas variaciones sobre las poblaciones serán abordadas más adelante.

La función de autorregulación en los seres vivos

Los seres vivos además de tomar energía y nutrientes del medio, y reproducirse, cumplen con diferentes procesos fisiológicos que mantienen su equilibrio interno dentro de ciertos parámetros, es lo que conocemos como homeostasis. La homeostasis incluye todos los procesos internos del organismo que mantiene en equilibrio las funciones de las células, por ejemplo si la energía baja, se activan procesos que permiten tomar nutrientes o energía del medio para compensar las pérdidas.

En cualquier ambiente las condiciones externas pueden cambiar rápidamente y de manera imprevisible, entonces los organismos mantienen su medio interno haciendo ajustes metabólicos frente a los cambios en esas condiciones externas. De otro modo el organismo deja de cumplir sus funciones.

La función de relación en los seres vivos

Muy relacionado con la función de autorregulación se encuentra la de función de relación también llamada **irritabilidad**. Esta característica de los seres vivos se relaciona con la propiedad de captar los cambios en el exterior. Ya sea que el individuo esté formado por una o más células, sus estructuras detectan los cambios en el entorno. Por ejemplo si un individuo es acuático y se produce una disminución de la cantidad de agua en el cuerpo de agua en el que habita, sus células detectarán cambios en la concentración de sustancias que actúan como indicadores de desecación. Detectar esta condición a tiempo le permitirá desplazarse a otras zonas del cuerpo de agua o generar algún mecanismo de resistencia como esporas, que le permiten sobrevivir el periodo desfavorable.

En las plantas caducas, por ejemplo, las variaciones en la temperatura exterior y la cantidad de luz solar, provocan una serie de procesos, como la dormición de yemas de crecimiento y la caída de las hojas. De ese modo la planta entra en periodo de latencia hasta que en la primavera las temperaturas y la insolación se incrementen.

En los animales la hibernación o invernación también ocurren en respuesta a los cambios en el exterior, que en el caso de mamíferos son detectados por el hipotálamo, localizado en el cerebro. Algunos entran en un periodo de letargo en el que su metabolismo se reduce, fenómeno conocido como **hibernación**, y otros se protegen en cuevas o madrigueras, a lo que se llama **invernación**. En el caso de aves y mamíferos marinos estos cambios producen grandes desplazamientos que se conocen como migración, a otros lugares del planeta.

Otro ejemplo de la captación de información es la que se produce en la etapa del celo de muchos mamíferos. Las hembras indican su mayor fertilidad produciendo feromonas que se liberan al ambiente y los machos, que poseen estructuras para detectarlas, activan los mecanismos de reproducción y cortejo.

Lo importante es que cualquiera sea la complejidad del individuo siempre existen estructuras destinadas a captar los cambios en el medio externo e interno y promover respuestas o generar información al ambiente.



ACTIVIDAD

2. Sugiera ejemplos de las formas cotidianas de clasificación de objetos, herramientas, maquinarias, productos alimenticios, usadas por el ser humano. ¿Qué criterios se utilizan en ellas? ¿Cómo podría definir qué es un criterio?
3. Piense en algunos seres vivos que conozca (que estén presentes en su entorno, que haya visto en alguna visita a un zoológico o parque natural, o en algún sitio al que haya viajado), identifique sus características, y responda las siguientes consignas:
 - a. Seleccione 10 especies que conozca. Divídalas en dos grupos y explique los criterios que ha utilizado, por ejemplo, formados por una célula o por múltiples células.
 - b. Divida los conjuntos formados en dos subconjuntos, teniendo nuevamente en cuenta los criterios establecidos para ello.
 - c. Siga dividiendo los grupos hasta obtener conjuntos de uno o dos individuos que compartan al menos un rasgo en común.
 - d. ¿Cómo indicaría las relaciones de parentesco entre estos organismos?
4. La clave es un medio utilizado para facilitar o determinar la búsqueda del lugar que ocupa un vegetal o animal dentro de una clasificación. Expresa caracteres diferenciales o contrarios entre organismos. Estos caracteres van siempre de a dos y el que usa la clave debe elegir entre uno u otro de los dos caracteres. Por eso se la denomina clave dicotómica. Retomando las especies que seleccionó en la actividad 3 a) y utilizando la siguiente clave de identificación, clasifique dos o tres organismos.

Por ejemplo:

 - Si nuestro ejemplo a identificar es un líquen: empezamos por leer las primeras dos opciones 1a y 1b. Como el líquen es un organismo autótrofo, debemos ir a punto 2 (número indicado a la derecha). Luego de leer las opciones 2a y 2b, seleccionamos la opción 2b (no pertenece al nivel de organización celular) y por lo tanto seguimos por el punto 3. A continuación, leemos las dos opciones de este punto y seleccionamos la opción 3a, ya que la opción 3b no corresponde a la descripción de un líquen.
 - En el caso de seleccionar por ejemplo una rana, leemos las primeras dos opciones 1a y 1b, al ser un organismo heterótrofo nos dirigimos al punto 8. Como la rana no corresponde a un organismo descomponedor, se podría continuar con su clasificación con otra clave dicotómica (que incluya estos organismos).

CLAVE DE IDENTIFICACIÓN

- 1a. Organismos autótrofos... 2
- 1b. Organismos heterótrofos... 8
- 2a. Organismos del nivel de organización celular... **Algas unicelulares**
- 2b. Organismos que no pertenecen al nivel de organización celular... 3
- 3a. Organismos con clorofila que viven sobre los troncos de árboles y arbustos...

Líquenes

- 3b. Organismo con clorofila y con cuerpo dividido en tallo y hojas... 4
- 4a. Plantas sin raíces ni vasos conductores... **Musgos**
- 4b. Plantas con verdaderas raíces y vasos... 5
- 5a. Plantas con hojas acículas y conos con óvulo descubierto... **Gimnospermas**
- 5b. Plantas con óvulos encerrados en un ovario... 6
- 6a. Plantas sin nudos ni ramas, penachos de hojas en el extremo... **Palmeras**
- 6b. Plantas con nudos y ramificaciones... 7
- 7a. Plantas con tronco herbáceo... **Hierbas**
- 7b. Plantas sin tronco herbáceo... **Árbol**
- 8a. Organismos heterótrofos descomponedores... **Hongos**
- 8b. Organismos no descomponedores... **Ver otra clave**



ACTIVIDAD INTEGRADORA

Si fuera un biólogo al que se le ha encargado que investigue objetos desconocidos que han aparecido en el paisaje, aparentemente llegados de espacio exterior, ¿qué características tendría en cuenta para saber si esos objetos son seres vivos o no? Explique y justifique su respuesta detalladamente.

PARTE 2

Biología molecular y genética.
Aplicaciones biotecnológicas

INTRODUCCIÓN

Es común escuchar nombrar a los genes y al ADN, no solo en las noticias de los diarios o la televisión, sino también en películas de ciencia ficción, en series o en telenovelas. Por este motivo, se considera relevante profundizar el conocimiento sobre estos temas, tanto por su actualidad y relevancia social, como por su importancia biológica. La pregunta sobre la herencia: ¿Qué es lo que se transmite de una generación a la otra y por qué los descendientes se parecen a sus progenitores?, constituyó una preocupación central de la biología del siglo XX y también de la biología actual.

A lo largo de estas páginas, se pretende traspasar el mero plano descriptivo de manera de favorecer la construcción de explicaciones, que contemplen no solo los productos de la ciencia, sino también los procesos que les dan origen. Enfrentar este desafío significa sumergirse en la historia del pensamiento biológico, en los modelos teóricos, en el carácter provisorio del conocimiento y en su relación con el contexto cultural, social e histórico. Para ello, se han seleccionado algunos relatos históricos clave, que posibilitan visualizar las preguntas, los debates, las controversias y las evidencias que dieron lugar a la aceptación de modelos, leyes y teorías por parte de la comunidad científica. Es decir, se intenta mostrar como los biólogos construyeron y construyen saberes.

No obstante, la reflexión, la autonomía de pensamiento y la mirada crítica se ejercen operando sobre conceptos. Por este motivo, se enfatiza que el aprendizaje de los procesos de la ciencia, se vaya entramando con el aprendizaje significativo de las ideas y modelos explicativos, que constituyen herramientas para pensar, interpretar y construir conocimientos nuevos. En el campo de la biología, en los últimos cien años se produjo un crecimiento exponencial de nuevas ideas y conceptos unificadores, que mejoraron la comprensión del fenómeno de la vida. La idea de unidad en la diversidad del mundo vivo y el papel que en ella desempeñan los ácidos nucleicos constituye el hilo conductor a partir del cual es posible incluir los modelos explicativos relevantes que organizan el pensamiento biológico actual.

Algunos interrogantes previos acerca de la temática de esta parte, interesantes para comenzar su estudio, son los siguientes:

- ¿Qué son los genes, cuál es su composición química, cómo son?
- ¿De qué manera los genes condicionan las características de un organismo (su *fenotipo*)?
- ¿Cómo se llegó a saber acerca de los genes y su funcionamiento?

A lo largo de esta unidad proponemos una serie de situaciones que posibilitarán reflexionar sobre estos aspectos y acercar algunas nociones básicas.

UNIDAD 5

ADN, genes,
fenotipo y ambiente

LAS CARACTERÍSTICAS DE LOS ORGANISMOS: GENES Y AMBIENTE

Como ya se expresó en la unidad 3, cuando se unen un óvulo y un espermatozoide, durante la fecundación, se forma una nueva célula, llamada huevo o cigoto, que por sucesivas divisiones, dará origen a todas las demás células de un organismo. Por lo tanto, el cigoto contiene todas las instrucciones para la “construcción” de ese organismo. Este conjunto de instrucciones, llamado **mensaje o programa genético**, proviene del óvulo y el espermatozoide. Las nuevas células que se van formando por divisiones sucesivas del cigoto, reciben también el conjunto completo de instrucciones genéticas. Este tipo de división celular, en el cual las células hijas reciben copias idénticas del material genético de la célula progenitora, se llama **mitosis**. Para que ello ocurra, la célula madre debe duplicar previamente todo el material genético (que contiene las “instrucciones” para construir al organismo). Cada una de las dos copias completas del material genético, pasará a cada una de las células descendientes. Entonces:



Las características visibles de un ser vivo, debidas a las instrucciones genéticas del genotipo, conforman su fenotipo.

Si consideramos que las flechas señalan de qué manera las instrucciones genéticas se transfieren desde las gametas (óvulo y espermatozoide) hasta todas y cada una de las células de un organismo, se comprenderá que la totalidad de la información hereditaria de un ser vivo está presente en todas y cada una de sus células.

Pero los rasgos de los seres vivos: cómo son, cómo funcionan, o qué capacidades tienen no dependen solo de las instrucciones genéticas. Las características de un individuo se desarrollan a lo largo de su vida como producto de la interacción entre su información genética y el ambiente. Es decir, entre el conjunto de las instrucciones genéticas (genes) que están en su ADN y el conjunto de características ambientales por las que transcurre su existencia, a partir de la formación del huevo o cigoto.

Al estudiar temas de genética es fundamental tener claro desde el comienzo dos conceptos centrales: el fenotipo y el genotipo. El **genotipo** comprende el conjunto de las instrucciones genéticas heredado a través del óvulo y del espermatozoide. El **fenotipo**, en cambio, lo conforman todos los rasgos físicos, fisiológicos y de comportamiento que presenta un



organismo, en cualquier momento de su vida. No heredamos nuestros fenotipos, sino que se desarrollan a lo largo de la vida, a medida que un conjunto determinado de instrucciones (genotipo), se relaciona con una diversidad de ambientes (única e irrepetible) desde el momento de la fecundación. Es decir, la apariencia o fenotipo de un individuo, es el producto de una interacción compleja entre el medio ambiente y el genotipo.



ACTIVIDAD

1. A partir de la lectura del texto anterior, responda las siguientes preguntas. Puede ampliar la información consultando otros libros o páginas de Internet.
 - a. ¿Cómo se forma el cigoto? Explique esto mediante un breve párrafo y un esquema que lo ilustre.
 - b. ¿De dónde proviene la información genética del cigoto?
 - c. ¿Por qué todas las células de nuestro organismo tienen la misma información genética?
 - d. ¿Qué es la mitosis?, ¿por qué las dos células hijas tienen la misma información genética que la célula progenitora?
 - e. Haga un esquema en el que se relacionen las siguientes ideas: información genética, célula, duplicación, células hijas, mitosis.
 - f. ¿Qué relación hay entre el fenotipo, los genes y el ambiente?



De genes, picos y pinzones

Científicos suecos y estadounidenses han identificado un gen responsable de la variación de la forma del pico de los pinzones estudiados por Charles Darwin. Este hallazgo, ayuda a explicar la historia evolutiva de estas aves, según publica la revista británica *Nature*. Los pinzones de Charles Darwin (1809-1882), que habitan en las Islas Galápagos y en la Isla de Coco, en el océano Pacífico, constituyen un modelo para los estudios de evolución de las especies por selección natural.

La investigación revela «la primera información relativa a qué genes han contribuido en la evolución de estas aves». «Hemos identificado el gen ALX1 y podemos afirmar que ha contribuido a la diversificación de la forma del pico entre las especies y, por tanto, a una utilización más amplia de los recursos alimenticios por parte de estas aves».

«El hallazgo más emocionante y significativo fue que la variación genética de este gen se asocia con la variación de la forma del pico, no solo entre especies de pinzones de Darwin, sino también en el pinzón terrestre mediano», indica el artículo de la revista *Nature*. El pinzón terrestre mediano, *Geospiza fortis*, ha sido una especie que ha mostrado una rápida evolución de la forma de su pico en respuesta a los cambios ambientales, por lo que su estudio resulta muy interesante.

La diversidad fenotípica más sorprendente entre los pinzones de Darwin es la variación de tamaño y forma de los picos, característica que este científico estudió a fondo y comparó con las variedades de aves europeas. El gen ALX1 juega un papel crucial en el desarrollo craneofacial normal en los vertebrados y las mutaciones que lo inactivan causan defectos graves de nacimiento.

Adaptado de: "Los científicos identifican un gen de los pinzones de Darwin", *La Razón*, 12 de febrero de 2015. [Online. goo.gl/bwMRHr Consulta: 10/4/2015]



ACTIVIDAD

2. Luego de la lectura de esta noticia, reflexione sobre los siguientes aspectos:
 - a. ¿Cuál es la importancia de la variación en los picos de los pinzones?
 - b. ¿A qué gen se refiere especialmente este artículo? ¿Cuál es su importancia?
 - c. Según el artículo, ¿cómo se relacionan los genes con las características de los picos de los pinzones?
 - d. ¿Qué conclusión se puede extraer de este artículo acerca de las relaciones entre los genes y las características de los organismos?
 - e. ¿Sólo los genes se relacionan con las características de los pinzones? ¿Cuál es el papel del ambiente?



El sida y los genes

Hay personas más resistentes que otras al virus de la inmunodeficiencia humana (VIH); la "culpa" la tienen dos variantes de genes que los protegen de la infección de manera innata y que han logrado identificar científicos de la Universidad de Jaén, España (UJA) en colaboración con colegas de Lleida y Milán. El descubrimiento permitirá desarrollar nuevos tratamientos. Se trata de las variantes genéticas C4BPA y CR2, descubiertas después de analizar el genoma de individuos expuestos a prácticas de riesgo durante años, que sin embargo no se han infectado.

La pregunta era: ¿Por qué? ¿Qué diferenciaba a estas personas de otras? Había datos que sugerían que contaban con variaciones en algunos genes que les conferirían inmunidad innata. Detectar esas variantes ha sido posible gracias al análisis del genoma de una muestra de 450 pacientes expuestos a VIH por vía sanguínea. "Hemos contado con uno de los mayores grupos de individuos expuestos no infectados del mundo gracias a la colaboración de los Hospitales de Valme (Sevilla) y Reina Sofía (Córdoba)", apunta Caruz, cuyo equipo ha contrastado los datos obtenidos con la Universidad de Milán, confirmando que una de las secuencias de genes con efecto protector, el CR2, también está presente en otro grupo de riesgo: mujeres parejas de infectados por VIH que no presentan la enfermedad. "En este caso se exponen al virus por vía sexual y tampoco se infectan, con lo que hemos comprobado que una de las mutaciones del gen protege también por este medio de transmisión", especifica el investigador, explicando que estos genes pueden servir para capturar virus recubiertos de anticuerpos. "Lo que puede sugerir su implicación en la respuestas a las vacunas de cada paciente, es decir, que funcionen o no dependiendo del genotipo de la persona", señala el experto, apuntando la posibilidad de agrupar a los pacientes en función de sus características genéticas para **mejorar la efectividad futura de los tratamientos**.

Adaptado de: "Un escudo contra el sida", *El Mundo*, 8 de febrero de 2015.

[Online. <http://goo.gl/9fv9qh>. Consulta: 10/4/2015]

EL MUNDO Edición España Versión Clásica

SECCIONES España Andalucía Sevilla Málaga Elecciones Andalucía 2015

INVESTIGACIÓN Universidad de Jaén

Un escudo contra el sida

- Hay personas más resistentes que otras al virus de la inmunodeficiencia humana (VIH)
- La 'culpa' la tienen dos variantes de genes identificados por científicos en Jaén

Noticias Relacionadas

- CESGA pide a los partidos políticos que incluyan su respuesta al VIH en los programas electorales
- Claves para evitar tratamientos inútiles frente al VIH
- Siete preguntas clave en la lucha contra el sida
- Ya no hay miedo al sida: bienvenidas las ETS
- Fármacos en combinación para sacar al VIH de su 'rescondita'

Más leídas

- El PP pierde las ocho mayorías absolutas de las capitales andaluzas
- Zoido gana las elecciones por un estrechísimo margen de votos
- El recuento de Sevilla, paralizado en el 95% por un fallo informático, no se conocerá hasta el miércoles

Autora de la nota:
María Amelia Brenes.



ACTIVIDADES

3. Una vez que haya leído la noticia anterior, coméntela con una compañera o un compañero y luego, juntos, respondan las siguientes preguntas.
 - a. ¿Qué sabe acerca del VIH o virus de la inmunodeficiencia humana? Amplíe la información sobre este virus en biblioteca o por medio de la web.
 - b. ¿Cuál es la relación entre el VIH y el SIDA?
 - c. ¿Cuál es el hallazgo al que se refiere esta noticia?
 - d. ¿Por qué, según lo que se expresa en esta noticia, algunos individuos expuestos a este virus no se enferman de SIDA?
 - e. ¿Qué muestra este caso sobre la relación entre los genes y la característica de no contraer VIH, aun estando expuesto al virus de manera reiterada?
4. El análisis de las noticias permitió ampliar y profundizar sus ideas sobre la relación entre los genes y las características de los organismos. Realice una breve síntesis, de aproximadamente 10 renglones, que refleje los aportes más relevantes de estas lecturas.

NO SOMOS NUESTROS GENES. EL PAPEL DEL AMBIENTE

Si bien los genes están relacionados con las características de un organismo, no son los únicos responsables de ellas. Es decir que un organismo vivo no está completamente determinado por sus genes. El ambiente en que crece y se desarrolla un individuo tiene también un papel central, más aún con respecto al organismo humano, que vive en complejas sociedades. Al principio de esta unidad se diferenciaba entre el fenotipo de un organismo, que comprende el conjunto de sus características (físicas, fisiológicas y de comportamiento), y su genotipo, que es su programa o mensaje genético. Es el genotipo el que se hereda.

Un organismo es como es en función de un proceso de permanente interacción con su entorno ambiental. Es, por lo tanto, el reflejo de esa interacción de los genes con los ambientes particulares que fue “enfrentando” a lo largo de su vida. Entonces, si bien importa la influencia de los genes y la información que contienen por su papel fundamental en cómo será un ser vivo, cómo se desarrollará y cómo responderá a los retos de su entorno, es igualmente importante la contribución que tiene el entorno en el que se desarrolla ese ser vivo. Así, bajo diferentes ambientes de desarrollo, un mismo genotipo (o bien, una serie de organismos genéticamente idénticos), podrán presentar diferencias en su fenotipo, es decir en sus características. El crecimiento y desarrollo de una planta de malvón, por ejemplo, dependerá de cómo son los sucesivos ambientes a los que se enfrente, es decir, si cuenta con suficiente agua, las horas de exposición a la luz, a distintas temperaturas, la presencia de heladas, de sequías o las características del suelo, determinarán, junto con el genotipo, como será esa planta en cada momento (su fenotipo). En el caso

del ser humano, esto se nota claramente en los casos de gemelos idénticos (poseen el mismo genotipo) que se crían en familias diferentes o que experimentan vivencias muy distintas a lo largo de su vida.



Los gemelos poseen exactamente el mismo genotipo, pero su fenotipo varía en mayor o menor medida en función de la interacción con el ambiente a lo largo de sus vidas.

Por lo tanto, si bien los genes son los que tienen la información, es la interacción con los ambientes con los que se relacionan lo que determinará cómo será ese organismo. En el caso de las sociedades humanas, lo biológico interactúa también con lo social y se determinan mutuamente. Las características de los seres humanos, cómo son y cómo actúan, no se dan de manera aislada sino que son consecuencia de procesos de la vida social, con una historia y con caminos que no están predeterminados. En un mundo complejo en el que permanentemente ocurren interacciones entre los organismos y su ambiente, a lo largo de su desarrollo, la historia de ese organismo adquiere una importancia central. Donde está y cómo es un individuo en un determinado momento, depende de un pasado particular que impone un determinado presente. Esto elimina la antítesis entre naturaleza y crianza o entre la herencia genética y el medio ambiente.



El determinismo biológico

La postura del determinismo biológico considera que los individuos son y actúan de determinada manera como una consecuencia inevitable de su biología y en particular de sus genes. En consecuencia, considera que toda la sociedad humana está regida por una cadena de determinantes que van del gen al individuo y de este, a la suma de comportamientos de todos los individuos. Los deterministas afirman que la naturaleza humana está determinada por nuestros genes. Las causas de los fenómenos sociales, según esta postura, se hallan pues en la biología de los actores individuales en una escena social,

como cuando se nos informa, por ejemplo, que la causa de un disturbio juvenil debe buscarse en “una pobreza en las aspiraciones y expectativas creadas por la familia, la escuela, el medio ambiente y la herencia genética” (*The guardian*, Londres, 1981), Así, la biología, o la herencia genética es invocada como una expresión de inevitabilidad: lo que es biológico, lo es por naturaleza y *demonstrado* por la ciencia. No puede haber ninguna discusión con la biología porque es inmodificable. El determinismo biológico, también llamado biologicismo, ha sido un poderoso medio para explicar las desigualdades sociales, con la pretensión de su carácter científico, neutro y objetivo. Los críticos del determinismo biológico han llamado la atención sobre el papel ideológico desempeñado por conclusiones aparentemente científicas acerca de la condición humana.

Adaptado de: Lewontin, R. C., Rose, S. y Kamin, L. J. (2009).

No está en los genes: racismo, genética e ideología. Barcelona: Crítica.



ACTIVIDAD

5. Lea el siguiente artículo del diario *La Nación* y, luego, resuelva las consigas propuestas.

La infidelidad, ¿culpa de un gen?

La culpa de la infidelidad de los hombres es producto de un gen, el alelo 334, que gestiona la vasopresina, una hormona que se reproduce naturalmente, por ejemplo, con los orgasmos, según un estudio del Instituto Karolinska de Estocolmo difundido ayer. De esto deriva que los hombres dotados de esta variante del gen sean peligrosos para una relación estable. Si hasta ahora, los cuernos siempre han tenido excusas, a partir del hallazgo hay una que cuela: "Cariño, la culpa la tiene el alelo". Y es que el alelo 334 se encarga del receptor de la arginina vasopresina, que es una hormona básica y que está presente en el cerebro de la mayoría de los mamíferos, sostiene esta investigación.

El descubrimiento radica en que "es la primera vez que se asocia la variante de un gen específico con la manera en que los hombres se comprometen con sus parejas", explicó Hasse Walum, del Departamento de Epidemiología Médica y Bioestadística del Karolinska y uno de los responsables de la investigación. El análisis se llevó a cabo durante al menos cinco años con parejas heterosexuales -más de 1000, de las cuales 550 eran gemelos- que confesaron en test psicológicos si se sentían felices, cómo era su convivencia, si reían o besaban a menudo y sobre el futuro de su relación. El resultado fue que los hombres con el alelo 334 -dos de cada cinco en este estudio- afirmaron tener lazos menos fuertes con sus esposas y, además, éstas reconocieron que se sentían menos satisfechas con sus cónyuges que las que se casaron con hombres sin esta variante genética.

Incluso se dio que los hombres "dotados" con dos copias del alelo 334

han tenido en su vida más crisis de pareja y sus esposas afirmaron que están más insatisfechas. De todas formas, según informaron los científicos, poseer el gen no equivale a estar "condenado" ni a fracasar en una relación de pareja, pero sí a que aumente la probabilidad de que ocurra y de que sea más infiel. Este hallazgo, más allá de excusar a los hombres que incurren en esta práctica, se prevé que servirá en un futuro para ayudar en la investigación de patologías caracterizadas por presentar dificultades en las relaciones sociales como el autismo o la fobia social, indicó el investigador.

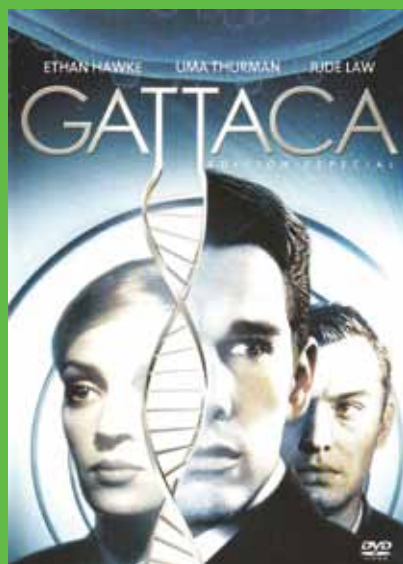
Adaptado de: "La infidelidad, ¿culpa de un gen?", *La Nación*, febrero de 2015. [Online. goo.gl/i7uLBZ Consulta: 14/4/2015]

- a. ¿Cree que sucederá lo mismo en el caso de las mujeres? ¿Por qué?
- b. ¿Está de acuerdo en que un gen puede ser "el culpable" del comportamiento de una persona?
- c. La naturaleza humana, ¿está determinada completamente por los genes? Justifique.
- d. ¿Cómo explicaría un comportamiento humano particular? ¿Cuál sería el papel de los genes, el ambiente, la cultura y la vida social en la que creció esa persona?
- e. Proporcione algún ejemplo cotidiano de determinismo biológico. Indique si está de acuerdo o no y fundamente tu opinión.
- f. Teniendo en cuenta sus respuestas a las cuestiones anteriores, escriba otro título y un breve artículo que argumente sobre el comportamiento infiel de una persona.



Para ampliar tu mirada acerca del determinismo biológico te recomendamos que mire las siguientes películas. También pueden separarse en tres grupos y ver una película cada uno para luego contársela al resto del curso.

- *El enigma de Kaspar Hauser*. Dirigida por Werner Herzog. 1975; Alemania.
- *Los niños del Brasil*. Dirigida por Franklin J. Schaffner. 1978; EEUU y Gran Bretaña.
- *Gattaca*. Dirigida por Andrew Niccol. 1997; EEUU.



GREGOR MENDEL Y LOS PRIMEROS PASOS EN LA GENÉTICA MODERNA



Gregor Mendel
(1822-1984).

Cuando todavía no se sabía nada sobre el ADN y los genes, el monje austríaco Gregor Johan Mendel (1822-1884), dio los primeros pasos en genética. A través de estudios realizados con la arveja (*Pisum sativum*) él se propuso responder cómo se transmitían las características desde los progenitores a los descendientes, es decir, por qué las plantas hijas se parecían a las plantas progenitoras. La especie de arveja que utilizó fue un modelo experimental adecuado ya que:

- Se reproduce fácilmente.
- Genera un gran número de descendientes.
- Tiene bajos costos de mantenimiento.
- Posee características heredables con dos estados fáciles de observar (semillas verdes o amarillas, flores blancas o violetas, semillas lisas o rugosas, tallo alto o tallo enano).
- Es una especie que se autofecunda (el polen, que posee la gameta masculina, fecunda a la gameta femenina de la misma flor).

¿En que consistieron sus investigaciones?

En primer lugar, él comenzó a trabajar con variedades puras. Esto quiere decir que las plantas altas, por ejemplo, por autofecundación, siempre dan origen a plantas altas. Mendel tomó una planta de variedad pura de tallo alto y lo cruzó con una variedad pura de tallo enano. Según lo que se creía en esa época, la descendencia híbrida (producto de cruzar una línea de plantas altas con otra de plantas enanas) debería haber sido de tamaño intermedio, pero sin embargo, todas las plantas descendientes fueron altas.

Plantas altas X Plantas enanas



Primera generación híbrida: 100% de plantas altas

Al cruzar entre sí a las plantas altas de esa primera generación híbrida, tres de cada cuatro individuos de esta segunda generación fueron altos, y uno de cada cuatro fueron enanos como "sus abuelos". Mendel encontró la misma tendencia en otros seis rasgos estudiados.

Plantas altas de la primera generación híbrida X Plantas altas de la primera generación híbrida



75% (tres cuartas partes) plantas altas; 25% (un cuarto) plantas enanas

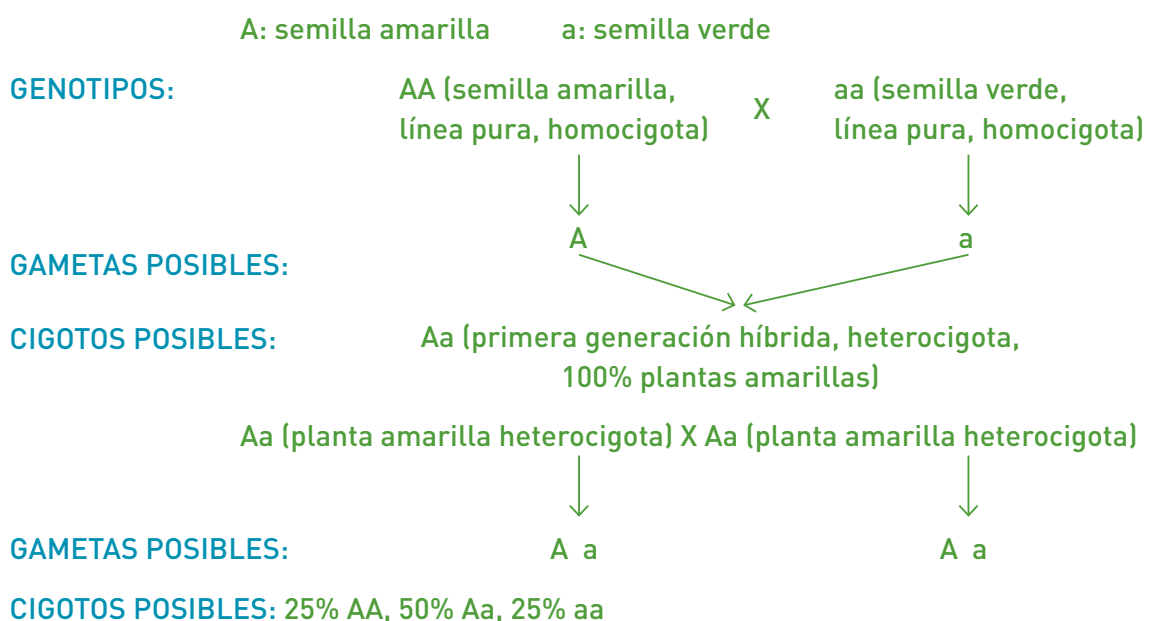


Pisum sativum, la planta elegida por Mendel para sus investigaciones.

Invariably, each time that Mendel crossed two pure lines that differed from each other, one of the characteristics seemed to disappear but reappeared in the second generation (dwarf plants in the example given). This indicated that that characteristic had remained hidden, in the first cross. From these results Mendel concluded the following:

- Existen unos “factores” que se heredan (luego se los llamó genes) que determinan las características de los individuos.
- En la descendencia de la primera generación existía información para la característica “planta enana”, pero estaba “tapada” por la información para la característica “planta alta”.
- Los organismos poseen dos factores (genes alelos) en cada individuo. Cuando los dos factores son iguales, se dice que el individuo es **homocigota** (proviene de un cigoto con dos factores iguales). Cuando los dos factores son diferentes, se dice que el individuo es **heterocigota** (proviene de un cigoto con dos factores diferentes, por ejemplo uno que determina una planta alta y otro que determina una planta enana).
- Cuando se forman las gametas los factores (alelos) se separan (las gametas tienen entonces solo un factor).
- Algunos factores (alelos) son dominantes sobre otros. Cuando se cruzan dos líneas puras, el factor (alelo) **dominante** es el que se expresa en la descendencia (tallo alto en el ejemplo) El carácter que no se expresa en la primera generación (tallo enano en nuestro ejemplo), que parece desaparecer, es el carácter (alelo) **recesivo**.

Veamos otro ejemplo, una cruce entre plantas de variedades puras, de semillas amarillas y verdes. Los genetistas usan letras para representar los rasgos heredables: mayúsculas para los dominantes y la minúscula para los recesivos.



Para visualizar las diferentes combinaciones posibles de las gametas en la formación de cigotos, es conveniente ubicarlos en una tabla como la siguiente (tabla de Punnett):

Gametas posibles	A	a
A	25% AA	25% Aa
a	25% Aa	25% aa

Es decir, en la segunda generación habrá un 75% de plantas amarillas (AA y Aa) y un 25 % de plantas verdes.



ACTIVIDAD

6. A partir de los ejemplos explicados, responda las siguientes preguntas.
 - a. ¿Qué es un carácter recesivo? ¿Y uno dominante? Dé un ejemplo de cada concepto.
 - b. ¿Qué significan los términos homocigota y heterocigota? Dé un ejemplo para cada uno de estos conceptos.
 - c. ¿Por qué es posible que padres con ojos oscuros tengan hijos con ojos de color claro?
 - d. ¿Es posible que personas con ojos oscuros tengan padres con ojos claros? Justifique su respuesta.

LOS RASGOS DE LOS ORGANISMOS SE RELACIONAN CON LAS PROTEÍNAS

Entre las sustancias más abundantes en los seres vivos, se encuentran las proteínas. Podríamos decir que las proteínas son los “obreros de la célula” ya que sus variadas funciones, tienen una enorme influencia en determinar cómo es un organismo. Se trata de moléculas de gran relevancia ya que se relacionan con las características de los organismos, como se verá en los ejemplos presentados.

A continuación se presentan tres casos reales para analizar cómo los genes se relacionan con las proteínas y estas con las características del fenotipo.

1. Albinismo: perros de raza doberman

Se identificó una mutación genética en perros doberman causante de albinismo. Esta mutación provoca la ausencia de una proteína necesaria para que las células sean pigmentadas y el desarrollo de un conjunto de características que son evidentes tanto en humanos como en perros: una piel blanca o muy clara, cabello o pelaje blanco y un iris pálido en los ojos, entre otros. Los perros albinos experimentan también la misma sensibilidad de la piel a la luz solar que sufren las personas albinas y un aumento del riesgo de sufrir tumores cutáneos.



Una mutación es una alteración en la información genética. En algunas circunstancias este cambio es lo suficientemente importante como para alterar alguna característica del organismo, como ocurre por ejemplo, en el caso del albinismo.

2. Copito de Nieve: la endogamia provocó el albinismo



Copito de Nieve.

Copito de Nieve fue el único gorila blanco conocido. Tuvo 22 hijos, de los que sobreviven tres (un macho y dos hembras), once nietos (cuatro machos y siete hembras) y 3 bisnietos (un macho y dos hembras). Ninguno de ellos fue albino. Por medio del análisis genético, se pudo saber cómo se transmitió esta característica que, al ser recesiva, debía estar presente en los genes de ambos progenitores. Como no es una mutación frecuente, es más probable que esto ocurra entre miembros de una misma familia. En el caso de Copito de Nieve, se cree que la relación entre sus progenitores era de tío y sobrina. Concretamente, se halló un 12% de consanguinidad, lo que indica que sus padres tenían un grado muy elevado de parentesco.

Se ha logrado secuenciar su genoma completo (toda su información genética) y se descubrió que el parentesco entre sus progenitores provocó el albinismo. ¿Cómo se supo que es así? El ADN de Copito de Nieve se comparó con los genomas de dos gorilas negros y se encontró que el albinismo fue provocado por la mutación en un único gen. Esto explica la falta de melanina (el pigmento responsable del color). Por este motivo, Copito tenía ojos azules, piel rosada, pelo blanco, agudeza visual reducida y fotofobia. A causa de la falta de pigmentación en su piel Copito desarrolló un tumor maligno de piel, que finalmente provocó su muerte.

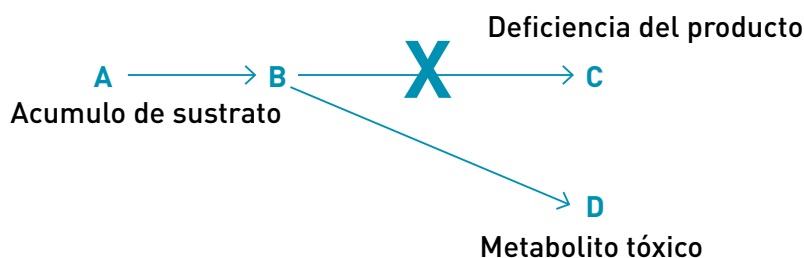


El albinismo, se debe a la falta de melanina y por lo tanto, de pigmentación (color) de la piel, el cabello y los ojos. Se produce a partir de una mutación genética que ocasiona una carencia de enzimas (proteínas) necesarias para la síntesis (“fabricación”) del pigmento “melanina”.

3. Garrod y los “errores innatos del metabolismo”

El primer caso conocido de una alteración en un gen que producía una modificación en el metabolismo fue descrito por un médico inglés, Archibald Garrod a principios del siglo XX. Fue el primero que observó la relación entre genes y enzimas (proteínas). Su interés se centraba en enfermedades hereditarias

que él llamó “errores innatos del metabolismo”. Estudió en particular una enfermedad llamada alcaptonuria. El síntoma más llamativo de este mal es el ennegrecimiento de la orina si se la expone al aire. Esto se debe a una sustancia llamada *alcaptona* (ácido homogentísico), que el enfermo elimina en grandes cantidades a través de su orina. Las personas que no padecen esta enfermedad descomponen naturalmente esta sustancia. En cambio, los que la padecen, son incapaces de realizar tal transformación. Esto ocurre porque les falta la enzima que regula ese cambio químico.



Esta figura ilustra la hipótesis de Garrod. La incapacidad de producir la enzima, que regula la transformación del compuesto B en el compuesto C, hace que no se sintetice el compuesto C y se acumule el compuesto D.

Garrod, investigando en la literatura profesional y discutiendo los antecedentes familiares de los enfermos con el genetista William Bateson, se dio cuenta de que la enfermedad era más frecuente en los hijos de individuos emparentados (por ejemplo, los primos hermanos). También determinaron que la enfermedad se hereda como un carácter mendeliano recesivo (por ejemplo, como el color verde de las semillas estudiadas por Mendel, o como el albinismo). De todo ello dedujo que la enfermedad se debía a la alteración de una enzima que no funcionaría en los individuos afectados. Por lo tanto, lo que se hereda no es la alcaptonuria en sí misma sino la incapacidad, por parte del organismo en producir cierta enzima que posibilita transformar la alcaptona (ácido homogentísico) en otra sustancia. El exceso de ácido homogentísico en sangre causa daño a los cartílagos, las válvulas del corazón y produce cálculos renales.

Los trabajos de Garrod fueron pioneros y alertaron sobre la relación entre la herencia, los genes y las enzimas que regulan el metabolismo. Sin embargo, las ideas de Garrod fueron ignoradas e incomprendidas en su época hasta que en 1940 las retomaron los genetistas George Beadle y Edward Tatum, tema que se abordará más adelante.



Las enzimas son proteínas que aceleran las reacciones químicas de las células. Sin las enzimas las reacciones químicas no tendrían la velocidad suficiente para hacer posible la vida de la célula.



ACTIVIDADES

7. Luego de la lectura de las narraciones responda las siguientes preguntas.
 - a. ¿Cuáles son las características a las que refiere cada uno de los casos presentados?
 - b. ¿Qué relación encuentra entre la presencia de estas características y la presencia o ausencia de alguna proteína?
8. Escriba un párrafo que relacione los siguientes términos: genes, enzimas, proteínas, fenotipo.



ACTIVIDADES INTEGRADORAS

1. Relea el caso de Copito de Nieve y responda las siguientes preguntas.
 - a. ¿Qué relación encuentra entre el fenotipo albino, los genes y las proteínas?
 - b. Si los padres de copito de nieve eran de pelaje negro ¿cómo se explica que Copito de Nieve heredó el carácter albino?
 - c. Sobre la base de sus conocimientos de las leyes de Mendel, ¿cómo considera que debería ser el genotipo de los padres de Copito de Nieve? ¿Por qué?
 - d. ¿Los genotipos de los padres, son homocigotas o heterocigotos? ¿Y el de Copito de Nieve? Justifique su respuesta.
2. Escriba una breve nota de opinión, relacionada con el determinismo biológico.

UNIDAD 6

El camino hacia el ADN

LAS PRIMERAS EVIDENCIAS QUE RELACIONAN GENES Y PROTEÍNAS

Los genetistas estadounidenses George Beadle (1903-1989) y Edward Tatum (1909-1975), por medio de una serie de numerosos y brillantes experimentos realizados a comienzo de la década de 1940 con el hongo rojizo del pan, *Neurospora crassa*, proporcionaron los primeros y claros indicios de la función de los genes en las células, motivo por el cual recibirían en 1958 el Premio Nobel de Fisiología o Medicina.















George Beadle.

Beadle y Tatum decidieron encarar el estudio de los procesos químicos involucrados en la relación entre los genes y las enzimas (recordar que las enzimas son proteínas). Para ello, eligieron un organismo al que se le pudiesen provocar mutaciones fácilmente. Pensaron que si esas mutaciones bloqueaban alguna reacción química en particular, sería posible después, identificar los genes que controlaban esas reacciones. Entonces emplearon en sus experimentos al hongo rojizo del pan *Neurospora crassa*, cuyos caracteres genéticos se conocían muy bien, pero que además puede ser cultivado con facilidad en tubos de ensayo, en un medio conformado por minerales, azúcar y una sola vitamina, la biotina. Este es el *medio mínimo* que necesita esta especie de hongo microscópico para crecer. Es decir, que a partir de unas pocas sustancias el hongo es capaz de “fabricar” (sintetizar) la amplia variedad de sustancias que constituyen su organismo (proteínas, grasas, ácidos nucleicos, vitaminas, pigmentos).

Por lo tanto, a lo largo del crecimiento y desarrollo del hongo se producen un sinnúmero de reacciones químicas. ¿Cómo se regulan y ordenan todas esas reacciones químicas? ¿Son los genes los que desempeñan este papel?

Para averiguarlo, Beadle y Tatum provocaron mutaciones en el hongo exponiendo sus esporas (estructuras reproductoras) a los rayos X (se sabe que produce mutaciones). Algunas de las esporas mutadas eran incapaces de germinar en el medio mínimo. ¿A qué se debía esta incapacidad? ¿Cuál era la relación entre ella y la aparición de las mutaciones provocadas por la exposición a los rayos X? ¿Cómo se vinculan las mutaciones en algunos genes, con las enzimas que regulan la síntesis de sustancias específicas como aminoácidos o vitaminas, por ejemplo? A partir de una serie de ingeniosos experimentos pudieron demostrar que cuando un gen es alterado por una mutación, se produce una transformación en una enzima que hace que ya no pueda regular una determinada reacción química. Básicamente, lograron averiguar que algunas cepas de *Neurospora crassa* mutantes ya no

podían crecer en un medio mínimo y necesitaban que se les agregara algún nutriente porque eran incapaces de fabricarlo por sí mismas, como se observa en la imagen siguiente.

		Complementos agregados al medio				
		Ninguno	Ornitina	Citrulina	Arginina	
<i>Neurospora</i> normal						La <i>Neurospora</i> normal sintetiza arginina, citrulina y ornitina.
Mutantes con un solo defecto genético	A					La <i>Neurospora</i> mutante A crece solamente en el caso que se agregue arginina en el medio, ya que no puede sintetizar arginina porque carece de la enzima C (tiene una mutación en el gen C) requerida para la conversión de citrulina en arginina.
	B					El mutante B crece cuando se agrega arginina o citrulina. Esto significa que puede convertir la citrulina en arginina, pero no puede convertir la ornitina. Esta cepa carece de la enzima B (porque tiene una mutación en el gen B) requerida para la conversión de ornitina en citrulina.

Experimentos de Beadle y Tatum con *Neurospora crassa*: Crecimiento diferencial de *Neurospora* normal y mutante en un medio simple con diferentes complementos.

De esta manera Beadle y Tatum demostraron que la síntesis de estas sustancias está controlada por genes: cada mutación bloquearía la síntesis de alguna sustancia necesaria para el crecimiento y desarrollo del hongo. Es decir, la mutación en determinado gen impide la síntesis de una enzima, que regula la fabricación de una de esas sustancias.

Postularon entonces, a partir de estos resultados, la hipótesis “un gen - una enzima”. Pero esta hipótesis resultó ser incompleta y posteriormente se amplió para incluir a todas las proteínas, es decir, “un gen - una proteína”.



ACTIVIDAD

1. Responda a las siguientes preguntas.
 - a. ¿Qué características de *Neurospora crassa* fueron adecuadas para poner a prueba las ideas de Beadle y Tatum?
 - b. ¿Qué se propusieron demostrar a través de sus experimentos?
 - c. ¿Qué ocurría con el crecimiento de *Neurospora* cuando se producía alguna mutación?
 - d. ¿Por qué algunos hongos irradiados pudieron crecer en un medio mínimo al que se le agregó alguna sustancia? ¿Cómo se relacionaba esta sustancia con el gen mutado y con las enzimas?
 - e. ¿De qué manera entonces Beadle y Tatum pudieron relacionar los genes con las enzimas?

LOS GENES ESTÁN EN LOS CROMOSOMAS: LA TEORÍA CROMOSÓMICA DE LA HERENCIA

Como ya se mencionó, los genes se relacionan con las características de los organismos. Pero, ¿dónde están localizados? Los trabajos de Gregor Mendel mostraron que la herencia está controlada por ciertos factores (conocidos hoy como genes) que aportan ambos progenitores, aunque en ese momento se desconocía su ubicación.

Algunas evidencias acerca de la localización de los genes

1. La división celular: cuando una célula se divide para dar origen a dos células hijas (mitosis), unas estructuras llamadas cromosomas, ubicadas en el núcleo, se duplican para luego repartirse entre las dos nuevas células. Por otra parte, en la división que da origen a las células sexuales o gametas (meiosis) también se duplican los cromosomas, pero al repartirse en cuatro células hijas, cada una de estas cuatro células, recibe solo la mitad de los cromosomas que tenían las células progenitoras. Al ocurrir la fecundación se recompone el número de cromosomas y se forma un cigoto o huevo, que tendrá un juego de cromosomas proveniente de cada gameta. El vínculo hereditario entre progenitores y descendientes que se reproducen sexualmente, son la gameta femenina y la gameta masculina, que llevan la mitad de los cromosomas que tendrá el cigoto. El cigoto, por mitosis, origina todas las células que formarán el nuevo ser.

En la especie humana, la meiosis da como resultado:

Óvulo (23 cromosomas) + Espermatozoide (23 cromosomas)



Huevo o cigoto (46 cromosomas)



Sucesivas mitosis: células del cuerpo (somáticas) con 46 cromosomas



Pares de cromosomas humanos.



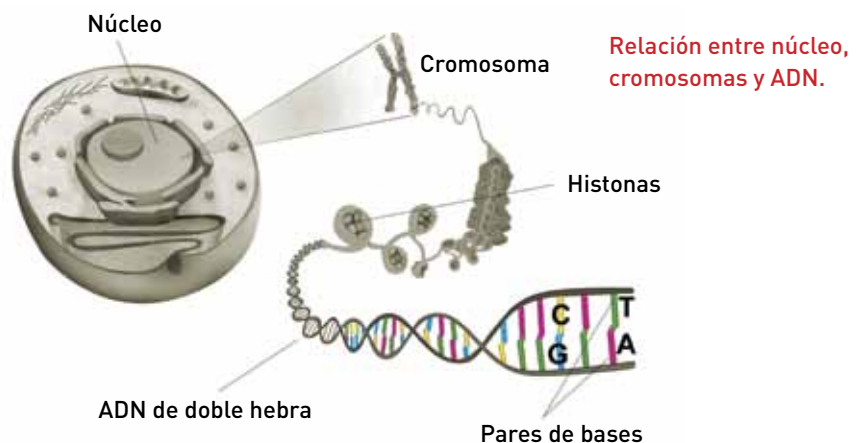
Separación de los cromosomas durante la mitosis de una célula vegetal.

2. La cantidad de cromosomas: Los cromosomas se encuentran ubicados en el núcleo de las células y están formados por una molécula llamada ADN. Ernst Haeckel, un zoólogo alemán, sugirió que el núcleo es muy importante en la transmisión de características de una generación a otra. El número y la forma de los cromosomas varían de acuerdo con la especie. En cada especie se mantienen constantes. Por ejemplo, en las células somáticas (corporales) de la especie humana existen siempre 46 cromosomas, dos de cada tipo, que se encuentran apareados; es decir, 23 pares. En la arveja comestible se presentan catorce cromosomas, es decir, 7 pares; 20 en el maíz (10 pares) y en las ratas 40 (20 pares). En las células sexuales o gametas de cada organismo se presenta la mitad de cromosomas, uno de cada tipo. Así, por ejemplo, las gametas de la especie humana tienen 23 cromosomas y las de las ratas tienen 20. También se sabe que un embrión es viable solo si tiene todos los cromosomas propios de su especie. Theodor Boveri, en 1902, estudiando el desarrollo de embriones de erizos de mar, observó formas de desarrollo anormal, cuando el número de cromosomas no era el adecuado a esa especie. Estos datos sugerían una correlación entre los cromosomas y la herencia, ya que cada organismo posee un tipo particular de cromosomas y un número que los caracteriza.

3. Los cromosomas sexuales. En nuestra especie (y en muchas otras) todos los pares de cromosomas son idénticos en machos y hembras, excepto uno. El par 23 es diferente en los humanos. En este par, uno de los cromosomas llamado X tiene una forma diferente a su par, denominado Y. Los organismos femeninos, siempre tienen dos cromosomas X y los masculinos, tienen un cromosoma X y un cromosoma Y. Al ocurrir la meiosis, cuando se forman las gametas, los óvulos contienen solo cromosomas X, mientras que los espermatozoides pueden contener, tanto el cromosoma X como el Y; puesto que los miembros de cada par se separan durante la meiosis. El sexo se puede asociar entonces a la presencia de los cromosomas XX o XY.

4. Trisomía del par 21: el síndrome de Down en la especie humana. En algunas circunstancias uno de los pares de cromosomas que deberían separarse durante la meiosis no lo hacen y pasan juntos a la misma célula. El resultado es la formación de gametas con un cromosoma de más o uno de menos. Por este motivo, también se pueden formar cigotos con un cromosoma de más. Esto ocurre en el Síndrome de Down que presenta una trisomía del par de cromosomas 21, es decir, en lugar de un par de cromosomas 21, como en todas las células, hay tres cromosomas 21. Los individuos que portan este tipo de células, tienen características peculiares, propias, comunes a todos los que tienen tres cromosomas 21. Es decir, una característica de los cromosomas se traduce en ciertas características fenotípicas.

5. Hay un paralelismo entre el comportamiento de los genes y de los cromosomas. Tanto los genes como los cromosomas se encuentran en pares en las células somáticas (del cuerpo). Por tener sus cromosomas de a pares estas células se denominan **diploides** (*di*: dos; *ploide*: multiplicado por). Cuando se forman las gametas, los cromosomas que estaban apareados se separan (segregan). Por este motivo, las gametas no tienen los cromosomas en pares. Hay solo un ejemplar de cada uno. Por tener un solo juego de cromosomas, las gametas se denominan células **haploides** (*haplos*: simple, sencillo). Lo mismo ocurre con los genes, es decir, hay un solo representante de cada gen en las gametas. La fecundación restablece la condición diploide tanto en los cromosomas como en los genes.





ACTIVIDADES

2. Haga un esquema de una célula diploide con seis cromosomas. Ubique en su interior los cromosomas.
3. Realice un esquema de una célula haploide, considerando que el número diploide es igual a seis cromosomas.
4. Sobre la base de lo leído hasta ahora, explique brevemente la relación entre el núcleo y la herencia.
5. Represente en un gráfico la relación entre mitosis, meiosis, cromosomas, gametas, herencia.
6. A partir de las producciones realizadas en las actividades anteriores, ¿qué sugieren ellas acerca de la localización de los genes?
7. Retome las investigaciones de Mendel, ¿hay alguna relación con la meiosis, la formación de las gametas y del cigoto?

¿CUÁL ES LA COMPOSICIÓN DE LOS GENES? ¿ADN O PROTEÍNAS?

A lo largo de esta unidad se mostró que los genes se relacionan con la expresión de los rasgos que se desarrollan en un organismo. Pero, ¿qué son los genes? ¿Cuál es su composición? En las páginas que siguen, se irán respondiendo estas preguntas.

En 1940 ya se conocía que los cromosomas eran portadores del material hereditario. Los primeros estudios del material hereditario mostraron que los cromosomas de las células eucariotas (células con núcleo diferenciado, presentes en muchos microorganismos, los hongos, las plantas y los animales) están compuestos por dos sustancias: ADN y proteínas en cantidades aproximadamente iguales. Muchos científicos de esa época apostaban a las proteínas como material que portaba la información hereditaria. Esto se debía a que:

- Las proteínas son grandes moléculas que tienen una gran diversidad.
- Las proteínas tienen funciones muy específicas en la célula.
- Se sabía muy poco del ADN. Sus propiedades físicas y químicas parecían demasiado sencillas como para contener la información de la inmensa diversidad del mundo vivo.

Las discusiones en torno a cuál era la molécula portadora de la información genética fueron intensas y apasionadas. El ADN no parecía un buen candidato ya que lo que se sabía era que consistía en una repetición monótona de unas unidades llamadas *nucleótidos* que son sólo de cuatro tipos distintos. Esto hacía suponer que no podrían almacenar la enorme variedad de información que implica la gran diversidad de la vida. Por el contrario, las proteínas son enormemente diversas y resultan de las múltiples combinaciones de unas unidades llamadas *aminoácidos*. Se sabía también en ese entonces que las proteínas estaban formadas por 20 clases diferentes de aminoácidos. Por eso parecían ser más versátiles que los ácidos nucleicos (ADN y ARN).

Los neumococos de Griffith: las bacterias pueden transformarse

En 1928, Frederick Griffith (1879-1941), un bacteriólogo inglés, estudió la bacteria *Streptococcus pneumoniae* ("neumococo"), que causa neumonía en mamíferos, con la intención de hallar una vacuna. Griffith sabía que había dos variedades o cepas distinguibles de neumococos:

- Una que produce colonias lisas, conocida como "S" (*smooth*, vocablo inglés que significa liso). Son bacterias encapsuladas, es decir que tienen una especie de cápsula, con un aspecto liso y brillante, que protege a la bacteria. Si se inyecta esta variedad de neumococo en ratones, provoca su muerte.
- La otra variedad produce colonias rugosas, sin cápsula, y se la conoce por la letra R (*rough*, del inglés, que significa áspero). Cuando son inyectadas en ratones no producen su muerte.

Los fenotipos alternativos de estas bacterias (aspecto liso y rugoso) son hereditarios.

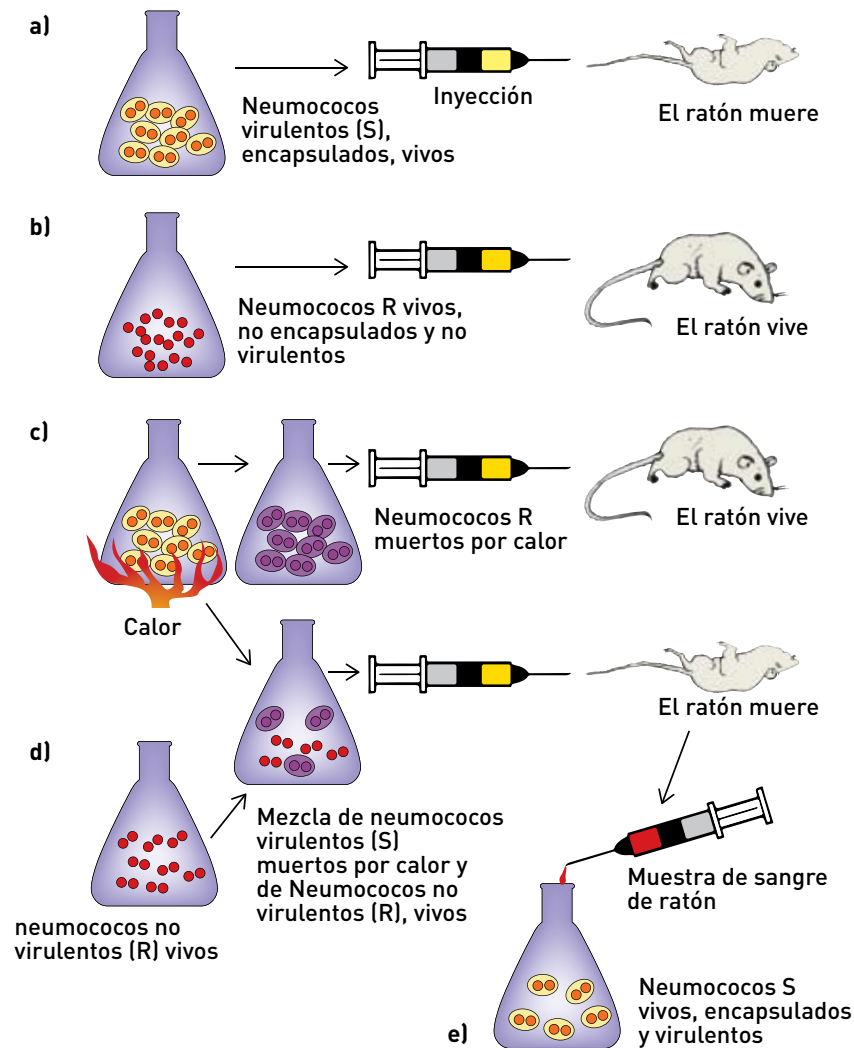
En sus experimentos, Griffith inoculó ratones con neumococos S, que previamente fueron muertos con calor. En este caso, los ratones sobrevivieron. Sin embargo, al inyectar una combinación de neumococos (S) previamente muertos por calor con neumococos (R) vivos, los ratones se morían. ¿Cómo explicar este fenómeno? ¿Por qué, los neumococos muertos, combinados con otros que eran inofensivos, producían la muerte de los ratones? En la sangre de los ratones muertos, Griffith halló neumococos con cápsula (S), pero ¡vivos! ¿Revivieron las bacterias muertas? ¿Estaban realmente muertas? ¿O las bacterias vivas e inofensivas "se transformaron" en virulentas?

La explicación más increíble, pero a su vez más lógica, era sin dudas que las bacterias muertas (S) habían transmitido de alguna manera su carácter hereditario (capacidad de fabricar la cápsula), a las bacterias vivas carentes de cápsula (R). Es decir que "algo" proveniente de los neumococos S muertos (un "factor transformador"), fue capaz de provocar el cambio de los neumococos R, que no provocan la muerte de los ratones, en neumococos S, con cápsula, que sí los mataron. Además, este cambio era permanente y heredable. Sin proponérselo, Griffith, encontró la evidencia de una transformación en una característica de la célula bacteriana: la capacidad para fabricar la cápsula; y esta característica se transmitía a la descendencia. Por lo tanto, la sustancia que provocó esta transformación era material hereditario.

La imagen de la página siguiente muestra en detalle el experimento llevado a cabo por Frederick Griffith con los ratones inoculados con neumococos.



Frederick Griffith
(1879-1941).



Experiencias de Griffith con *Streptococcus pneumoniae*.

¿Cómo se produjo esta transformación de las bacterias? ¿Podría ser a causa de alguna de las sustancias componentes del neumococo? ¿Cuál? Griffith no pudo responder estas preguntas, pero otros científicos continuaron indagando.



ACTIVIDADES

8. Responda a las siguientes consignas acerca del experimento de Griffith.
 - a. Explique en qué consiste el fenómeno de la transformación bacteriana.
 - b. Considerando que el ADN es estable a altas temperaturas, ¿qué cree que ocurre con las cepas rugosas vivas, cuando se las combina con cepas de neumococos lisas a las que se mata con calor?
 - c. Considerando que la transformación bacteriana se relaciona con la adquisición de nuevas características, ¿qué importancia puede tener la transformación para una cepa de bacterias? Piense, por ejemplo, en la posibilidad de sobrevivir en nuevas condiciones ambientales.
9. Intente identificar algunas características del trabajo de los científicos, a partir de lo narrado en este apartado hasta ahora.

Las investigaciones de Oswald Avery



Oswald Avery.

El médico canadiense Oswald Avery (1877-1955), se interesó por los resultados publicados por Griffith y se abocó a indagar qué sustancia es responsable del fenómeno de transformación. Así fue como, en 1943, Avery y sus colegas Colin MacLeod (1909-1972) y Maclyn McCarty (1911-2005) lograron demostrar que el factor transformador era, nada más ni nada menos, que ADN. Esto contradecía las ideas de la época, que apostaban a las proteínas como candidatas a ser portadoras del material hereditario.

Para identificar la naturaleza química del factor transformador de los experimentos de Griffith, Avery y sus colaboradores fueron destruyendo paso a paso las diferentes sustancias que forman parte de las bacterias: proteínas, lípidos, hidratos de carbono, ácidos nucleicos, y observaron si persistía o no, la capacidad transformadora. Así, al eliminar paso a paso a los principales “sospechosos” se puso en evidencia que era el ADN el factor transformador de los neumococos, es decir, la sustancia que hacía que la cepa R sea capaz de fabricar una cápsula como la que poseen las bacterias de la cepa S.

Aunque estos resultados resultaban sumamente claros y evidentes, algunos científicos se mantuvieron escépticos y no aceptaban las conclusiones de los trabajos de

Avery y su equipo. Esto nos muestra que el cambio en las ideas científicas no es repentino, no existen experimentos que por sí solos sirvan para derribar por completo una teoría afianzada, ni para afianzar teorías nuevas. El cambio en las ideas científicas se realiza en procesos históricos, generalmente más lentos y extensos de lo que se suele creer.

Es por esto que, para aceptar al ADN como material genético, portador de los genes, fue necesario que se fueran acumulando nuevas evidencias, más experimentos realizados por otros investigadores, etcétera. Por ejemplo, una evidencia es que cada célula del cuerpo de un organismo, antes de dividirse, no solo duplica sus cromosomas, también duplica su ADN. Sin embargo, la prueba definitiva provino de un conjunto de experimentos, realizados por los estadounidenses Alfred Hershey (1908-1997) y Martha Chase (1927-2003), que demostraron de forma concluyente que el ADN es la molécula de la herencia.



ACTIVIDADES

10. Responda a las siguientes preguntas:

- a. ¿Cuál era el problema que abordaron Avery y sus colaboradores? ¿Qué pregunta se propusieron responder?

- b. ¿Cómo hicieron Avery y colaboradores para resolver el enigma de la composición química del factor transformador de los neumococos?
- c. ¿Cómo pueden interpretarse los resultados obtenidos?
- 11. Amplíe el texto sobre las características del trabajo de los científicos a la luz de este último apartado.

Las experiencias de Hershey y Chase con virus bacteriófagos

En 1952, Alfred Hershey y Martha Chase, a través de un elegante y contundente experimento utilizando un virus que infecta bacterias, conocido como *bacteriófago T2* (los bacteriófagos son virus que infectan bacterias), proporcionaron una evidencia que fue concluyente sobre el ADN como material genético. Los virus están compuestos por una cápsula de proteínas que contiene ADN en su interior. Es decir, están formados por los dos materiales candidatos para ser considerados el material genético: ADN y proteínas. Se propusieron determinar qué parte del virus, proteína o ADN, ingresaba en la célula bacteriana. Para ello realizaron un experimento crucial (ya que permitió dirimir entre dos ideas imperantes: las dos moléculas sobre las que se rivalizaba si eran el material genético). Para rastrear los componentes de los virus, decidieron marcar las proteínas y el ADN:

- Como **el ADN** tiene **fósforo** y las proteínas no, lo marcaron con fósforo radioactivo.
- Como las **proteínas** tienen **azufre** y el ADN no, las marcaron con azufre radioactivo.

Hicieron dos experimentos separados, en los que incubaron virus en contacto con las bacterias, en uno de los experimentos usaron virus con el ADN marcado con fósforo radioactivo y en el otro virus con las proteínas marcadas con azufre radioactivo. Luego, licuaron la mezcla con una licuadora de cocina para desprender las bacterias de las partes de los virus que no ingresaron a ellas. Finalmente, separaron las bacterias de los restos de los virus mediante una centrifugadora; un artefacto que hace girar a las muestras a gran velocidad. Se encontraban, entonces, en condiciones de estudiar a las bacterias y a los restos de los virus por separado. Hallaron los siguientes resultados:

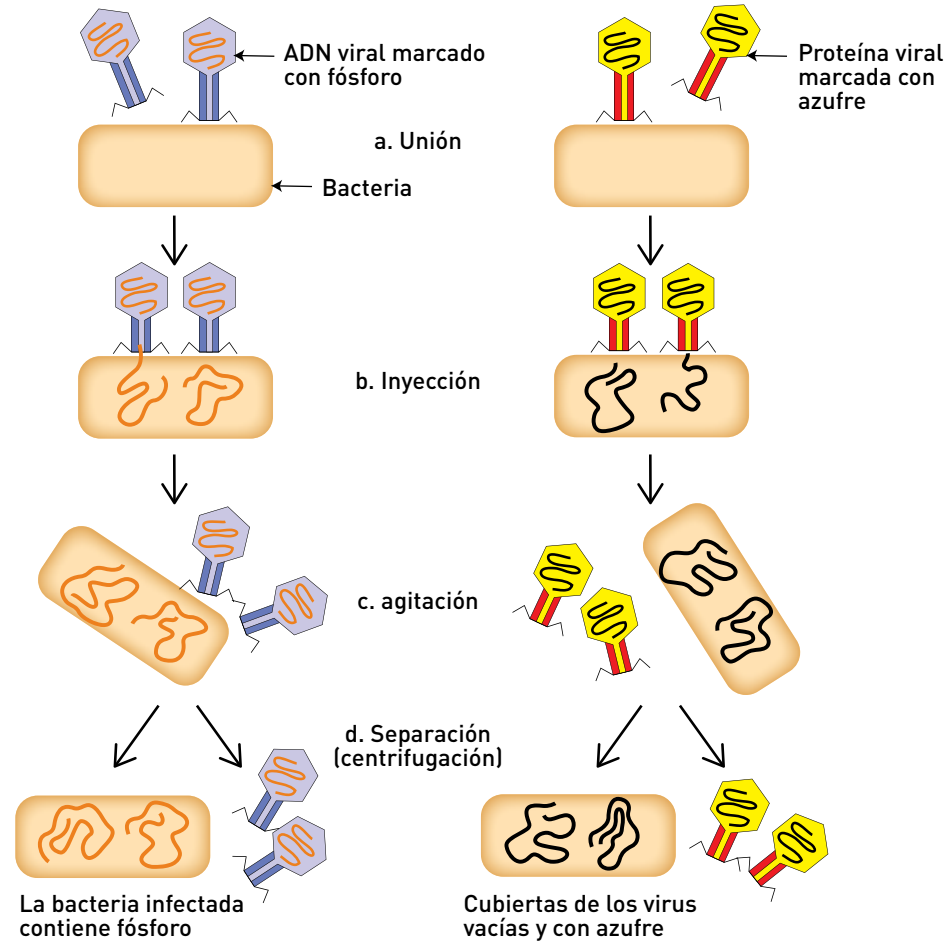
1. La mayor parte del azufre radioactivo (y por lo tanto las proteínas) había quedado afuera de las bacterias
2. La mayor parte del fósforo radioactivo (y por lo tanto del ADN) estaba adentro de las células bacterianas. También en los virus que se reprodujeron en el interior de las bacterias.



Alfred Hershey (1908-1997)
y Martha Chase (1927-2003).

A partir de estos resultados se desprenden dos conclusiones importantes:

- Es el ADN el que ingresa a las bacterias y no las proteínas.
- Los virus que se reprodujeron tenían el ADN marcado. Esto permite concluir que el ADN transporta información para la construcción de nuevos virus.



Experiencias de Alfred Hershey y Martha Chase con el virus bacteriófago T2.



ACTIVIDAD

12. Responda a las siguientes preguntas.

- ¿Qué pregunta intentaron responder Hershey y Chase?
- ¿Qué idea pusieron a prueba?, ¿cómo lo hicieron?
- ¿Qué se puede concluir a partir de sus experimentos con el bacteriófago T2?
- ¿Cuál es la evidencia de que las proteínas no son el material genético?
- ¿Cuál es la evidencia de que el ADN es el material genético?



ACTIVIDAD INTEGRADORA

13. Escriba un breve texto que relacione los siguientes conceptos: herencia, material genético, cromosomas, ADN, proteínas.

UNIDAD 7

Un modelo para el ADN



Erwin Chargaff.

En la unidad 6 se presentó cómo llegó a conocerse que la molécula que transporta la información genética necesaria para la construcción de un organismo vivo es el ADN. Pero este hallazgo abrió nuevas preguntas: ¿Cómo es el ADN? ¿Qué características le permiten almacenar tanta información? ¿De qué manera regula todas las funciones de las células? ¿Cuál es la relación entre el ADN y las proteínas?

El modelo de ADN, que fue propuesto por James Watson y Francis Crick en 1953, no se debió a experimentos realizados por ellos, sino que utilizaron los resultados y conclusiones de experiencias de otros científicos. Para ello, luego de leer toda la literatura principal sobre el tema, coordinaron los datos químicos conocidos sobre el ADN, para que se ajustaran en una estructura molecular capaz de almacenar información y autoduplicarse. ¿Qué aspectos tuvieron en cuenta para pensar este “rompecabezas molecular”?

LAS REGLAS DE CHARGAFF

El ADN está formado por unas unidades elementales llamadas nucleótidos. Estas unidades forman cadenas lineales, que tienen miles o millones de nucleótidos. Es fácil imaginarlas si se piensa a cada hebra del ADN, como una especie de cadena, en la que cada eslabón es un nucleótido. A su vez, cada nucleótido está formado por tres componentes. Uno de esos componentes son las bases nitrogenadas (ver la próxima ilustración).

El químico austríaco-estadounidense Erwin Chargaff (1905-2001), en 1947, analizó la composición de las bases nitrogenadas del ADN extraído de diferentes organismos. Los resultados que obtuvo aportaron información que luego sería imprescindible para pensar cómo es la molécula de ADN.



Las cuatro bases nitrogenadas del ADN no tienen una estructura equivalente. Dos de ellas, que tienen un solo anillo de carbono y nitrógeno, se conocen como *pirimidinas*: citosina (C) y timina (T). Las otras dos tienen dos anillos unidos de carbono y nitrógeno y son las llamadas *purinas*: adenina (A) y guanina (G).

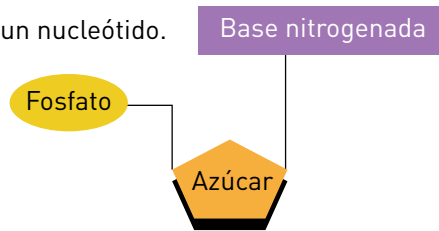
Al estudiar las bases nitrogenadas, que son las unidades químicas que forman el ADN, Chargaff pudo averiguar lo siguiente, que se conoce como **reglas de Chargaff**:

- Independientemente de la especie de la que provenga el ADN (un perro, un gato, una palmera o una hormiga, por ejemplo), la proporción de purinas siempre es igual a la de pirimidinas. La cantidad de adeninas es igual a la de timinas, y la de citosinas igual a la de guaninas: ($A = T$ y $G = C$). Esto sugeriría que la adenina podría relacionarse de alguna manera con la timina

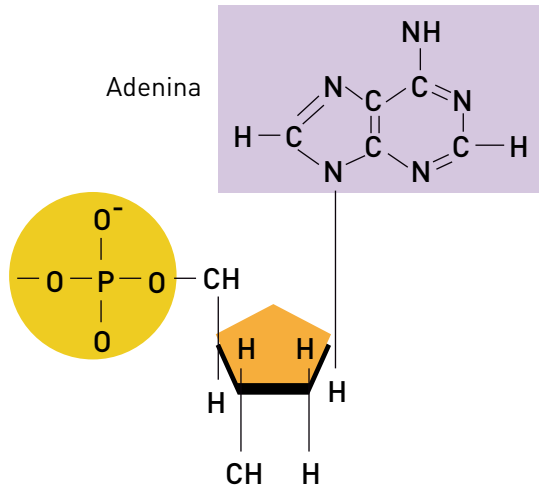
y la guanina con la citosina. También indicaba que para que se dé esta relación los **nucleótidos** con sus bases deberían estar enfrentados.

- En las distintas especies (un perro, un gato, una palmera o una hormiga, por ejemplo), las proporciones entre adenina, guanina, citosina y timina presentes, varían. Es decir la proporción entre A+T y G+C, varía en las distintas especies. Por ejemplo, determinada especie podría tener doble número de timinas que otra especie diferente. Esta diversidad molecular se condice con la propiedad del ADN de almacenar información.

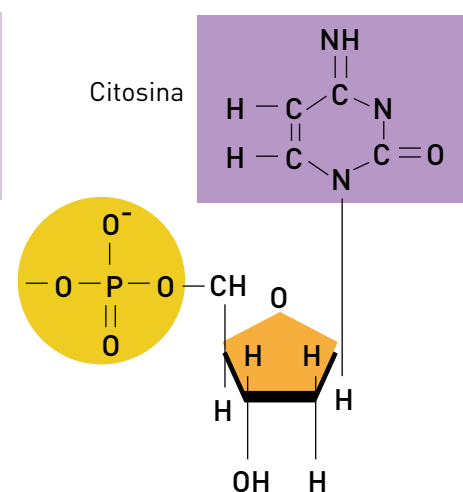
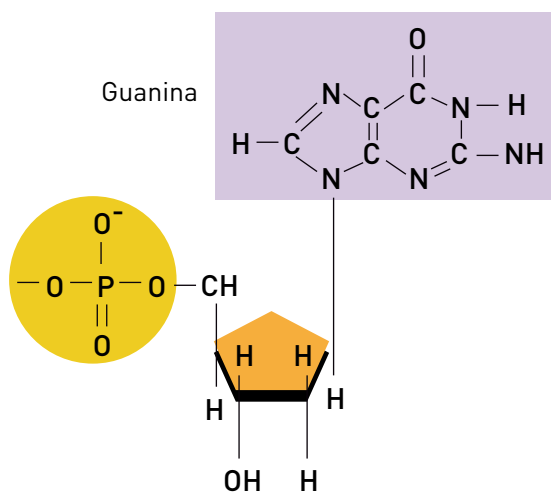
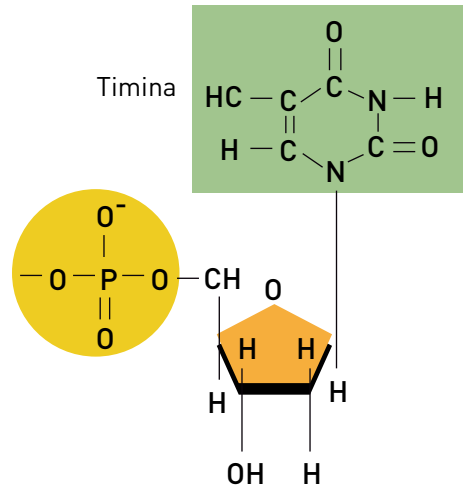
a. Estructura general de un nucleótido.



b. Nucleótidos de purina



c. Nucleótidos de pirimidina





ACTIVIDAD

1. Responda a las siguientes preguntas.
 - a. ¿En qué se parecen y en qué son diferentes los cuatro nucleótidos?
 - b. ¿Cuáles son los tres elementos químicos, componentes de un nucleótido?
 - c. ¿Cuáles son las cuatro bases nitrogenadas presentes en el ADN?
 - d. ¿Cuál es la diferencia entre las purinas y las pirimidinas?
 - e. ¿Cómo se relacionan las purinas y las pirimidinas según las reglas de Chargaff? ¿Cuál es la evidencia de que se relacionan de esa manera?



La difracción de rayos X

¿Cómo hacen los químicos para darse cuenta de cómo es el ordenamiento espacial de los átomos dentro de una molécula? ¿Cómo se averigua qué distancia separa un átomo de otro, o qué ángulos forman entre sí los enlaces químicos que los unen? Una forma es la utilización de la difracción de rayos x. Se bombardean las moléculas con haces de rayos x para fotografiarlas y estudiarlas.

HACIA EL MODELO DE LA DOBLE HÉLICE

A comienzos de la década de 1950, tres grupos de investigadores trabajaban simultáneamente, en diferentes investigaciones relacionadas con la estructura del ADN:

1. El químico estadounidense Linus Pauling (1901-1994), del California Institute of Technology.
2. El físico neozelandés Maurice Wilkins (1916-2004) y la química británica Rosalind Franklin (1920-1958), del King`'s College de Londres.
3. El biólogo estadounidense James Watson (1928-) y el físico y biólogo británico Francis Crick (1916-2004), de la universidad de Cambridge.



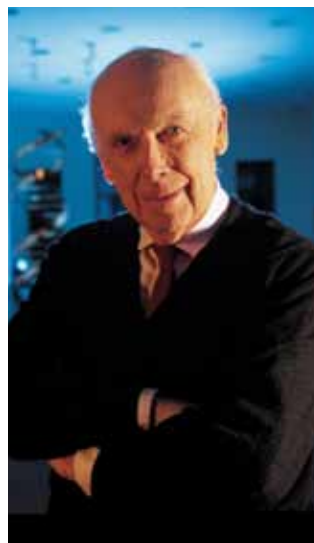
Linus Pauling.



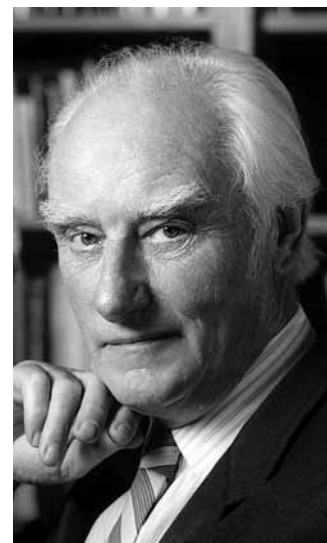
Maurice Wilkins.



Rosalind Franklin.



James Watson.



Francis Crick.

Uno de estos grupos, el de Linus Pauling y sus colegas, formuló un modelo que era errado, ya que proponía que la molécula de ADN estaría formada por una triple hélice. En el segundo equipo, liderado por Maurice Wilkins, trabajaba Rosalind Franklin. Ella fue la primera en obtener una fotografía de buena calidad del ADN mediante difracción de rayos X, conocida como *foto 51*:

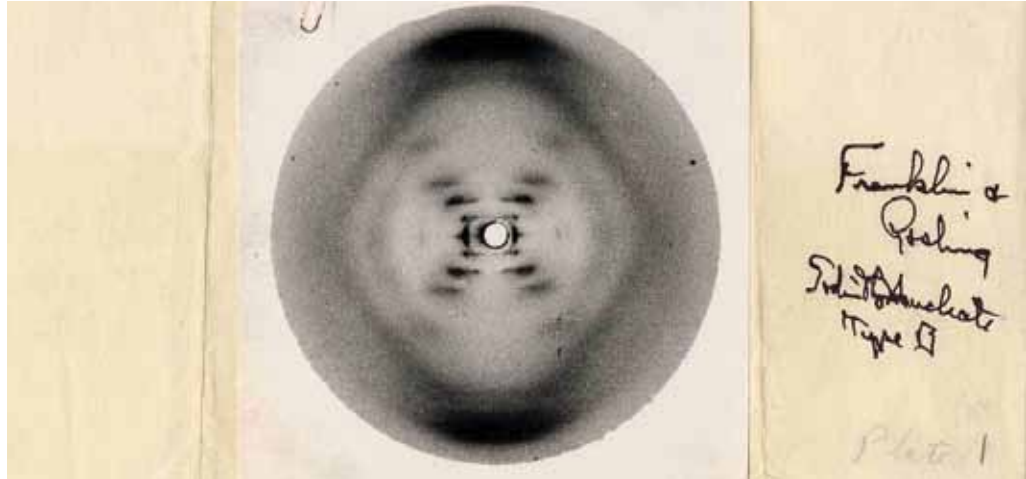
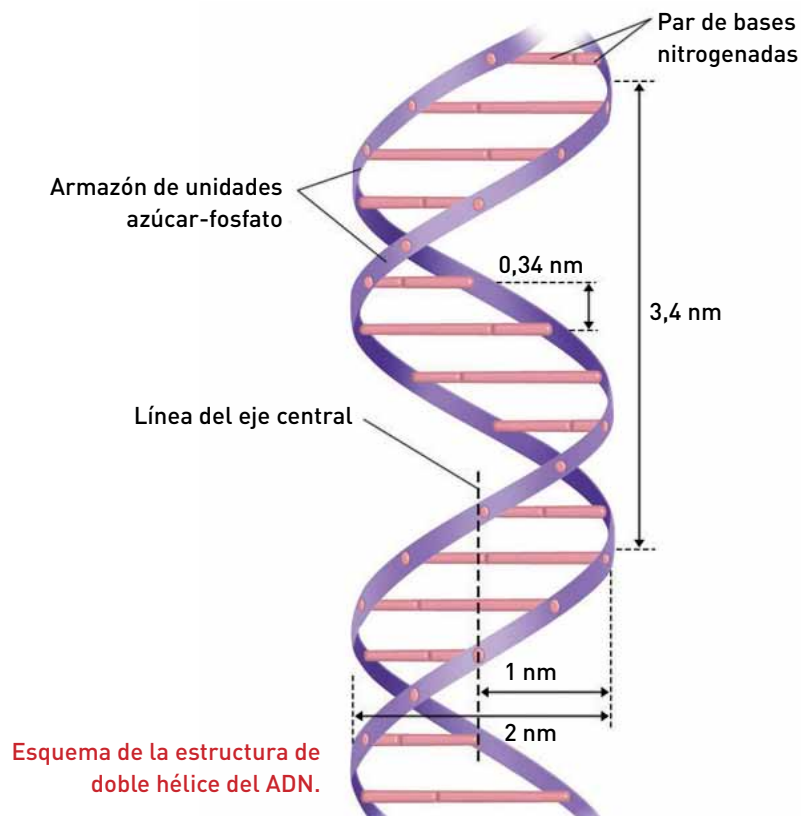


Foto 51, imagen del ADN por difracción de rayos X obtenida por Rosalind Franklin.

A partir de la foto 51 pudo deducirse lo siguiente:

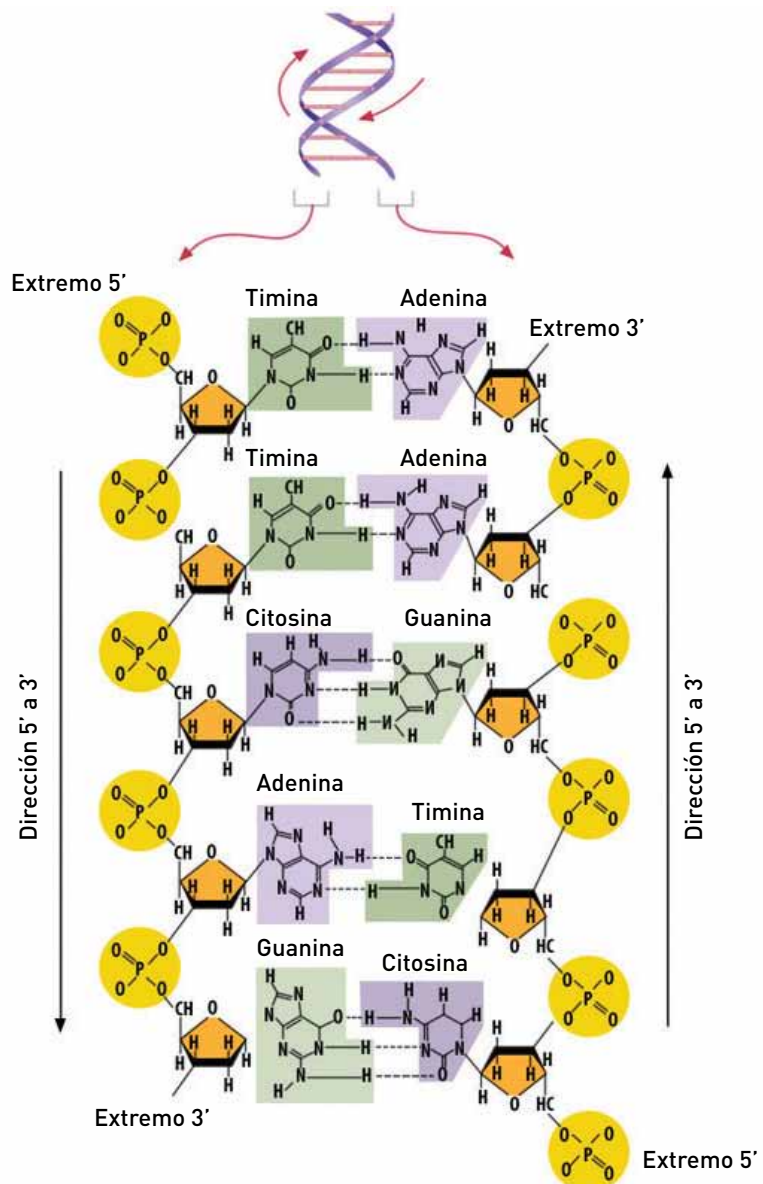
- La cadena de ADN es una hélice con un ancho uniforme de 2 nm (el nanómetro, simbolizado como "nm", es la millonésima parte de un milímetro). Este ancho sugería la presencia de dos cadenas.
- Las purinas y las pirimidinas estaban apiladas con una separación de 0.34 nm.
- La hélice realiza una vuelta completa a lo largo, cada 3,4 nm.
- Hay 10 estratos de pares de bases nitrogenadas en cada vuelta de hélice.



Esquema de la estructura de doble hélice del ADN.

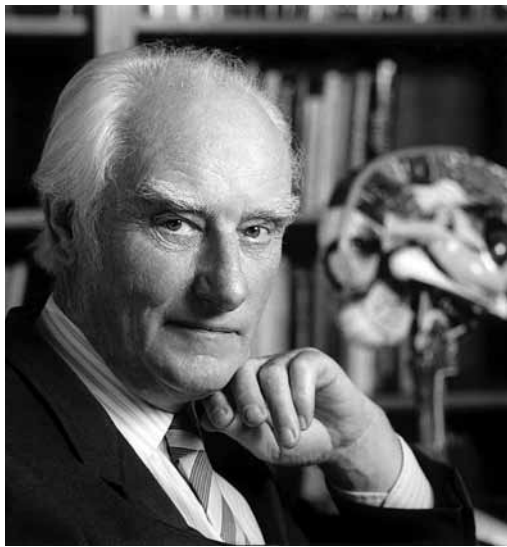
Watson y Crick fueron probando sus ideas y pensando en posibles estructuras a partir de la construcción a escala de modelos tridimensionales de posibles cadenas de ADN que se ajusten a los datos de la difracción de rayos x y de los conocimientos químicos de la molécula. Era como "jugar a armar rompecabezas, en tres dimensiones". Al armar modelos tentativos, acorde con la información disponible, se pueden hacer predicciones sobre el comportamiento de la molécula ante los rayos X, y si ello se confirma, se fortalece el modelo supuesto. Para construir sus modelos tentativos realizaban ricos intercambios entre ellos y lluvias de ideas que iban registrando, para luego organizarlas en explicaciones más coherentes. Ellos sabían que se trataba de una molécula grande, compuesta del azúcar desoxirribosa, grupos fosfato y cuatro bases. También conocían que las cantidades de adenina eran iguales a las de timina a semejanza de las de guanina y citosina. Watson y Crick usaron toda la información disponible y comenzaron a ensayar posibles modelos.

Representación de la doble cadena de ADN y su carácter de antiparalela: Si bien las dos cadenas que forman la molécula de ADN se ubican una paralela a la otra, obsérvese en la ilustración que los nucleótidos están ubicados en sentido contrapuesto en una cadena respecto de la otra. Es decir, tienen una orientación invertida. Esto se ve particularmente en las pentosas (un tipo de azúcar), y en los extremos 5' y 3'.

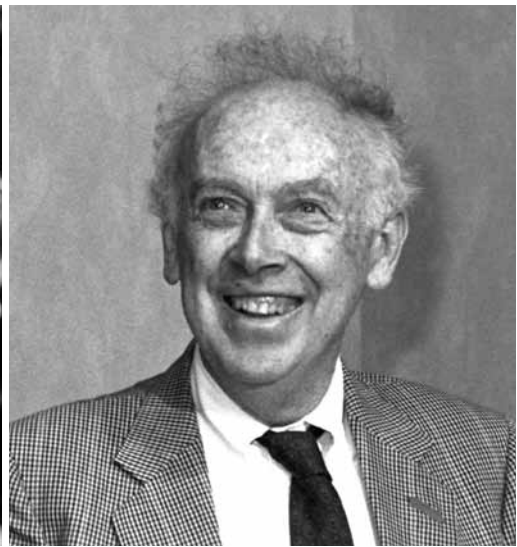


Watson y Crick se pusieron en contacto Maurice Wilkins quien les mostró una foto tomada por Rosalind Franklin, sin que ella lo supiese. Era la llamada fotografía 51, que fue obtenida mediante difracción de rayos X, en 1952. Esta foto fue una evidencia fundamental para confirmar la estructura de la molécula, en forma de doble hélice. Así Watson y Crick pudieron publicar en 1953, en el mismo número de la revista *Nature* en el que publicaron sus fotografías Wilkins y Franklin, la estructura de doble hélice del ADN. Watson y Crick inician su artículo original de esta manera:

Deseamos sugerir una estructura para el ácido desoxirribonucleico (ADN). Esta estructura tiene características novedosas que son de considerable interés desde el punto de vista biológico.

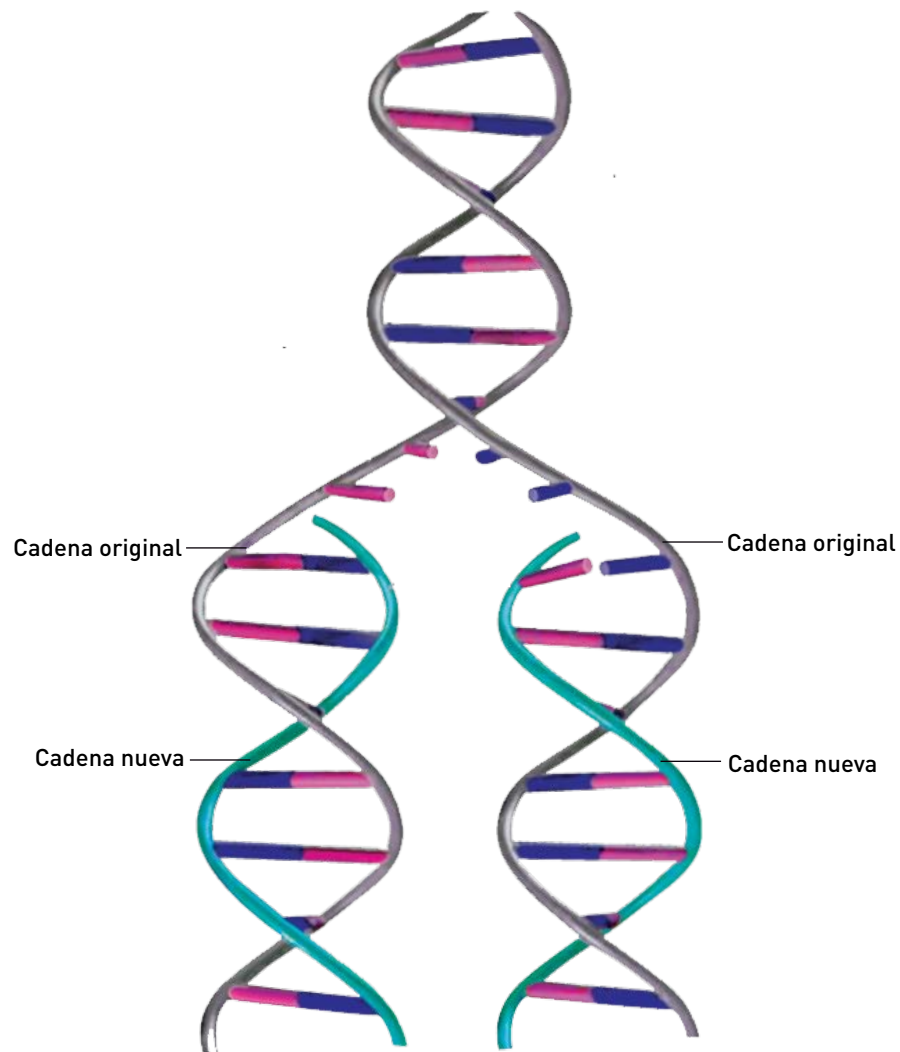


Francis Crick.



James Dewey Watson.

Watson y Crick proponen un modelo de ADN con una estructura de una doble hélice en la que una pirimidina siempre se enfrenta a una purina de la otra hebra y en la que estas bases se unen entre sí, por un tipo de uniones llamadas puentes de hidrógeno. Este modelo, con su sucesión de bases nitrogenadas, permitió comprender cómo se almacena información. La secuencia de bases, son como secuencias de letras y palabras en un libro, en las que las combinaciones diferentes dan lugar a variados mensajes. También sugiere cómo podrían surgir las mutaciones y cómo podría duplicarse el ADN. Es decir, si ocurriese la ruptura de los puentes de hidrógeno entre ambas cintas, y estas se separasen retomando su forma rectilínea, si las bases, ahora expuestas, se combinaran con bases nitrogenadas complementarias, tomadas del medio que las rodea, ¡se formarían dos nuevas cadenas de ADN! ¡La cadena original, habría formado un duplicado de sí misma! La explicación precedente no se refleja en la publicación de Watson y Crick en la que sólo sugieren: "*No se nos ha escapado que este apareamiento específico por nosotros postulado, sugiere inmediatamente la posibilidad de un mecanismo de copia para el material genético.*"



Duplicación semiconservativa de la molécula de ADN. Se la llama así porque las dos cadenas de la doble hélice se separan y cada una de ellas, sirve de "molde" para la síntesis de una nueva cadena.

El modelo también muestra que, dado que la única condición exigida es que la T se enfrente con una A y que una G lo haga con una C, la sucesión de parejas y las posibles combinaciones podrían ser casi infinitas. Esto coincide con la inmensa variabilidad de la vida. Recordemos que el análisis químico realizado por Chargaff mostraba que las cantidades y proporciones de estas bases en distintas especies de organismos diferían mucho. Son solo cuatro bases, pero miles de ellas se van alineando a lo largo de la cadena, con enormes posibilidades de combinaciones diferentes, lo que explica la interminable diversidad de seres vivos.



ACTIVIDADES

2. Responda a las siguientes preguntas.
 - a. ¿Cree que hacer ciencia siempre equivale a hacer experimentos? Justifique su respuesta.

- b. ¿Qué pregunta intentaron responder Watson y Crick?
- c. ¿Qué datos hicieron posible encontrar la respuesta?
- d. Watson y Crick trabajaron con la construcción de modelos. ¿Se pueden construir modelos sin datos experimentales? ¿Qué validez científica tendrían dichos modelos?
- e. ¿Cómo lograron establecer un modelo para la molécula de ADN?
- f. El modelo es una hipótesis de trabajo. ¿De qué elementos se valieron para poner a prueba sus hipótesis?
- g. ¿Qué sugiere esta historia respecto del trabajo cooperativo y de la ciencia como una actividad colectiva?
- 3. Para Watson y Crick fue crucial poder ver la foto tomada por Rosalind Franklin, ya que allí se veía claramente la estructura helicoidal de la molécula. Sin embargo, Maurice Wilkins se las mostró sin su autorización. ¿Qué piensa acerca de esta conducta? ¿Considera que su historia es un caso de discriminación de género? ¿Conoce otros casos de científicas que hayan sido o sean discriminadas en la actualidad?
- 4. Busque más información acerca de Rosalind Franklin. ¿Cree que sus aportes a la ciencia habrían sido más valorados si se hubiese tratado de un hombre? ¿Por qué?
- 5. Amplíe el texto sobre las características del trabajo de los científicos a la luz de este último apartado.

EL MODELO DE WATSON Y CRICK

Watson y Crick publicaron en 1953, en la revista *Nature* el modelo de la estructura de doble hélice del ADN. En síntesis, las características más destacadas del Modelo de la Doble Hélice son las siguientes:

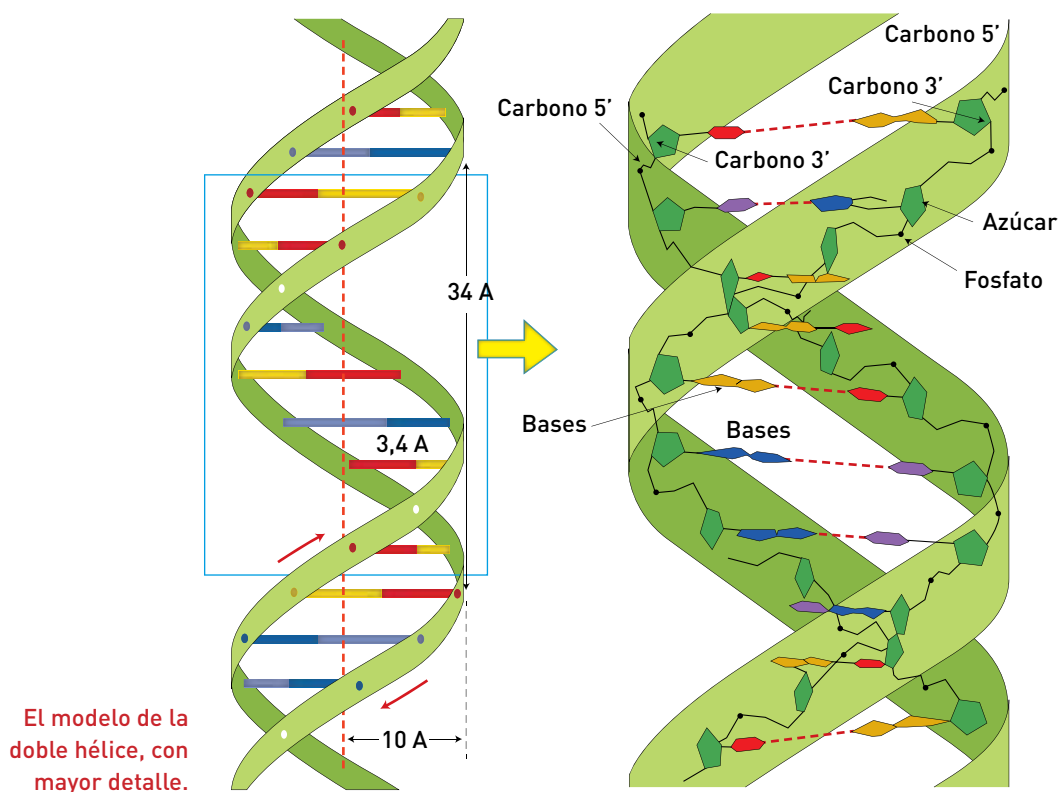
- El ADN es una doble hélice enrollada.
- Cada hélice está conformada por un conjunto de nucleótidos encadenados entre sí.
- Las dos hélices se mantienen unidas mediante un tipo de uniones químicas llamadas puentes o enlaces de hidrógeno, producidos entre las bases nitrogenadas de cada hélice.
- Siguiendo los datos de Chargaff (1959), la adenina de una hélice aparea con la timina de la hélice complementaria mediante dos puentes de hidrógeno. Del mismo modo, la guanina de una hélice aparea con la citosina de la complementaria mediante tres puentes de hidrógeno (A-T y G-C).
- Las dos hélices por razones de complementariedad de las bases nitrogenadas son antiparalelas, teniendo secuencias de átomos inversas. Es decir, las dos cadenas son paralelas pero sus direcciones son opuestas.
- Las bases nitrogenadas son estructuras planas perpendiculares al eje de la doble hélice y están apiladas unas sobre otras a una distancia de 0,34 nm. Cada 10 bases (3,4 nm) se produce una vuelta completa de la doble hélice (360°). Es decir, si comparamos la doble hélice con una escalera

caracol, los escalones serían las bases nitrogenadas, unidas entre sí por enlaces llamados "puentes de hidrógeno".

- La secuencia de bases nitrogenadas puede ser cualquiera, no existe ninguna restricción. Esto le da a la molécula de ADN la propiedad de ser inmensamente variable.

Además, la estructura en doble hélice es coherente con algunas propiedades importantes del material hereditario:

- La complementariedad de las bases A-T y G-C sugiere una posible forma de replicación del material hereditario, que se llama semiconservativa. El nombre se debe a que el modelo propone que las dos cadenas de la doble hélice se separan y cada una de ellas, sirve de "molde" para la síntesis de una nueva cadena. Las bases nitrogenadas de la hebra original, que se conserva, se aparean con nucleótidos con bases nitrogenadas complementarias. Se formarán entonces dos nuevas cadenas, complementarias a las dos cadenas originales, que actuaron como moldes.
- La secuencia de bases en la cadena de ADN puede tener innumerables combinaciones posibles, lo cual es coherente con la variabilidad del material hereditario. Las diferencias entre los organismos obedecen a diferencias en el orden de las bases.



El ADN es una cadena doble. Ambas cadenas son complementarias, pues la adenina de una se une a la timina de la otra, y la guanina de una a la citosina de la otra. Ambas cadenas son antiparalelas, pues el extremo 3' de una se enfrenta al extremo 5' de la otra.



ACTIVIDAD

6. Usando diferentes materiales que considere adecuados (alambre, plastilina, plástico, bolitas de telgopor, etc.) haga un modelo tridimensional de la molécula de ADN.
 - a. Explique la duplicación de la molécula de ADN usando el modelo construido.
 - b. ¿Qué aprendió a partir de esta modelización? ¿Mejoró su comprensión del modelo de ADN y de su duplicación?

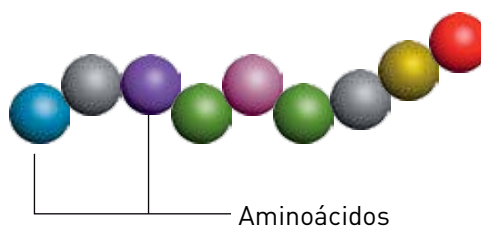
EL ADN, EL ARN Y LAS PROTEÍNAS SON POLÍMEROS

Los polímeros (poli = muchas; meros = partes) son macromoléculas (moléculas de gran tamaño) compuestas por una o varias unidades químicas, los monómeros (mono=una; meros=partes) que se repiten a lo largo de toda una cadena. Si comparamos un polímero con un collar de perlas, estas serían los monómeros, y el collar, el polímero. Así, la parte básica de un polímero son los monómeros, que son las unidades químicas que se repiten a lo largo de toda la cadena. Por ejemplo, el ADN es un polímero porque está formado por unidades básicas que se repiten (monómeros) llamados nucleótidos (guanina, adenina, citosina y timina). Por ser un polímero de nucleótidos, el ADN es un polinucleótido.

El ARN (Ácido ribonucleico) también es un polímero de nucleótidos, formado por una única cadena de moléculas de adenina (A), guanina (G), citosina (C) y uracilo (U), azúcar y fosfato de Ribosa. Tanto en el ADN como en el ARN, la combinación ordenada de los nucleótidos forma una secuencia que permite almacenar información. Algunos virus poseen como material genético, que almacena información, ARN en vez de ADN. En el siguiente cuadro, se mencionan las principales diferencias entre el ADN y el ARN.

ADN	ARN
Se encuentra en mayor proporción en el núcleo celular, formando parte de los cromosomas. Es una doble cadena (bicatenario) que adquiere forma de hélice a similar a la de las proteínas.	Se encuentra en mayor proporción en el citoplasma de la célula. Está constituido por una cadena simple (monocatenario).
El azúcar que lo constituye es la pentosa desoxirribosa que carece de un oxígeno en el carbono 2, de ahí el nombre del ácido.	El azúcar que lo constituye es la pentosa ribosa que posee un OH en el carbono 2.
Bases nitrogenadas: Purinas: adenina, guanina. Pirimidinas: timina, citosina.	Bases nitrogenadas: Purinas: adenina, guanina. Pirimidinas: uracilo, citosina.

Las proteínas también son polímeros, pero las unidades básicas (monómeros) que se repiten son, en este caso, los aminoácidos. Existen veinte aminoácidos diferentes que forman parte de las proteínas. Las proteínas son muy variables ya que los aminoácidos pueden combinarse de innumerables maneras para formar diversas proteínas. La forma que adopta una determinada proteína depende de cómo se ordenan los aminoácidos. La forma de la proteína está íntimamente relacionada con su función. Cabe destacar que las proteínas son moléculas muy complejas, que pueden estar formadas por uno o más polipéptidos. Cuando los aminoácidos se unen entre sí, forman *péptidos*. Dos aminoácidos unidos forman un *dipéptido*. Muchos aminoácidos unidos forman un *polipéptido*. Los polipéptidos difieren entre sí por el tipo, número y secuencia de los aminoácidos. Al igual que las palabras, que se forman por la combinación de 29 letras, los 20 aminoácidos de las proteínas pueden formar una variedad innumerable de polipéptidos, con propiedades diferentes. Entonces, las proteínas, formadas por uno o más polipéptidos, tienen formas diferentes, y su forma es crucial para su funcionamiento. Las proteínas que forman los cabellos, por ejemplo, son alargadas, a modo de fibras, mientras que otras, como la hemoglobina de la sangre, tienen forma globular, esférica.



Los aminoácidos son las unidades básicas que forman los polipéptidos. Cada proteína tiene una secuencia particular de aminoácidos.



ACTIVIDAD

7. Responda las siguientes preguntas.
 - a. ¿En qué se parecen los polímeros descritos? ¿En qué difieren?
 - b. ¿Por qué cree que es la secuencia de bases nitrogenadas y no los azúcares y fosfatos de la molécula, las que almacenan la información hereditaria?
 - c. ¿A qué refieren las siglas ADN y ARN, considerando el azúcar que forma parte de cada molécula?
 - d. ¿Qué es un polipéptido? ¿Cuál es su relación con las proteínas?
 - e. ¿Por qué hay tanta variedad de proteínas?

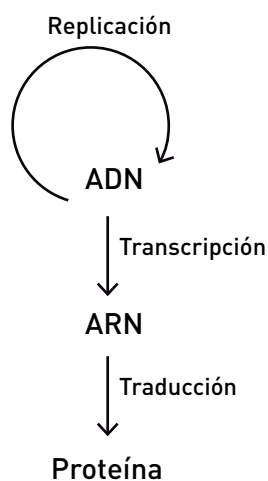


ACTIVIDAD INTEGRADORA

Utilizando papeles de colores elabore modelos de las moléculas mencionadas, teniendo en cuenta su carácter de polímeros. Debatan en grupo acerca de las posibles maneras de representarlas. Piensen cómo representarán los monómeros y las uniones químicas para cada caso.

UNIDAD 8

El flujo de la información genética



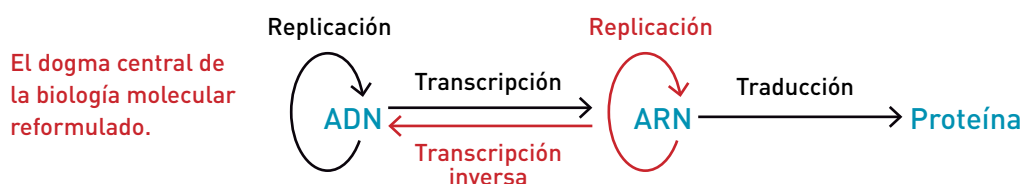
Dogma central de la biología molecular, propuesto en 1958 por Francis Crick.

EL DOGMA CENTRAL DE LA BIOLOGÍA MOLECULAR

Vimos en apartados anteriores que los genes están constituidos por ADN, que se encuentra en el núcleo. El ADN, a su vez, se vincula con las proteínas de las células, pero... ¿de qué manera, la información contenida en el ADN, se relaciona con las proteínas de la célula? El ADN está conformado por cadenas de nucleótidos. En la secuencia de bases nitrogenadas de estos nucleótidos se halla información para sintetizar (fabricar) proteínas. ¿Cómo llega hasta el citoplasma la información contenida en el ADN? ¿De qué manera esa información se traduce en una cadena de aminoácidos (polipéptido)? Si el ADN determina la síntesis (fabricación) de proteínas, a partir de aminoácidos, ¿cómo ocurre esta síntesis? En este proceso es muy importante otro ácido nucleico, que junto con el ADN, se encuentra en las células: es el ARN, que se encuentra en cantidades considerables en los nucléolos, en el núcleo celular y en el citoplasma, en unos pequeños corpúsculos denominados ribosomas. Esto orientó a los investigadores a suponer que podría cumplir el papel de “mensajero” entre el núcleo y el citoplasma. El ARN copia las instrucciones del ADN, en el núcleo, para la síntesis de las proteínas en el citoplasma de la célula. La secuencia de nucleótidos del ADN determina finalmente cómo será la secuencia de aminoácidos en las proteínas.

Fue Francis Crick quien planteó, en 1958, lo que él llamó “el dogma central de la biología molecular”: existe un flujo unidireccional en la expresión de la información genética contenida en el ADN. El ADN actúa como molde para la producción de ARN mensajero. Este proceso se llama **transcripción**. En este caso se pasa de un polinucleótido de ADN a otro de ARN. Es decir, la información se copia en el mismo código: secuencia de nucleótidos. A partir de ese ARN mensajero, en los ribosomas, se sintetiza una cadena de aminoácidos (polipéptido) que dará origen a una proteína. Este proceso se llama **traducción** e involucra un cambio de código: a partir de una secuencia de nucleótidos se sintetiza una secuencia de aminoácidos. El dogma también postula que solo el ADN puede replicarse, reproducirse y transmitir de esta forma información genética a la descendencia.

En síntesis, el dogma establece que la información fluye del ADN al ARN y de este a las proteínas pero no de una proteína a otra proteína, ni de una proteína a un ácido nucleico. Según palabras de Crick: “*una vez que la información ha pasado a una proteína no puede salir nuevamente*”. Sin embargo, este “dogma” perdió cierta validez. Algunos virus, como el del VIH, tienen información genética guardada en el ARN, pero cuando infectan una célula, lo transforman en ADN, para poder multiplicarse. ¿Cómo logran esta transformación? porque poseen una enzima, la transcriptasa inversa que posibilita la síntesis de ADN a partir del ARN del virus. La enzima fue descrita en 1975 por Howard Temin y David Baltimore. Esto modifica el dogma central del flujo de la información genética, que constituyó en su momento, una idea que parecía inquebrantable.



El dogma central de la biología molecular reformulado.

Se plantea entonces una nueva pregunta: ¿Cómo se relacionan las secuencias de nucleótidos del ARN mensajero, con las secuencias de aminoácidos de los polipéptidos? Los ácidos nucleicos están conformados por cuatro tipos de nucleótidos los que se diferencian por sus bases nitrogenadas. Cada gen tiene un ordenamiento propio de los cuatro tipos de bases a lo largo del ADN. Por otra parte, las proteínas están constituidas por 20 aminoácidos distintos, combinados de manera particular a lo largo de la cadena del polipéptido. La información fluye desde los genes hacia las proteínas, por medio de dos procesos centrales: la transcripción y la traducción.

La **transcripción** es la síntesis de ARN mensajero a partir de una secuencia particular de nucleótidos de la cadena de ADN, que actúa como molde. Este proceso de copiado de la información genética se basa en la complementariedad de las bases A-T o (A-U) y G-C. La cadena de ARN mensajero resultante tiene una secuencia de nucleótidos que es complementaria a la de ADN y lleva información para la construcción de una proteína. El término transcripción es adecuado porque la información copiada permanece en el “lenguaje” de la secuencia de nucleótidos (como cuando transcribimos un libro a un mismo idioma). El ARN mensajero recién sintetizado sale del núcleo y se dirige hacia el citoplasma.

Durante la **traducción** la secuencia de nucleótidos del ARN, “se traduce” en una secuencia de aminoácidos del polipéptido. Aquí también es adecuado el término utilizado ya que la información “se traduce” desde un lenguaje de secuencia de nucleótidos a un lenguaje de secuencia de aminoácidos (como cuando traducimos un libro desde el español a otro idioma) La traducción ocurre en unos pequeños orgánulos del citoplasma llamados ribosomas, que también están compuestos por un tipo de ARN, llamado ribosómico. Allí se produce la unión ordenada de los aminoácidos para formar cadenas de polipéptidos.



¿Qué es un gen?

No es fácil definir qué es un gen. El concepto de gen ha variado a lo largo del tiempo. Según Corbacho (2012): “*el modelo de gen, como otros modelos en ciencia, es dinámico y su modificación cambia las explicaciones y miradas que tenemos sobre el conocimiento y los seres vivos*”. En los inicios de la genética, con Gregor Mendel (1822 -1884), no se sabía dónde estaba ubicado ni en qué consistía el material hereditario. Los genes -que en ese entonces se denominaban factores- se pusieron en evidencia mediante cruces entre plantas con características contrastantes (por ejemplo, con semillas amarillas y verdes) y observando cómo se expresaban estas características en sus descendientes. Es decir, los “factores” o “genes” de Mendel eran “algo” que no se sabía qué era, ni donde estaba, que se asociaba a determinada característica (por ejemplo, color de semilla amarilla o verde). Por lo tanto, en ese entonces la genética estaba muy lejos de la química y de la pregunta sobre dónde podía residir la información genética. El término gen fue introducido

unos años después, por Wilhelm Johannsen en 1909, para denotar una condición, o “algo interno” de cuya presencia depende una determinada característica de un organismo vivo.

Recién en 1941, Beadle y Tatum sugirieron la hipótesis “un gen, una enzima” que dice que hay una relación entre los genes y las enzimas que gobiernan las reacciones químicas de la célula. Observaron que una mutación en un gen bloquea una reacción química, controlada por una enzima. Pero muchas proteínas no son enzimas, algunas son estructurales, como el colágeno, o las proteínas de la membrana plasmática. También pueden ser hormonas, como la insulina. Así, la expresión “un gen, una enzima” se amplió a “un gen, una proteína”. Recién en 1961, se vinculó a los genes con una porción del ADN que se relaciona con la síntesis de una proteína. Actualmente, se sabe que las proteínas pueden estar formadas por más de una cadena de polipéptidos (moléculas formadas por cadenas de aminoácidos), que no todos los genes dan lugar a proteínas y que un mismo gen puede dar lugar a más de una proteína. A partir de estas apreciaciones se podría redefinir la idea de gen como *“un segmento del ADN, que contiene información necesaria para la fabricación de al menos un producto funcional, ya sea un polipéptido o una molécula de ARN”*. Sin embargo, no debemos olvidar que la vorágine de nuevos datos y modelos explicativos en biología molecular, hacen muy difícil establecer, una definición definitiva de lo que es un gen. Esto muestra que la biología, como otras ramas de la ciencia, es dinámica y en permanente reconstrucción, como parte de un proceso de cuestionamiento permanente que da lugar a nuevas miradas y modelos explicativos de los fenómenos estudiados.

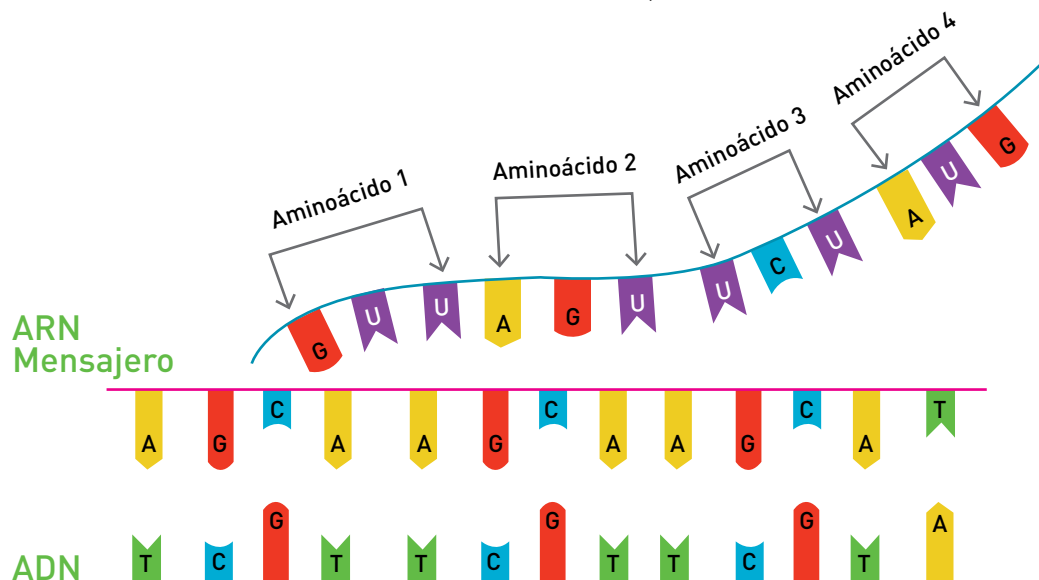
EL CÓDIGO GENÉTICO

¿Cómo puede ocurrir la traducción si el ARN mensajero tiene secuencias de cuatro nucleótidos distintos y los polipéptidos secuencias de 20 aminoácidos diferentes? Es imposible que haya una correspondencia de uno a uno. Tampoco si una combinación de dos nucleótidos codifican cada aminoácido, ya que habría solo 16 combinaciones posibles. En cambio, las distintas combinaciones de los nucleótidos tomados de a tres, dan lugar a 64 combinaciones diferentes, que es más que suficiente para los 20 aminoácidos que forman las cadenas de polipéptidos. Es decir, hay más de un triplete (conjunto de tres bases nitrogenadas) para cada aminoácido. También hay tripletes de iniciación de la síntesis de proteínas (señal para comenzar) y otros de finalización (señal para concluir la síntesis). En 1955 Francis Crick dedujo que cada grupo de tres bases nitrogenadas (codón) se corresponde con un aminoácido en particular. De esta forma, el orden de los tripletes de nucleótidos a lo largo del ARN mensajero determinará el orden en que se unirán los aminoácidos.

		SEGUNDA BASE				
		U	C	A	G	
PRIMERA BASE	U	UUU Fenil-alanina UUC UUA Leucina UUG	UCU Serina UCC UCA UCG	UAU Tirosina UAC UAA Codón stop UAG	UGU Cisteína UGC UGA Codón stop UGG	TERCERA BASE U C A G
	C	CUU Leucina CUC CUA CUG	CCU Prolina CCC CCA CCG	CAU Histidina CAC CAA Glutamina CAG	CGU Arginina CGC CGA CGG	
	A	AUU Isoleucina AUC AUA AUG Metionina Codón inicio	ACU Treonina ACC ACA ACG	AAU Asparagina AAC AAA Lisina AAG	AGU Serina AGC AGA Arginina AGG	
	G	GUU Valina GUC GUA GUG	GCU Alanina GCC GCA GCG	GAU Ácido aspártico GAC GAA Ácido glutámico GAG	GGU Glicina GGC GGA GGG	

Código genético.

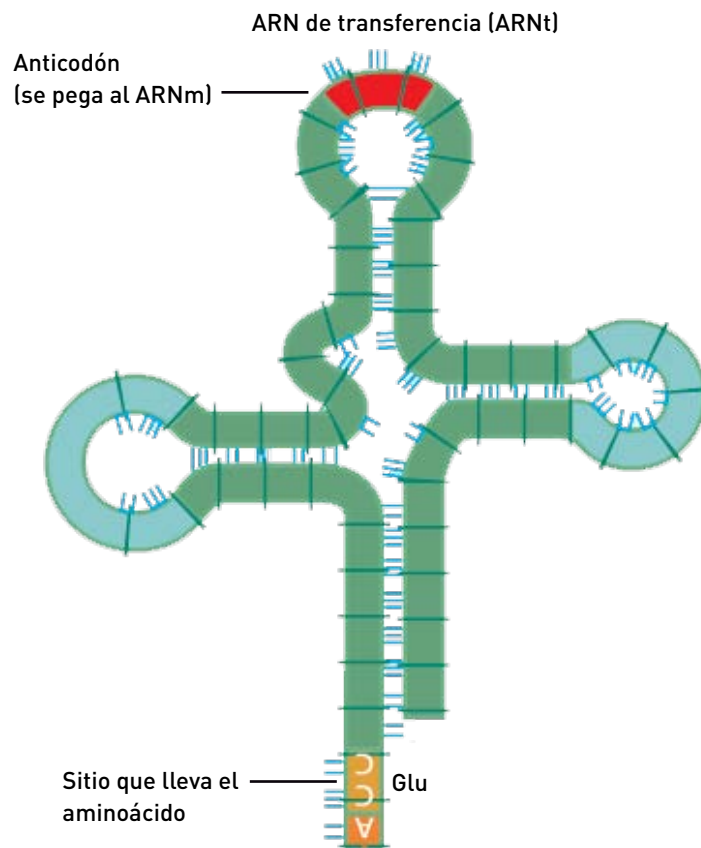
Pero aún queda responder cómo ocurre el reconocimiento de los “tripletes” de nucleótidos por cada aminoácido. ¿Cuál es el código que permite pasar de un lenguaje escrito con cuatro letras (las cuatro bases nitrogenadas) del ARN mensajero, a un código de 20 “letras” (los 20 aminoácidos) de las proteínas? Es el llamado **código genético** que comprende la relación entre las tres “letras” del ARN, con las 20 “letras” de las proteínas.



Relación entre tripletes de nucleótidos y aminoácidos.

El ARN mensajero, cuando sale del núcleo se une a un ribosoma en el citoplasma. Allí ocurrirá la síntesis de un polipéptido. El ARN mensajero, portador de la información genética, tiene una secuencia de codones (tripletes de

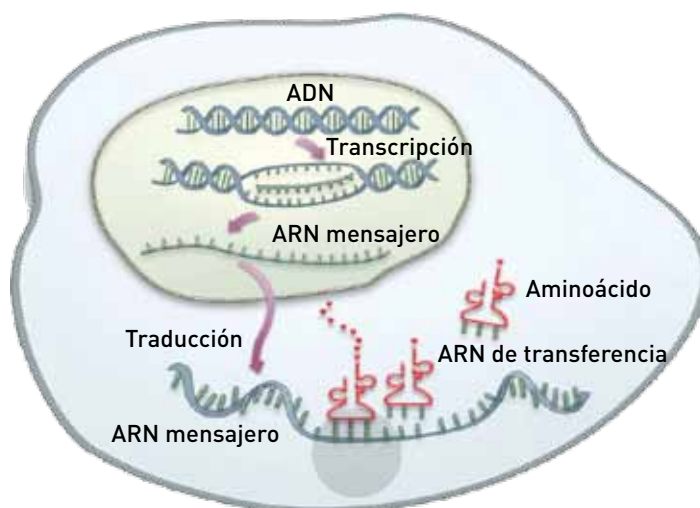
bases) que codifica un orden específico de aminoácidos. La síntesis del polipéptido requiere decodificar esa información en la molécula de ARN mensajero. En este proceso es muy importante otro tipo de ARN: el **ARN de transferencia**. Este ARN es una cadena de nucleótidos plegada en forma de trébol. Cada ARN de transferencia se combina solo con un tipo de aminoácido al cual transporta. En el extremo del ARN de transferencia, se localizan tres bases nitrogenadas específicas, que son específicas para el aminoácido con el que se combina. Estas tres bases, se denominan **anticodón**. En el citoplasma de la célula hay moléculas de los 20 aminoácidos. El ARN de transferencia tiene la tarea de transportar los aminoácidos hasta el ARN mensajero. La traducción ocurre porque el anticodón reconoce los codones del ARN mensajero.



Estructura del ARN de transferencia. La imagen muestra la ubicación del anticodón, que interactuará con el ARN mensajero, y del aminoácido correspondiente a ese triplete de bases.

La síntesis de un polipéptido ocurre en tres etapas: la iniciación, la elongación y la terminación. La etapa de la iniciación comienza cuando la molécula de ARNm se une al ribosoma. El primer ARN de transferencia que se une al mensajero, es siempre el mismo, que es el que lleva un aminoácido llamado metionina, que es el que "da la orden" de iniciar la traducción. Luego se van uniendo los otros ARN de transferencia de manera complementaria con la secuencia de bases del mensajero. A medida que se van encontrando en el ribosoma los aminoácidos, según el orden que tienen las bases en el mensajero, se van formando uniones químicas entre ellos, constituyendo la cadena llamada polipéptido. Esta

etapa del proceso, en la que se van incorporando aminoácidos para formar un polipéptido, se llama *elongación*. Aquí el ribosoma se va moviendo a lo largo del ARN mensajero, mientras los ARN de transferencia van "leyendo" la secuencia de bases, cuando se reconocen el codón y el anticodón, para incorporar uno a uno los aminoácidos y formar el polipéptido. Cuando el ribosoma alcanza un codón de terminación (ver código genético), el polipéptido se desprende y se desarma el ribosoma. Esta última etapa se llama terminación.



Procesos de transcripción, traducción y síntesis de proteínas.



ACTIVIDADES

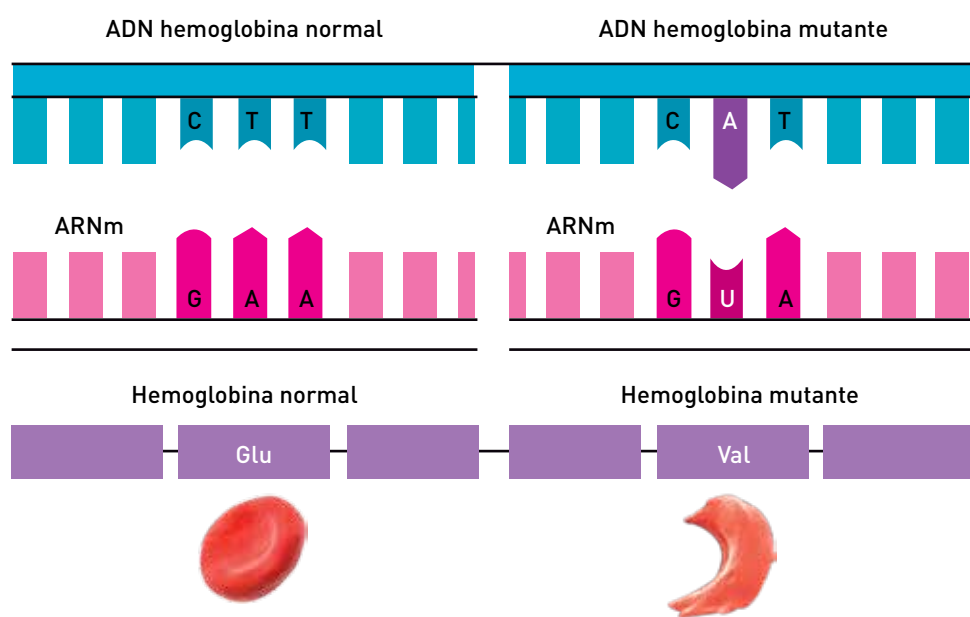
1. Describa el proceso mediante el cual la información contenida en el ADN da lugar a la formación de una proteína.
2. ¿Por qué es necesario el ARN de transferencia? ¿Qué función desempeña?
3. La secuencia de bases de determinado gen es:
CTACGCTAGGCGATTGACT
 - a. ¿Cuál sería la secuencia de bases del ARN mensajero, transcrito desde este gen?
 - b. Utilizando la tabla del código genético, indique cuál será la secuencia de aminoácidos, del polipéptido traducido a partir de ese ARN mensajero (no olvide tener en cuenta que el codón de inicio es el triplete AUG, que codifica el aminoácido metionina)

LAS MUTACIONES MODIFICAN EL MENSAJE

En apartados anteriores hemos relacionado a las características fenotípicas con los genes y con las proteínas. Es decir, vimos que las diferencias entre los diversos organismos implican diferencias en el orden de la secuencia de bases a lo largo del ADN. En relación con ello, también las diferencias en las

proteínas se deben a diferencias en los tipos y en el orden de los aminoácidos, a lo largo de la cadena de polipéptidos. La enfermedad llamada anemia falciforme se debe a una diferencia en una cadena de polipéptido que forma parte de la proteína hemoglobina. La cadena defectuosa posee sólo un aminoácido diferente (tiene un aminoácido valina en donde debería haber un aminoácido llamado ácido glutámico) Se encontró que esta diferencia obedece a una diferencia en un solo nucleótido en la cadena de ADN.

Es decir, la modificación en la proteína obedece a que en el ADN hay una diferencia en un par de bases. Esta alteración, que modificó el mensaje genético, es una mutación. Cualquier cambio en la secuencia de nucleótidos de ADN constituye una mutación. Estos cambios pueden involucrar desde grandes regiones del cromosoma, hasta la modificación de un par de bases, como en el caso de la anemia falciforme. Es decir, a veces se producen normalmente errores en la duplicación del ADN. A veces también pueden ocurrir cambios en el ADN, debido a causas ambientales, como la acción de ciertas sustancias químicas, o algunos tipos de radiación (como por ejemplos los rayos x o los rayos UV). Estos agentes incrementan la frecuencia de errores durante la duplicación, de allí que, por ejemplo, se tomen recaudos a la hora de realizar radiografías a mujeres embarazadas. Si bien en el núcleo hay enzimas reparadoras, de todas formas algunos errores permanecen provocando mutaciones genéticas.



Diferencia entre una hemoglobina normal y la hemoglobina mutante, que causa la anemia falciforme.



ACTIVIDAD

4. Responda a las siguientes preguntas junto con su compañera o compañero de banco.
 - a. ¿Por qué un cambio en la información genética provoca cambios en las proteínas?

- b. ¿Cuál es la diferencia entre una hemoglobina normal y la causante de la enfermedad llamada anemia falciforme? ¿Qué relación tiene esta diferencia con el ADN?
- c. Imagine que el gen anormal que genera la anemia falciforme, se produjo como resultado de una mutación. ¿En qué consistió esa mutación?
- d. La luz ultravioleta hace que dos nucleótidos de timina se unan entre sí, en lugar de unirse a los nucleótidos de adenina de la cadena de ADN complementaria. ¿Qué consecuencia podría acarrear este hecho?

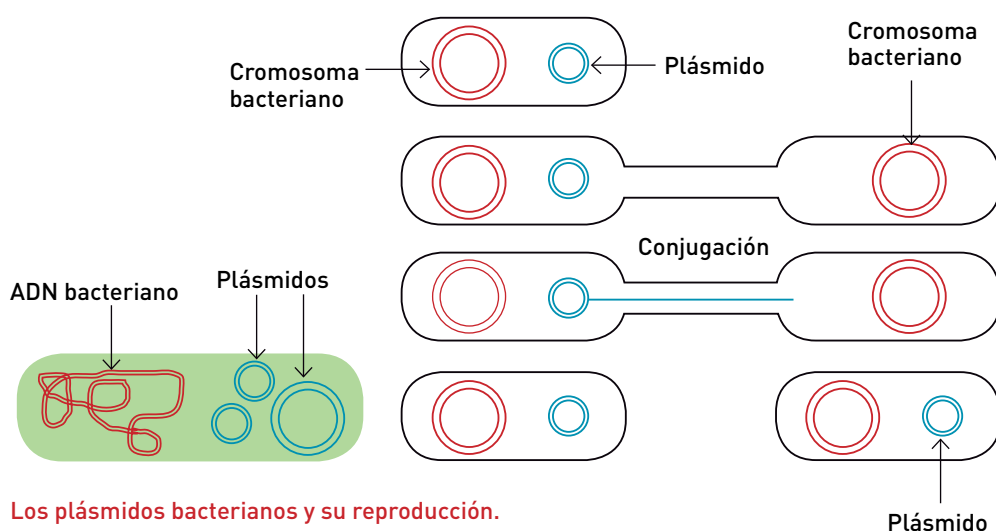
LAS TECNOLOGÍAS DE ADN RECOMBINANTE TAMBIÉN PUEDEN MODIFICAR EL MENSAJE DE MANERA ARTIFICIAL

La ingeniería genética permite producir cambios genéticos en un organismo dado. En general refiere a la inserción de material genético foráneo en una planta, un animal o un microorganismo. Estos cambios posibilitan que los organismos expresen nuevas características. Estas técnicas fueron revolucionarias no solo para la biología, sino también para la industria y la economía, por lo que tienen un gran impacto social.

Por lo tanto, también es posible modificar la secuencia de nucleótidos de forma artificial usando la ingeniería genética, al transferir un gen de un organismo donante, por ejemplo, a una bacteria. Esta técnica, se llama ADN recombinante. La bacteria receptora, transcribe y traduce el gen nuevo para sintetizar la proteína que lo codifica. ¿Cómo se logra este proceso? En primer lugar, un aspecto a tener en cuenta es que el código genético es universal. ¿Qué importancia tiene este aspecto? Al tener el mismo código genético, todos los organismos vivos (bacterias, hormigas o perros, por ejemplo) usan el mismo “diccionario” para traducir cadenas de nucleótidos en polipéptidos. Esto significa que podríamos tomar por ejemplo, un determinado gen humano, y al colocarlo en otro organismo, debería expresarse y sintetizar la misma proteína “humana”. ¿Es posible hacerlo? ¿De qué manera? Las tecnologías que abordan esta temática se llaman *ingeniería genética* y las metodologías que usan se denominan *ADN recombinante*.

La comprensión de algunas características de las bacterias facilitaron las primeras técnicas de ingeniería genética, que permiten obtener material genético de un organismo e introducirlo en otro. Además de su cromosoma principal, el citoplasma de una bacteria contiene pequeñas moléculas circulares de ADN, de doble cadena y con replicación autónoma, llamadas *plásmidos*. Son mucho más pequeños que el cromosoma principal y lo complementan, coexistiendo con el genoma. Aunque no tienen genes esenciales para el crecimiento y la vida de la bacteria, estas estructuras suelen producir ciertas ventajas adaptativas en el ambiente en que se encuentra la bacteria. Por ejemplo, pueden dar lugar a la síntesis de ciertas proteínas que posibiliten sobrevivir en suelos o ríos contaminados o también, poseer información que les confiera resistencia a los

antibióticos, que evita que sean destruidas por los medicamentos. Una propiedad importante de los plásmidos es que se pueden duplicar independientemente del cromosoma bacteriano. A través de un proceso llamado *conjugación*, en el que las bacterias se ponen en contacto a través de una especie de "puente" citoplasmático, el plásmido duplicado puede pasar a otra bacteria. Cuando la bacteria receptora recibe el plásmido, adquiere su información genética, la posibilidad de sintetizar otras proteínas y de adquirir nuevas características, como por ejemplo, la resistencia a los antibióticos.



Los plásmidos bacterianos y su reproducción.

¿Por qué usar bacterias? Porque son fáciles de manejar en el laboratorio, son de crecimiento rápido, se pueden obtener enormes cantidades en frascos de cultivo en pocas horas, además de conocerse bien tanto su fisiología como su genética. Además poseen pequeños fragmentos de ADN, denominados *plásmidos*, que son pequeños, y simples de manipular. Se pueden extraer fácilmente de la bacteria, manipularlo, cortando sus genes y pegando otros, e introducirlos nuevamente en las bacterias.



ACTIVIDAD

- Redacte un breve texto referido a las tecnologías de ADN recombinante, utilizando correctamente los siguientes términos: bacteria, ADN, plásmido, fenotipo, ingeniería genética.

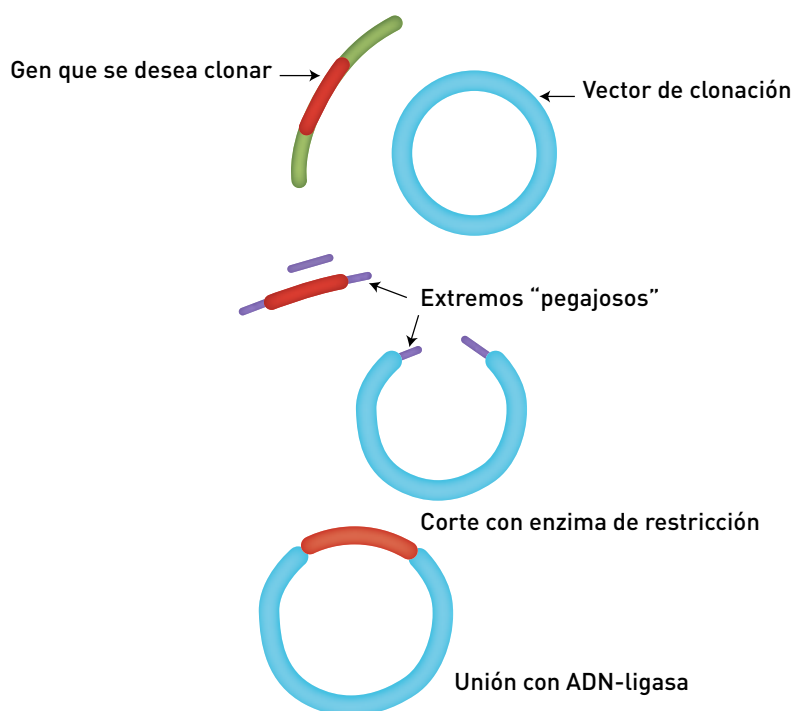
Las tecnologías de ADN recombinante. La producción de la insulina humana

La posibilidad de manipular el ADN constituye uno de los acontecimientos más increíbles y sorprendentes de las últimas décadas, ya que posibilita alterar el material genético de un organismo, para generar una característica nueva. La técnica de ADN recombinante consiste en cortar y pegar fragmentos de ADN

que tienen distinto origen. Esto es posible gracias a unas moléculas llamadas “*enzimas de restricción*” o *tijeras moleculares*. También se utilizan otro tipo de enzimas, llamadas ligasas, que “pegan” los fragmentos de ADN.

Las enzimas de restricción fueron descubiertas en la década de 1970. El hallazgo de estas enzimas fue el punto de partida, unos años después, para el desarrollo de la ingeniería genética. Se cree que las bacterias producen estas enzimas para degradar, cortando “en pedacitos” el ADN de virus que podrían ingresar en sus células. Sin embargo, el ADN de la bacteria no se corta, pues lo tiene “protegido” contra sus propias enzimas de restricción.

Las enzimas de restricción, son “tijeras” que cortan el ADN de manera específica. Esto es así, porque tienen la propiedad de reconocer una secuencia particular de nucleótidos, que se llama “*sitio de restricción*”. Cuando la enzima reconoce la secuencia de nucleótidos propia de estos sitios, realiza el corte dentro o alrededor de esta secuencia. Luego pueden unirse los extremos de las diferentes moléculas por medio de otras enzimas llamadas ADN ligasas. Se forma así, una nueva molécula de ADN, denominada recombinante. De esta manera, a través de la técnica de *clonado molecular*, se corta el plásmido de una bacteria, y el ADN de otro organismo con el gen de interés (por ejemplo podría ser el gen que tiene información para la síntesis de insulina). Luego, por medio de la enzima ligasa, los fragmentos de ADN se unen, formándose un plásmido recombinante, que contiene un gen, ajeno a la bacteria. A partir de esta nueva incorporación de ADN, la bacteria será capaz de producir una nueva proteína, como por ejemplo, insulina humana. En síntesis, la tecnología de ADN recombinante permite cortar y pegar en un tubo de ensayo fragmentos de ADN, que provienen de diferentes organismos.



La secuencia de imágenes muestra el proceso de inserción de un gen en un plásmido.

Clonar significa obtener muchas copias idénticas de algo. En el ejemplo descrito, se clona un gen, un trozo de la molécula ADN, haciendo que a través del plásmido en el que se insertó, se amplifique en muchas copias iguales. Un plásmido modificado, que contienen ADN de otro organismo, constituye un *vector de clonación*. Se puede insertar ADN extraño a una bacteria huésped, a una levadura, o a alguna otra célula, que sea el punto de partida para una “fábrica de clonación” que dará lugar a múltiples células descendientes, que contienen la copia del ADN foráneo. Actualmente existe otra técnica de amplificación, que no utiliza células, y ocurre completamente en un tubo de ensayo. Es la llamada Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR, es la sigla que proviene del idioma inglés)

A partir de estas técnicas, los biólogos entendieron que si algunos segmentos de ADN, contienen información para la síntesis de proteínas, estos podrían transferirse a las bacterias y expresarse, originando proteínas propias del ADN foráneo. Estas bacterias entonces, funcionarían como unas especies de “fábricas vivientes” que producirían proteínas de interés en cantidades ilimitadas, por ejemplo, aquellas que puedan tener importancia industrial, para la medicina o para la agricultura. La comprensión del proceso de cómo insertar un nuevo gen en una bacteria permitió que se utilicen las bacterias recombinantes, para sintetizar sustancias con un interés determinado. Por ejemplo, proteínas humanas, como la hormona del crecimiento o los factores de coagulación, pueden producirse por medio de bacterias transgénicas. Una de las primeras aplicaciones fue la de producir insulina humana, en grandes cantidades. La insulina es importante para el tratamiento de la diabetes, que es una enfermedad causada, justamente, por la falta o la escasez de esta proteína.

La expresión de algunos genes requiere de un conjunto de reacciones químicas que las bacterias son incapaces de realizar. En ese caso, se usan células más complejas, eucarióticas (con un núcleo bien diferenciado), como por ejemplo las levaduras o las células de animales mamíferos. Así puede obtenerse, por ejemplo, el interferón, que posibilita el tratamiento de enfermedades provocadas por virus.



La ingeniería genética y ¡los jabones para lavar!

Los genes ya son parte de nuestra vida cotidiana. No solo se usan para producir medicamentos sino también para la fabricación de los jabones con los que limpiamos nuestra ropa. Si miramos su composición observaremos que muchos de ellos tienen enzimas (recordemos que son proteínas que aceleran determinadas reacciones químicas). Al lavar la ropa, las enzimas hacen el peor trabajo, que es sacar las manchas. Los jabones tienen enzimas para facilitar la degradación de las grasas, las proteínas o los almidones de la ropa. Estas enzimas se producen industrialmente, por medio de microorganismos modificados genéticamente, en tanques llamados fermentadores.

¡También en la producción del queso!

Es increíble hasta qué punto la ingeniería genética ha penetrado en nuestras vidas, casi sin darnos cuenta. El cuajo y el coagulante son enzimas que se utilizan desde tiempos inmemoriales para preparar queso. Actualmente, la mayoría de los quesos son preparados con quimosina transgénica. Pero no es el único caso, se usan enzimas de origen transgénico en la fabricación de muchos otros alimentos, como por ejemplo en la industria cervecera, en la fabricación de aceites o de jugos, por mencionar algunos.

Es importante reconocer que los cambios en las bacterias permanecen en sus descendientes, por lo que perduran a lo largo de las siguientes generaciones. Aunque se trata de una técnica muy prometedora, entraña un cierto riesgo, ya que no sabemos qué otros efectos pueden tener estos cambios en los genomas de los organismos. Los riesgos que plantean estos procesos y productos generan acalorados debates en la sociedad. Las industrias intentan minimizar los riesgos, mientras que los grupos ambientalistas y de defensa de consumidores se preocupan por los efectos a mediano y largo plazo.



ACTIVIDAD

6. Realice un debate con el resto de sus compañeras y compañeros de curso acerca de las implicaciones éticas que puede tener liberar organismos modificados genéticamente al ambiente. Algunas preguntas que pueden guiar el debate son: ¿cuáles pueden ser los aspectos negativos?, ¿cuáles son los beneficios?, ¿qué precauciones serían necesarias?
- a. Para favorecer el debate y su participación en él, amplíe sus conocimientos sobre el tema a través de una búsqueda de información en distintas fuentes o por medio de Internet.
- b. Escriba un breve artículo de opinión, con sus reflexiones en torno a este tema.



ACTIVIDAD INTEGRADORA

Teniendo en cuenta sus conocimientos sobre la síntesis de proteínas y sobre las tecnologías de ADN recombinante, ¿cómo puede explicar que una bacteria sea capaz de sintetizar insulina humana?

UNIDAD 9

La ingeniería genética en plantas y animales

LA BIOTECNOLOGÍA EN LA AGRICULTURA

Los organismos modificados genéticamente (OGM) son aquellos a los que se les ha alterado el material genético de una manera que no ocurre naturalmente por cruzamiento y recombinación natural, a través de la reproducción sexual. Involucra la incorporación de genes a las plantas para mejorar los cultivos y en consecuencia, da origen a nuevos alimentos logrados por medio de la ingeniería genética. Los rasgos que se mejoran pueden ser, por ejemplo, ciertas características fenotípicas (como el tamaño del grano), la tolerancia a los herbicidas, tolerancia a ciertas condiciones ambientales como sequía, salinidad, o resistencia a los insectos. También pueden generarse mejoras en la calidad nutritiva, como un arroz con más vitamina A o pastos fáciles de digerir por el ganado.

El uso de la ingeniería genética para la producción de cultivos es una realidad en la mesa de todos los días. Sin embargo, como toda nueva tecnología, ha desatado polémicas y posturas antagónicas. Pero es un hecho que hace ya unos años el mundo siembra cultivos genéticamente modificados y consume sus derivados. En cuanto a los cultivos agrícolas los principales son la soja, el maíz, el algodón y la canola. También hay alfalfa, papaya, calabaza, remolacha azucarera, álamo, tomate y pimiento transgénicos.



Cultivo de soja transgénica.

Constantemente se están desarrollando y ensayando nuevos productos, por ejemplo, se están estudiando las vacunas comestibles, a partir de alimentos transgénicos que incorporan la vacuna.

Algunos cultivos transgénicos tienen un gen de tolerancia a los herbicidas, como el glifosato. Cuando el agricultor aplica el herbicida, las plantas tolerantes no son afectadas. Este es el caso de la soja transgénica. Actualmente es el pilar de la agricultura mundial y una fuente importante de proteínas y aceite. Desde el punto de vista ambiental la polémica se centra en el incremento de herbicidas en el ambiente, que podrían tener consecuencias ecológicas no deseadas en las zonas naturales aledañas a los campos de cultivo, como el daño a especies animales

y vegetales, o los posibles daños a la salud de los habitantes de zonas cercanas a cultivos con soja transgénica. También puede producirse, por selección natural, resistencia por parte de las malezas al herbicida, lo que lo haría gradualmente inefectivo. Esto generaría la necesidad de incrementar las cantidades de herbicida con los consecuentes daños a la salud y al ambiente.



También se desarrollaron tomates transgénicos azules, con la finalidad de producir vacunas.



Los llamados tomates larga vida no son producto de una transferencia de genes. Se trata de un caso de silenciamiento de genes, es decir se inhibe un gen que está relacionado con el proceso de maduración. De esta forma se producen tomates con un contenido mayor de sólidos y con una vida media mayor, al impedir la síntesis de una enzima vinculada con el proceso de maduración.

Sin embargo, en algún momento existieron los tomates transgénicos, que se caracterizan por mantenerse firmes más tiempo, y por lo tanto, son más fáciles de conservar. Si bien en términos nutritivos no tienen diferencias con otros tomates, poseen un gen que confiere resistencia a ciertos antibióticos. En Estados Unidos y Gran Bretaña se utilizaron para fabricar conservas. Estos tomates no se comercializan en la actualidad.

¿Son peligrosos los alimentos de origen transgénico si se ingieren? En primer lugar, es necesario que las proteínas que produce el gen insertado sean inocuas para la salud humana. Otro riesgo potencial es que alguien sea alérgico a una de esas proteínas. Sin embargo, en general, las técnicas de ingeniería genética no han demostrado hasta el momento ser peligrosas para la salud.



ACTIVIDAD

1. Escriba una breve nota de opinión con el siguiente título: *Soja y otros cultivos transgénicos ¿a favor o en contra?*

ANIMALES TRANSGÉNICOS

Los animales transgénicos son aquellos a los que se les ha incorporado un gen de otra especie en su genoma, utilizando las técnicas de ingeniería genética, para modificar alguna característica de ese animal. La producción de animales transgénicos tiene muchas aplicaciones, como por ejemplo:

- Obtener animales que fabriquen proteínas para la cura de enfermedades, como por ejemplo, la hormona del crecimiento.
- Aumentar la productividad animal, mejorando los animales de importancia económica.
- Estudiar enfermedades humanas y ensayar medicamentos, como por ejemplo, con ratones a los que se les insertan genes humanos.
- Servir como fuente de tejidos y órganos para transplantes en humanos.

Ya en 1983, se obtuvieron ratones transgénicos gigantes (eran un 80% más grandes) ¿Cómo se obtuvieron? El primer paso fue realizar la fecundación in vitro (en un tubo de ensayo) de gametas del ratón. Luego, se le inyectó al cigoto el gen humano que tiene la información para la síntesis de la hormona del crecimiento. La relevancia de esta experiencia es que demostró que era posible transferir un gen humano a un animal complejo. Además el gen se integró en el genoma, funcionó sintetizando la hormona del crecimiento y se transmitió a la descendencia.

Luego de numerosos intentos fallidos, en 1989, se obtuvieron las primeras ovejas transgénicas. En este caso, se les insertó el gen para la síntesis del factor humano IX, proteína necesaria para el tratamiento de la hemofilia. El gen se insertó en el núcleo del cigoto, por medio de la técnica de la microinyección. Así nacen las granjas “farmacéuticas” en distintos países: en Escocia con ovejas, en Estados Unidos con cabras y en Holanda con vacas. Lo importante fue haber logrado que el gen de interés se exprese solo en las glándulas mamarias. De esta manera, se pueden obtener, a través de la leche de las hembras, las proteínas humanas que se aíslan de manera simple a partir de la leche. La posibilidad de usar animales para la producción de proteínas de interés farmacológico permite reemplazar la producción por parte de bacterias. El uso de animales transgénicos tiene varias ventajas. La leche es un fluido que se secreta en importantes cantidades, su costo es relativamente bajo, y tiene un bajo impacto ambiental, ya que no se necesitan plantas industriales. Otro aspecto favorable es que, una vez producido un animal transgénico, se puede clonar y obtener descendientes idénticos, que también producirán la molécula de interés.

En nuestro país hay importantes avances. En 2001, se logró clonar con éxito un animal, por primera vez en América Latina, una vaca que se llamó Pampita. Aunque Pampita no era transgénica, el éxito en su clonación allanó el camino a la clonación de otras vacas que sí son transgénicas y que hoy producen hormona de crecimiento humana en su leche. En 2003, se anunció en la Argentina la detección de hormona de crecimiento humana en la leche producida por “Pampa Mansa”, la primera vaca transgénica en el mundo que produce leche con esta hormona. Se estima que una sola vaca puede proveer de hormona de crecimiento a todo el

mercado latinoamericano. En 2007, se presentó una vaca transgénica capaz de producir leche con insulina humana, llamada "Patagonia". Son logros importantes ya que, por ejemplo, una sola vaca adulta puede cubrir la demanda de insulina de toda la Argentina.



Pampa Mansa fue creada por la empresa argentina Biosidus.

El Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) y la Universidad Nacional de San Martín (UNSAM), lograron una ternera de raza Jersey, a la que llamaron Rosita Isa, que es el primer clon bovino bitransgénico obtenido en el país y también el primero en el mundo. Como su nombre lo indica, a Rosita se le han incorporado dos genes humanos que tienen información para dos proteínas presentes en la leche materna, y que son importantes para la nutrición de los lactantes. Estas proteínas tienen funciones antibacterianas y de captura de hierro, entre otras características. De esta manera, Rosita producirá una leche que será similar a la humana ya que tiene dos proteínas humanas que no están presentes en la leche de vaca.

Hay también otros desarrollos en animales transgénicos, en especies relacionadas con la industria de la alimentación. Entre ellos, se ha procurado, mediante ingeniería genética, mejorar otras características de la leche, por ejemplo, eliminar componentes que pueden ser perjudiciales para algunas patologías, como la lactosa.

Los animales transgénicos también se usan como modelos para el estudio de enfermedades. Por ejemplo se han insertado genes humanos en ratones, que se modificaron de manera de provocar una determinada enfermedad. De esta manera son útiles para probar terapias y medicamentos. También para entender determinadas enfermedades como la anemia falciforme o la fibrosis quística.



ACTIVIDAD

2. Luego de leer estas páginas, responda a las siguientes preguntas.
 - a. ¿Está de acuerdo con el uso de animales transgénicos para la obtención de medicamentos?
 - b. ¿Para qué otros usos considera pertinente fomentar la producción de animales transgénicos?
 - c. ¿Encuentra algún dilema ético en la utilización de esta técnica?

Salmones e ingeniería genética

Se cree que en este nuevo siglo se incrementará la proporción de alimentos provenientes del mar. Esta tendencia alentó, ya en el siglo XX, las investigaciones tecnológicas sobre peces de valor comercial. Los huevos de peces son grandes y fáciles de manipular genéticamente. Hacia la década de 1990 ya se habían conseguido peces transgénicos para trece especies, algunas con valor comercial, como el salmón.

Con el objeto de obtener salmones más grandes, en tiempos más cortos, se usa la ingeniería genética también en la acuicultura. Para ello se producen salmones a los que se les inserta un gen de la hormona del crecimiento. Esta hormona normalmente se produce en los meses de verano. Los animales transgénicos la producen durante todo el año, dando lugar a peces muy grandes. Otra modificación genética en peces es la inserción de la proteína antigél que confiere tolerancia al frío. La cría se realiza en jaulas o estanques en las aguas costeras. Esto puede ocasionar problemas, si los peces escapan al ambiente natural. Cabe preguntarse cuáles podrían ser las consecuencias ambientales si los peces se escapan. Esto genera una importante diferencia con los mamíferos transgénicos, que no intercambian genes con poblaciones salvajes. Por ejemplo, en Noruega, entre el 20 y el 30 % de los salmones atlánticos, provienen de cultivos ictícolas de los que han escapado, pudiendo en un futuro, transformarse en salvajes. Esto genera el riesgo de desplazar a las poblaciones naturales de salmón, provocando desequilibrios en los ecosistemas. Por ahora, los salmones cultivados son menos eficaces para reproducirse que los salvajes. Para evitar la cruce entre los salmones transgénicos y los salvajes, se han diseñado salmones transgénicos de forma que todos los ejemplares sean hembras, y que tengan tres cromosomas X, lo que las hace estériles. Como medida extra de precaución, hay un protocolo que obliga a criar estos salmones en piscifactorías, completamente aisladas de corrientes de agua naturales.



ACTIVIDAD

3. Responda a las siguientes preguntas.
 - a. ¿Qué problemas plantea la producción de salmones transgénicos?
 - b. ¿Qué riesgos implica la liberación de organismos recombinados genéticamente?

¿CLONAR ORGANISMOS? CLONACIÓN Y GENÉTICA ANIMAL

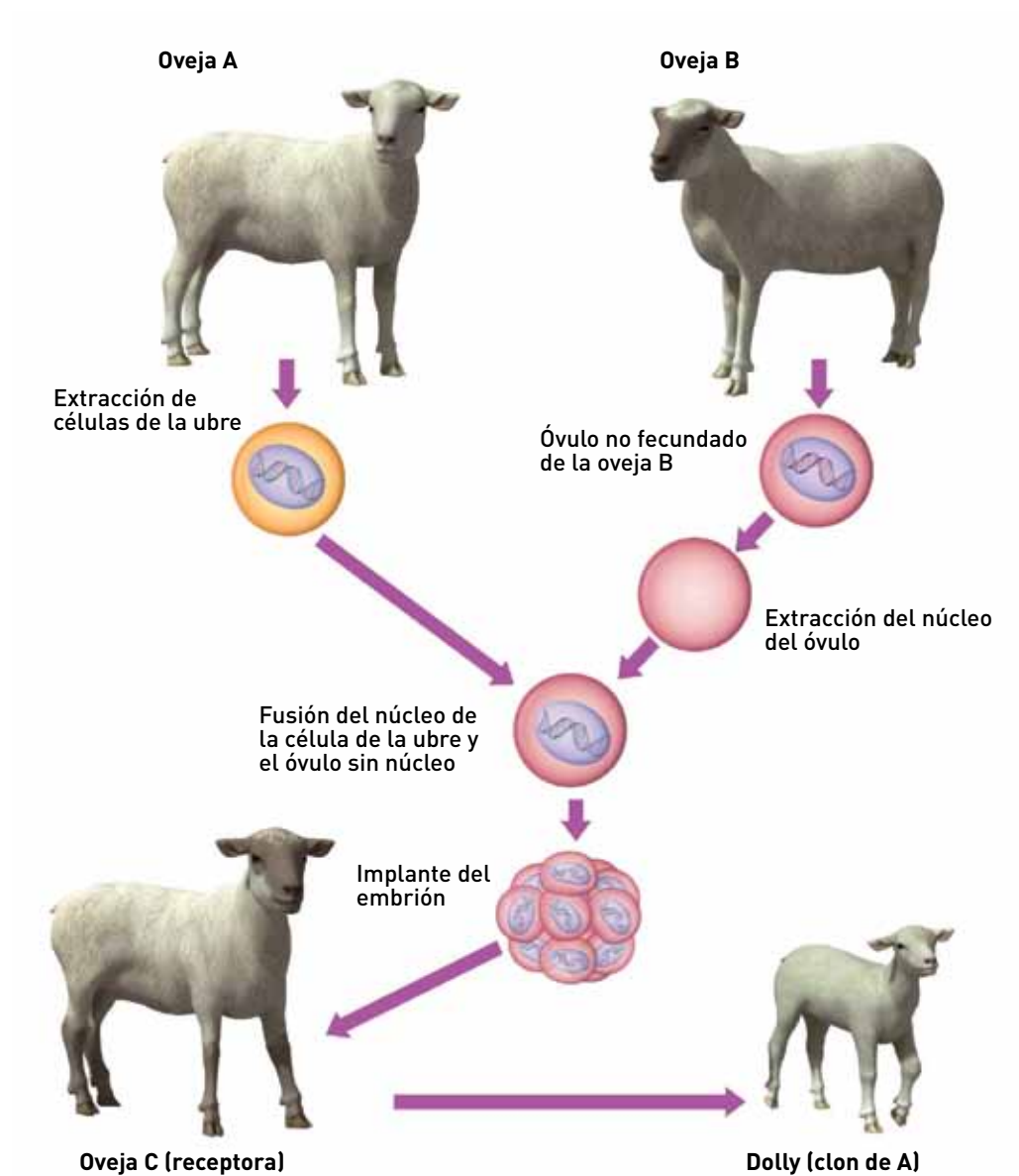
Es posible hacerlo, es decir, obtener copias idénticas de organismos completos, (clones). De hecho se ha logrado, de manera artificial, la clonación de animales complejos desde hace bastante tiempo. Ya en 1952, John Gurdon y sus colegas realizaron la primera clonación a partir del óvulo de una rana, al que se le insertaron núcleos de células adultas. Se trató del primer experimento de transferencia nuclear, en el que se ha demostrado que cuando a un ovocito se le elimina su núcleo original, y luego se le inyecta el núcleo de una célula diferenciada, procedente de otra rana, por ejemplo el núcleo de una célula del intestino de un renacuajo, el ovocito se desarrolla y da lugar a una rana adulta. Esta nueva rana, será idéntica a la que donó la célula intestinal. Esto demuestra que los genes del desarrollo no se pierden ni se inhiben en las células diferenciadas. Por otra parte, la clonación en plantas por medio de la reproducción a través de gajos, es algo que hace de modo bastante corriente.

En la década de 1990, varios laboratorios pudieron clonar mamíferos usando núcleos de embriones. Recién en 1996, Ian Wilmut, del Instituto Roslin en Edimburgo, Escocia, realizó la clonación de un mamífero a partir del núcleo de una célula de un organismo adulto, una célula mamaria. Hasta ese momento, las clonaciones que se habían hecho de animales, fueron a partir de células embrionarias, no diferenciadas. Se habían obtenido clones

de anfibios, ratones y otros mamíferos. El nacimiento de Dolly no fue una tarea simple, ya que se logró luego de 277 fracasos. ¿Por qué es importante realizar la clonación a partir del núcleo de una célula de un organismo adulto? En el organismo adulto pueden visualizarse los caracteres deseables que se desea propagar, como por ejemplo la alta producción de leche, la calidad de la carne o, el pelaje; los rasgos valiosos del adulto, también aparecerán en sus clones. Por otra parte, en el embrión no se visualiza la presencia de esos caracteres deseables. La clonación tiene otras ventajas como la posibilidad de almacenar muestras de tejidos de los ejemplares que deseamos clonar abaratando costos, de conservar genotipos adaptados a condiciones particulares o de recuperar especies en vías de extinción.



Ian Wilmut, creador del primer clon de un mamífero adulto.



La clonación de la oveja "Dolly".



Argentina se posiciona como el cuarto país del mundo con capacidad de reproducir caballos de alto valor mediante clonación. El primer potrillo clonado en nuestro país, nació el 4 de agosto de 2010, pertenece a la raza criolla, y se lo llamó "BS Ñandubay Bicentenario". La clonación se realizó a partir de células de la piel de un reconocido caballo, apodado Ñandubay. Se trató de un emprendimiento conjunto de los laboratorios Bio Sidus y de Biotecnología Animal de la facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires. La obtención del embrión se realizó insertando el núcleo de una célula de la piel, en un óvulo al cual se le extrajo el núcleo. Dicha tarea demandó un año, en el que trascurrieron largos períodos sin resultados, se probaron distintas variantes que se

fueron poniendo a punto, hasta obtener finalmente el deseado embrión. Éste se transfirió al útero de una yegua hormonalmente preparada para recibirlo. La yegua preñada se cuidó celosamente hasta que llegó el nacimiento por parto normal. El potrillito nació en excelentes condiciones, por lo que realiza vida normal. Para constatar que se trataba realmente de un clon se realizó el perfil genético de la cría y del caballo donante, para verificar que ambos caballos fueran idénticos. En este caso, la técnica de la clonación permitió preservar un ejemplar con características valiosas.



ACTIVIDADES

4. Responda a las siguientes preguntas acerca de la clonación.
 - a. En la clonación de la oveja Dolly, ¿A cuál de las tres ovejas que intervienen en el proceso es idéntica Dolly? ¿A la oveja donante del óvulo? ¿A la donante de la célula mamaria? ¿O a la oveja a la que se le implanta el cigoto? Justifique su respuesta
 - b. ¿Cree que es posible clonar personas? ¿Está de acuerdo con que ello ocurra? Justifique.
5. A partir de la lectura del siguiente párrafo, realicen un debate en clase:
La clonación terapéutica implica clonar células de una persona enferma. De esta forma es posible utilizar las células del embrión clonado para tratar la enfermedad del donador, o para regenerar un órgano sin temor al rechazo por trasplante. En este caso, ¿Estarían de acuerdo con la clonación?
6. Escriba un breve texto en el que tome una postura personal en relación con la clonación y señale los fundamentos de la misma.



Los siguientes videos le permitirán ampliar sus conocimientos acerca de la clonación:

Pioneros. Clonación animal. Canal Encuentro.

goo.gl/dvV8sU

La clonación. Video del sitio Educar.

goo.gl/Lb74fP

RIESGOS Y BENEFICIOS. ¿SE REGULAN LOS PRODUCTOS BIOTECNOLÓGICOS?

La producción y el consumo de organismos genéticamente modificados ha generado importantes debates en la sociedad. Tanto quienes están a favor como los que están en contra tienen fuertes argumentos para sostener sus posturas. Los opositores se basan en la necesidad de realizar un control sobre los genes introducidos en los genomas y sus consecuencias. Por ejemplo, es posible que esa alteración modifique la expresión de otros genes, con consecuencias imprevisibles. Por ejemplo, puede dar lugar a la síntesis de proteínas que pueden ser tóxicas o alérgenos. Asimismo, si los organismos con genes foráneos invadiesen ambientes naturales pueden traspasar sus genes a especies silvestres relacionadas o variedades no transgénicas de un mismo cultivo. Si ocurriese este “escape genético”, el problema es que sería irreversible. Sería, por ejemplo, muy delicado que un gen que confiera resistencia a los herbicidas, pasase a alguna maleza. Esta también se transformaría en resistente a los herbicidas.

Por el contrario, hay quienes tienen fuertes argumentos a favor de los organismos transgénicos. Subrayan el beneficio que estas tecnologías aportan a la sociedad, como por ejemplo, las mejoras para la producción en la agricultura y ganadería, los alimentos enriquecidos, o las ventajas para el tratamiento de enfermedades. El argumento en relación con los alérgenos es que la probabilidad de ocasionar daños es similar a la de los alimentos no transgénicos. En cuanto al escape genético, sostienen que los controles previos que deben pasar los OGM son suficientes para evitarlo.

Si bien hay regulaciones y evaluación de los posibles riesgos de estos nuevos organismos, también hay intereses económicos que pueden sortear algunos de estos controles. De ahí la relevancia de conocer los pros y los contras, y qué controles se realizan para formar una opinión responsable.

El problema de los beneficios y los riesgos de los organismos modificados genéticamente y de las prácticas agrícolas asociadas a ellos, requiere aún mucha discusión y debate, para lo cual es importante que la población esté informada y cuente con el conocimiento necesario para poder participar de estas discusiones.



¿Qué normas deben cumplir los organismos genéticamente modificados para ser aprobados de manera que no dañen a la salud y al ambiente? En Estados Unidos hay un ente (USDA, United States Department of Agriculture) que está encargado de regular las plantas y los animales transgénicos. La agencia de Protección del Medio Ambiente (EPA) regula los OGM que incorporen resistencia a los pesticidas y la Administración de Drogas y Alimentos (FDA) controla que los alimentos transgénicos sean seguros para el consumo. En la Comunidad Europea, los Estados miembros que quieren sembrar semillas deben solicitar autorización en nombre de las empresas. La Argentina se incorporó en 1996 al grupo de países que utilizan semillas transgénicas. Hay también, como en otros países, organismos encargados de regular y controlar. Así, se creó una instancia de consulta y apoyo técnico para la Subsecretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca, para regular la introducción y liberación al ambiente, de los animales y vegetales obtenidos por ingeniería genética: la Comisión Nacional Asesora de Biotecnología Agropecuaria (CONABIA). Es una comisión multidisciplinaria que evalúa caso por caso. La normativa argentina no tiene en cuenta el proceso mediante el cual se obtienen los productos tecnológicos, sino hasta qué punto sus características pueden significar un riesgo para el ambiente, la producción agropecuaria o la salud pública. ¿Qué productos vegetales obtenidos mediante ingeniería genética se comercializan actualmente en la Argentina? soja RR (tolerante al glifosato, que es un herbicida) maíz Bt (resistente a lepidópteros, que comprende a las mariposas), maíz LL (tolerante al glufosinato de amonio, herbicida) algodón Bt (resistente a lepidópteros) algodón (tolerante al glifosato). En otras partes del mundo, sin embargo, el abanico de cultivos transgénicos es aún mayor:

- Soja con alto contenido de ácido oleico; Soja resistente a glufosinato (herbicida).
- Canola (colza incrementada en ácido láurico, que es un ácido graso saturado).
- Canola tolerante a glifosato; canola tolerante a glufosinato.
- Maíz resistente al insecto taladro (una plaga) y al glifosato.
- Tomate de maduración lenta; tomate resistente a virus.
- Papa resistente a virus; papa tolerante a glifosato.
- Calabaza resistente a virus; calabaza tolerante a glifosato.
- Papaya resistente a virus.
- Colza tolerante a glifosato.
- Remolacha tolerante a glifosato.
- Clavel modificado en el color.

Un último aspecto que aporta a esta reflexión es la importancia de los alimentos en una población mundial en creciente expansión. El fortalecimiento de la agricultura constituye un elemento relevante para la lucha contra el hambre y la desnutrición. Pero la intensificación de la agricultura ha tenido efectos negativos sobre el ambiente, como la degradación de los suelos o la contaminación del suelo y del agua, por pesticidas. Desde este marco, la ingeniería genética podría ser esperanzadora, por los mejores rendimientos en la producción debidos a la

resistencia a las plagas, enfermedades y herbicidas y por la posibilidad de mejorar los granos, haciéndolos más nutritivos. Sin embargo, como ya vimos, esto no está exento también de aspectos discutibles.



ACTIVIDAD

6. Luego de leer este apartado, seleccione los términos o palabras que considere clave. Con estos, luego, escriba un breve texto que los relacione.



ACTIVIDADES INTEGRADORAS

1. Retomen el debate sobre las contradicciones éticas que implica liberar organismos modificados genéticamente al ambiente. ¿Cuáles pueden ser los aspectos negativos? ¿Cuáles serían los beneficios? ¿Qué precauciones serían necesarias?
2. Amplíe sus conocimientos sobre el tema, ahora a la luz de la nueva información, a través de una búsqueda en distintas fuentes, como diarios, revistas o sitios de Internet.
Por ejemplo, puede profundizar el ejemplo de los vegetales obtenidos mediante ingeniería genética. Para orientar la búsqueda, se recomiendan las siguientes páginas:
goo.gl/MgupYm
goo.gl/2irgIE
goo.gl/vmCbPS
goo.gl/lwcm2I
goo.gl/Xguucx
3. Retome el breve artículo de opinión ya escrito, con sus reflexiones en torno a este tema, para ampliarlo y reformularlo a partir de sus nuevos conocimientos, si lo considera necesario.

UNIDAD 10

Genética, salud y sociedad

SECUENCIAR ADN

A partir del año 1953, cuando Watson y Crick postularon un modelo para el ADN, la biología tuvo un enorme desarrollo tanto en lo que hace a nuevos modelos explicativos como a las posibilidades tecnológicas que ofrecen. Las técnicas para cortar ADN en fragmentos más pequeños dio lugar a los procesos que facilitan conocer cualquier secuencia de nucleótidos.

PROYECTO GENOMA HUMANO

Los genes influyen en prácticamente todas las características de nuestra especie: la altura, el género, el color de ojos o los grupos sanguíneos, por ejemplo. El proyecto genoma humano (PGH) es un valioso aporte para comprender cómo influye la información contenida en el ADN en las características de la especie humana. Concretamente, este proyecto, que fue presentado en 1990, tuvo el propósito de determinar la secuencia de nucleótidos de todo el ADN de nuestra especie, e identificar y cartografiar los aproximadamente 20.000 genes del genoma humano. Se han invertido muchos millones de dólares para la concreción de este proyecto. En el año 2003, este proyecto, que involucró el esfuerzo conjunto de biólogos de distintos países, determinó la secuencia del genoma, con una precisión de cerca del 99,99 %. Para sorpresa de muchos, nuestro genoma tiene muchos menos genes de los que se creía. El resto del ADN, es decir más del 95%, consiste en regiones que regulan qué genes se transcriben y con qué frecuencia. No se conoce aún la función de gran parte de nuestro ADN.

¿Por qué se considera trascendental este logro? Conocer la secuencia del genoma humano permitió saber que contiene 3.200 millones de nucleótidos distribuidos en los 23 pares de cromosomas que constituyen nuestra dotación genética: es decir, nuestro genoma tiene un mensaje con ¡3.200 millones de letras!. Pero conocer el genoma ofrece fundamentalmente beneficios a futuro. Saber dónde están los genes y cómo son permitirá, en un tiempo no demasiado lejano, utilizar las técnicas de ingeniería genética para curar o prevenir enfermedades que tienen un origen genético. Se pueden relacionar las diferencias entre los genes de diferentes individuos con la susceptibilidad para contraer ciertas enfermedades, e incluso para desarrollar medicamentos “a medida” Sin embargo, no todo es color de rosa. Muchos han reaccionado con preocupación por otros usos de la información genética individual, y del posible riesgo de discriminación genética debido al conocimiento de la secuencia de los genomas de las personas. Esto nos interpela sobre el posible uso discriminatorio de los genes que predisponen para algún tipo de enfermedad. Los datos genéticos obtenidos para fines médicos no deberían usarse con otro fin,

sin el consentimiento del individuo. Otro aspecto que genera fuertes debates es el patentamiento de los genes.



ACTIVIDAD

1. ¿Está de acuerdo con que las características del ADN de una persona sean conocidas por otros, en particular por los empleadores o por las compañías de seguros? Fundamente su respuesta.

DIAGNÓSTICO MÉDICO

Ya se utilizan sondas genéticas moleculares para detectar la presencia de genes defectuosos. Se trata de pequeños fragmentos de ADN que permiten detectar una secuencia con bases complementarias parecida o igual. Para localizar la unión, las sondas se marcan con átomos radioactivos. Los lugares de unión se identifican mediante una placa fotográfica sensible a la radioactividad. Igualmente se puede marcar mediante fluorescencia, que se detecta mediante laser.

El aislar y caracterizar los genes defectuosos mediante técnicas de biología molecular permite a su vez concebir nuevas estrategias terapéuticas (de cura de la enfermedad). El diagnóstico mediante técnicas de análisis del ADN tiene ciertas ventajas. El ADN es fácil de obtener, los genes se pueden estudiar de manera directa o a partir de las proteínas que codifica, y se puede llegar a un diagnóstico preciso. Sin embargo, una misma enfermedad, como por ejemplo la fibrosis quística, puede deberse a distintas mutaciones en el mismo gen. Algunas son muy poco frecuentes. Eso hace que se dificulte el diagnóstico genético. Solo la agudeza en la mirada del médico clínico permite orientar el análisis genético del paciente.

Las nuevas herramientas para el diagnóstico hacen que cada día se agreguen nuevas enfermedades de origen genético, que pueden ser detectadas, por análisis de ADN, incluso antes de nacer. Esto plantea una serie de dilemas éticos. Por ejemplo, ¿qué pasa con las enfermedades genéticas incurables que se manifiestan en el adulto? ¿Deben diagnosticarse antes que se manifiesten? ¿Y si no queremos enterarnos? ¿Quién evitará que se use la información genética con fines discriminatorios? ¿Es importante mantener la privacidad de los datos genéticos? ¿Qué pasa si en un test prenatal se toma conocimiento de que el futuro hijo tendrá defectos genéticos? Estas preguntas plantean disyuntivas al momento de tomar decisiones, tanto a nivel personal como profesional. Es importante que, como ciudadanos, seamos conscientes de las problemáticas y desafíos que plantean las decisiones acerca de las enfermedades genéticas, su diagnóstico y tratamiento.



Diversas técnicas permiten diagnosticar genes causantes de enfermedades.

Asimismo reconocer que si bien los factores genéticos tienen influencia en el fenotipo de un individuo, el papel del ambiente no es menos importante.

Se pueden realizar también diagnósticos genéticos, también durante el embarazo. Todas las enfermedades cromosómicas y ciertas enfermedades genéticas pueden detectarse en el feto de pocas semanas. Esto se lleva a cabo obteniendo células del feto de las vellosidades coriónicas, entre las 10 y 12 semanas, o por medio de la amniocentesis (se obtienen células del líquido amniótico) entre las 14 a 20 semanas de gestación. Esto nos interpela. Si bien posibilita la detección en etapas tempranas, lo que habilita su prevención y tratamiento, ¿qué pasa si el diagnóstico señala un defecto fetal grave? En el caso de la fertilización in vitro, se pueden hacer diagnósticos antes de implantar el embrión. Esto habilita a realizar una selección de embriones en parejas que tienen el riesgo de transmitir a la descendencia alguna enfermedad genética. También es técnicamente posible realizar la selección del sexo del embrión. Esta técnica se puede emplear en los casos en que la mujer es portadora de alguna enfermedad ligada al cromosoma X, que se transmite sobre todo, a los hijos varones, como por ejemplo, la hemofilia, o la distrofia muscular. ¿Qué opina sobre la selección de embriones? ¿Cuál es el límite? ¿Cuáles son las características deseables, o no? ¿Quién puede decidir qué es lo normal, o lo mejor? ¿Cómo definimos el límite entre salud y enfermedad? ¿Quién decide sobre cuáles son los “buenos genes”? ¿Es lícito evitar tener hijos con defectos genéticos?

El diagnóstico prenatal nos plantea cómo hacer un uso responsable de la información que nos ofrece. ¿Cuándo hacerlo? ¿Con qué propósito? ¿Hay que hacerlo de manera rutinaria en todas las embarazadas? ¿Qué hacer si se detecta un trastorno genético? ¿Se justifica la interrupción del embarazo? Son preguntas que tienen que ser pensadas en el marco de los valores de cada uno.



ACTIVIDAD

2. Luego de leer el texto, ensaye algunas respuestas a las preguntas que en él se plantean. Intercambie opiniones al respecto con el resto de sus compañeros y, entre todos, escriban algunas ideas a modo de conclusión.

CURA DE ENFERMEDADES. TERAPIAS GÉNICAS

¿Es posible usar genes para curar enfermedades? Para ello, se necesitaría lograr introducir genes (el gen sano) en el interior de las células de los tejidos enfermos, de manera que el funcionamiento normal del gen incorporado, compense al funcionamiento anormal del gen defectuoso. Pero aunque se trata de algo complejo de lograr, existen investigaciones en este sentido.

La fibrosis quística es una enfermedad causada por la mutación en un gen que tiene información para la síntesis de una proteína, que transporta cloro a través de las membranas de las células. Las personas con este gen mutado, poseen una proteína defectuosa que hace que las proteínas transportadoras no funcionen, y desarrollen esta enfermedad, que se hace particularmente grave en los pulmones. Las investigaciones para lograr una cura de esta enfermedad, se enfocan en introducir el gen sano en las células de los pulmones, para que tengan la capacidad de sintetizar la proteína normal. El vehículo de ese gen normal, sería un virus. Cuando infecta las células, libera el material genético en su interior, para servir como molde para la síntesis de la proteína normal.

Existe una enfermedad, la inmunodeficiencia combinada severa (SCID: *severe combined immune deficiency*) en la cual un niño no desarrolla su sistema inmune. Las infecciones que son leves en un niño normal ponen en riesgo la vida de los niños que padecen de esta enfermedad. Por ello suelen morir antes de cumplir un año. Esta enfermedad se debe, en la mayoría de los casos, al defecto de una enzima que está codificada por un gen defectuoso. En 1990, se llevó a cabo una terapia génica en una paciente con SCID, Ashanti De Silva, de 4 años. Se extrajeron algunos de sus glóbulos blancos. Estos glóbulos blancos se pusieron en contacto con un virus que tenía un gen normal. De esta manera, el gen normal ingresó a las células. Luego le realizaron una transfusión con sus propios glóbulos blancos, modificados genéticamente. Ashanti, con este tratamiento llegó a la edad adulta. Pero a medida que los glóbulos blancos alterados fueron muriendo, debió repetir el tratamiento. La terapia génica tiene todavía mucho camino por recorrer, pero el caso de Ashanti muestra que es sumamente prometedora.

En la médula ósea están las células madre de los glóbulos blancos. En Italia, en 2005, se realizó un tratamiento similar al de Ashanti, pero la copia del gen normal, se insertó en las células madre. Como estas células madre curadas continuaron multiplicándose, y produciendo glóbulos blancos, es probable que su sistema inmune funcione bien a lo largo del tiempo, sin necesidad de reiterar el tratamiento.



Un hijo con diseño a medida

Médicos de Illinois, en Estados Unidos, han usado el examen genético para seleccionar un bebé de probeta que tuviera exactamente las células correctas para ser donante de su hermana mayor seriamente enferma. El caso, el primero de su clase que sale a la luz, seguramente abrirá un feroz debate sobre la ética de diseñar bebés con rasgos genéticos específicos.

El procedimiento, basado en una forma selectiva de fertilización in vitro, podría salvar la vida de una niña de seis años, que está sufriendo un raro desorden hereditario llamado anemia Fanconi, que detiene la producción de células en la médula ósea. Pero ha producido el temor de que la técnica pudiera extenderse a permitir que los padres “diseñen” hijos con una determinada variedad de rasgos genéticos.

La selección in vitro ofrece una alternativa menos traumática. Adam Nash, el bebé en el centro del caso informado ayer, nació el 29 de agosto. Cuando nació, los médicos recogieron células de su cordón umbilical, que luego fueron trasplantadas a su hermana mayor, Molly. La anemia Fanconi es fatal sin un trasplante, pero Molly tiene ahora entre 85-90 por ciento de chances de recuperarse. Sus padres, Lisa y Jack Nash, tenían un 25 por ciento de probabilidades de pasar el gen Fanconi a cualquier nuevo hijo y temían concebir normalmente. De manera que utilizaron una nueva técnica llamada diagnóstico de preimplantación genética.

Se crearon doce embriones en fertilización in vitro y se tomaron células de cada uno de ellos para ver si había un gen Fanconi, así como otras medidas de compatibilidad con Molly. Se encontró que dos de los embriones tenían ambos atributos y uno de ellos fue considerado lo suficientemente saludable como para transferirlo al útero de Lisa Nash.

El doctor Paul Veys, un especialista en trasplante de médula ósea en el hospital de niños de Londres, dijo que creía que el caso de Illinois era un caso especial, en el que diseñar un niño para ser donante estaba justificado éticamente. “En este caso, esperamos, se terminará con dos niños sanos. ¿Quién puede discutir eso? Es difícil”, sostuvo.

Para algunos bioéticos, el éxito del caso Nash es una “bendición discutible”. Pero advierten que si bien salva la vida de un niño, también presagia un futuro posible en el que los padres puedan elegir “bebés de boutique” de una amplia gama de rasgos genéticos. “Uno podría decir que se está convirtiendo en algo como comprar un auto nuevo, cuando uno decide qué tipo de accesorios quiere”, dijo Jeffery Kahn, director del centro de bioética de la Universidad de Minnesota. Lisa Nash niega que haya abierto la caja de Pandora de la genética. “No estoy obligando a nadie. Yo sólo quería hacer lo que era lo mejor para mi familia”, dijo.

Adaptado de: “Un hijo con diseño a medida”, *Página 12*.

[Online. <http://www.pagina12.com.ar/2000/00-10/00-10-04/pag21.htm> Consulta: 10/5/2015]



José Larraalde

NACIO UN BEBE DE PROBETA SELECCIONADO GENETICAMENTE

Un hijo con diseño a medida

Un matrimonio norteamericano tuvo un hijo in vitro, seleccionado genéticamente para ser apto como donante de su hermana enferma.

Riesgos: Algunos bioéticos advierten que si bien ahora se salvó la vida de un niño, también es posible que los padres puedan elegir "bebés de boutique".

La familia Nash: padre Jack, madre Lisa, y los niños.



The Guardian de Gran Bretaña
Por Julian Borger y James Meek

▲ Médicos de Illinois, en Estados Unidos, han usado el examen genético para seleccionar un bebé de probeta que tuviera exactamente las células correctas para ser donante de su

La historia continuó...

En 2003 los padres tuvieron otra niña, concebida por fertilización in vitro, con uno de los embriones saludables restantes.



ACTIVIDAD

3. La biotecnología modificó y modificará aún más el mundo en que vivimos. Pero implica una gran responsabilidad. Relea el caso del recuadro, del bebé concebido para salvar a su hermana y a partir de ello responda a las siguientes preguntas.
 - a. ¿Cree que se trató de un uso adecuado del diagnóstico genético?
 - b. ¿Estaría de acuerdo con crear docenas de embriones, aun cuando la mayoría de ellos nunca será implantado?
 - c. ¿Es ético si se hace para salvar la vida de un niño? ¿Cambiaría de opinión si se tratase de un pariente cercano?

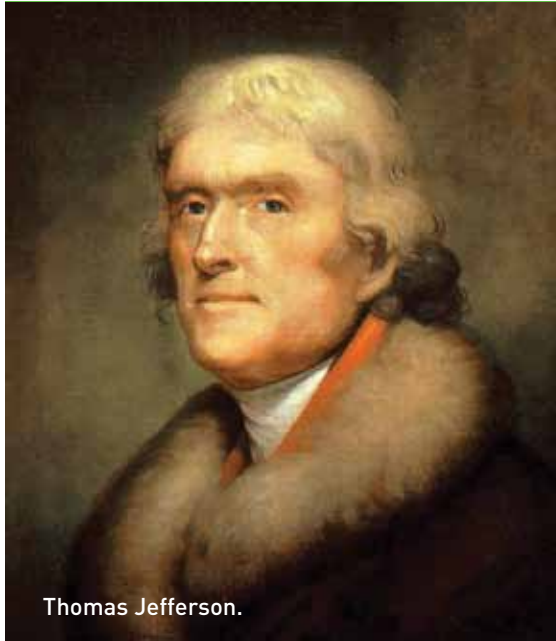
LA TECNOLOGÍA DEL ADN COMO HERRAMIENTA PARA LA MEDICINA FORENSE

Permanentemente, en los medios de comunicación, se asocia el ADN a los casos policiales:

- La justicia estadounidense condenó por error a Michael Hanline, que fue declarado culpable y sentenciado erróneamente a cadena perpetua en 1980. Pasó 36 años en prisión. Pruebas de ADN encontradas en el lugar del crimen corroboraron que Hanline era inocente.
- Tras pasar 30 años presos, por violación y asesinato, Henry McCollum y su hermanastro, Leon Brown, ambos discapacitados, fueron declarados inocentes en 2014 gracias a pruebas de ADN.
- En mayo de 2013, un ex agente penitenciario de Cicolletti fue condenado por la violación que cometió contra sus hijas. Producto de estos hechos, la hija mayor tuvo dos criaturas, y la paternidad del imputado fue corroborada mediante pruebas de ADN.
- En Bangor, EEUU, en el año 2013, una joven de 15 años fue secuestrada y asesinada. Se encontró al culpable rastreando su cuenta falsa de Facebook, por su ADN, que se encontró en una gorra en la zona aledaña a la vivienda de la joven, y por el registro de telefonía celular que muestra que estaba en el área de la casa de la joven.

Esta es una pequeña muestra de lo habitual que es el uso de la biotecnología en medicina forense. En crímenes o violaciones, con sangre y violencia, la sangre, el semen, el pelo, la piel o cualquier fragmento de tejido pueden quedar en la escena del crimen, en las ropas o en otras posesiones, ya sea de la víctima o del agresor. Esto permite usar técnicas que identifican con certeza a una persona.

Las huellas digitales de ADN son un patrón de bandas específicas que se usa en medicina forense para identificar un individuo. El uso de huellas digitales va más allá de la identificación de criminales. También puede usarse para resolver de manera concluyente los conflictos sobre paternidad. ¿Cuán confiables son las huellas de ADN? La probabilidad de que dos personas tengan la misma huella de ADN es de 1 en 100.000 a 1 en mil millones. Esto depende de cuántos marcadores se comparan y de qué tan comunes son esos marcadores dentro de la población. Esta técnica resulta efectiva y muy confiable para dirimir casos judiciales.



Thomas Jefferson.

Thomas Jefferson (1743-1826) fue el tercer presidente de los Estados Unidos de América, entre 1801 y 1809, y además fue el principal autor de la Declaración de la Independencia de su país. Pero toda historia de vida tiene luces y sombras. Él se oponía a que los blancos tuvieran descendencia con personas de piel negra. Sin embargo, él tenía varios niños con su esclava Sally Hemings, aunque

negaba su descendencia. Pero se pudo confirmar, actualmente, a través de las pruebas de ADN, que por lo menos uno de los hijos de Hemings fue engendrado por Jefferson. Un estudio de la revista científica *Nature*, en 1998, señala que las pruebas genéticas de ADN realizadas a algunos descendientes de Sally Hemings confirman que tienen un cromosoma Y, que sólo Jefferson pudo transmitirles. Los estudios consistieron en comparar el ADN del cromosoma Y de los supuestos descendientes de Jefferson, con el de sus descendientes legales. Se ha analizado el cromosoma Y, porque permite seguir el rastro paterno, debido a que su ADN se hereda a lo largo de la línea masculina.



ACTIVIDAD

4. Responda a las siguientes preguntas.
 - a. En asesinatos y violaciones, ¿por qué cree que se intenta recuperar el semen, sangre, pelos o restos de tejidos del organismo? ¿Cuál es su relación con el ADN?
 - b. ¿Con qué grado de certeza se puede identificar un sospechoso?
 - c. Suele decirse que el conocimiento vale por sí mismo. Que al principio es muy difícil saber qué aplicaciones prácticas tendrá. ¿Está de acuerdo con esta afirmación? ¿Qué piensa sobre apoyar la investigación científica, aunque en principio no se visualice ninguna aplicación práctica?

LA FERTILIZACIÓN ASISTIDA

¿De qué se trata? ¿Por qué fertilización? ¿Qué significa “asistida”? La fertilización es la etapa que comienza con la unión del óvulo y el espermatozoide –fecundación– y continúa con la división del cigoto. En la etapa de 8 células, aún no ha comenzado la diferenciación celular. Esta comienza en el estadio de 16 células y se profundiza en el de 32 células. Luego, a los 14 días, se completa la implantación de este preembrión, en la mucosa del útero, para formar el embrión. Esto es importante ya que hace a las distintas concepciones sobre cuándo comienza la vida humana. Para algunos, comienza en el mismo momento de la fecundación, mientras que para otros, es a partir de los catorce días. En algunos países, en los que el aborto es legal el comienzo de la vida se considera que ocurre al comenzar la vida cerebral, a partir de la octava semana, cuando comienzan a diferenciarse las primeras células neurales. El embrión adquiere apariencia humana y toma el nombre de feto. El concepto de nacimiento cerebral se relaciona con la formación del córtex cerebral, entre la semana 8 y 24.

Si la fecundación ocurre con la ayuda médica, se habla de **fertilización asistida**.

Hay distintas formas de realizar la fertilización asistida en aquellas parejas que tienen problemas para tener hijos. En una pareja sana, que mantiene relaciones sexuales de manera regular, y no utiliza métodos anticonceptivos, la fecundación debería ocurrir de manera natural, en un lapso de no más de un año. Cuando esto no ocurre, es probable que en el hombre o en la mujer exista algún tipo de problema, que impide la fecundación. Cuando el ovulo y el espermatozoide no se unen de manera natural, se puede recurrir a tratamientos que facilitan que este encuentro se produzca. En la implementación de estos tratamientos intervienen equipos de médicos, biólogos, psicólogos. No se trata de una sola técnica. Hay varias. Por este motivo, es conveniente el asesoramiento y el acompañamiento psicológico. Se llama **fecundación o reproducción asistida** a las distintas técnicas por medio de las que se produce la fecundación de manera artificial, en condiciones de laboratorio.

La técnica más simple es la **inseminación artificial o intrauterina**. Cuando llega el momento de la ovulación, se descargan espermatozoides en el útero, con una cánula. Para saber cuándo la mujer está ovulando, se realiza un monitoreo por medio de ecografías. La **transferencia de gametos en las trompas de Falopio** es un procedimiento más complejo, en el que se transfieren gametos masculinos y femeninos a las trompas de Falopio en donde se produce la fecundación. Se usa cuando hay anomalías en el ovulo, pero las trompas están sanas y son permeables.



En julio del año 1978 ocurrió, en la ciudad británica de Bristol, el nacimiento del primer “bebé de probeta”. Louise Brown fue el primer ser humano concebido fuera del útero. Para los padres de Louise, fue un milagro, ya que no podían tener hijos. A partir de ese momento,

la fecundación *in vitro* se convirtió en algo usual, al punto que en la actualidad ya no nos llama la atención.

El proceso de fecundación asistida más común es la **fecundación *in vitro***. Actualmente no nos llama demasiado la atención, pero en sus inicios, esta técnica fue bastante revolucionaria y generó dilemas éticos y sobre todo religiosos. Se hablaba de “los bebés de probeta”, de bebés producidos en un tubo de ensayo. Consta de un proceso inicial de estimulación hormonal de la mujer, para favorecer la ovulación. Luego se aspiran los óvulos, que se ponen en contacto con los espermatozoides, de manera de lograr la fecundación. El huevo fecundado se deja *in vitro* (en un tubo de ensayo o similar) y a las 48 o 72 horas, se transfiere al útero por medio de la vagina. Esta técnica es necesaria cuando las trompas están obstruidas o cuando el semen presenta ciertas anomalías.

En estos procedimientos, en los que se estimula la ovulación por medio de hormonas, se puede producir un elevado número de óvulos. Si todos se fecundan se obtienen varios embriones. No todos se transfieren a la vez al útero de la mujer. Los embriones que no se utilizan se congelan para su uso posterior.



A los tres días de la fecundación *in vitro*, cuando el preembrión posee ocho células, si se observa que es normal ya puede ser transferido al útero de la mujer.



En 1984, el Dr Carl Wood y su equipo lograron conservar por largos períodos de tiempo, preembriones humanos generados *in vitro*. Se producen generalmente entre diez y doce embriones, pero se suelen implantar no más de tres embriones en el útero. El resto se congela para algún otro intento. Los embriones sobrantes se congelan en nitrógeno líquido, sin sufrir ningún tipo de alteración. Pero, ¿qué hacer si no se usan los embriones?

Los embriones que no se utilizan son útiles para las investigaciones en terapias con células madre (células indiferencias, presentes en el embrión, que tienen la capacidad para transformarse en otros tipos celulares). El uso de células embrionarias para investigación genera dilemas en aquellas personas que creen que a partir del momento de la fecundación, un cigoto ya es una persona, por lo que usarlos para investigación se asimilaría a un aborto.



ACTIVIDADES

5. Responda a las siguientes preguntas.
 - a. ¿Está de acuerdo con el congelamiento de embriones? ¿Por qué?
 - b. ¿Qué opinión le merece utilizar los embriones sobrantes para investigaciones o terapias génicas?
 - c. ¿Cree que destruir los embriones sobrantes es una buena opción? ¿O habría que congelarlos eternamente? Justifique sus respuestas.
 - d. ¿Considera que la fertilización asistida es un avance médico? ¿O cree que es una violación a las leyes naturales?
6. Discuta las respuestas a las preguntas anteriores junto con sus compañeros y compañeras y, entre todos, escriban un breve texto con sus conclusiones.

LA GENÉTICA Y LAS ABUELAS DE PLAZA DE MAYO

La genética constituyó una herramienta esencial para que las Abuelas pudiesen encontrar a sus nietos desaparecidos. Hacia 1980, en su búsqueda, se preguntaban sobre alternativas para identificar y así recuperar a sus familiares. Para ello consultaron científicos, sobre todo a genetistas, en la Argentina y en el exterior. Esto permitió llegar al desarrollo del "índice de abuelidad" para probar la relación de parentesco entre los niños apropiados y sus abuelos/as biológicos/as, que permite llegar a un porcentaje del 99,9 % de probabilidad mediante análisis específicos de sangre. Para ello se usan tanto el ADN mitocondrial, como el ADN del cromosoma Y. El ADN mitocondrial se transmite a través del óvulo, de las madres a las hijas. Es una molécula de transmisión materna, por lo que permite comparar el ADN con el de cualquier pariente materno. Por otra parte, el cromosoma Y, es útil para rastrear la línea paterna. Todos los varones de una familia comparte el mismo patrón paterno que pasa de generación a generación a través de los hijos varones.



Canal Encuentro. Diego Golombek explica en una clase de 17 minutos, qué es el "índice de abuelidad", y la labor de las Abuelas en el desarrollo de esa técnica de identificación, que es la principal herramienta científica con que hoy se determina la identidad de los nietos.
goo.gl/7mfmTV



ACTIVIDAD

7. Responda a las siguientes preguntas.
 - a. ¿Por qué, para calcular el índice de abuelidad, se usa a veces el ADN mitocondrial, y en otras circunstancias, el ADN del cromosoma Y?
 - b. ¿Por qué el análisis del ADN permite probar, de manera fehaciente, el parentesco entre los hijos de desaparecidos y sus abuelos?



ACTIVIDAD INTEGRADORA

¿De qué manera los conocimientos sobre la reproducción humana, el ADN y el flujo de la información genética, contribuyeron a la comprensión e intervención en problemáticas vinculadas a genética, salud y sociedad? Seleccione una o dos temáticas trabajadas en esta unidad y discuta con sus compañeros sobre los argumentos a favor y en contra de estos hallazgos. Escriba un breve texto con sus conclusiones.

PARTE 3

Evolución

INTRODUCCIÓN

En las siguientes unidades presentaremos algunas de las principales relaciones que ocurren en los ambientes naturales que nos permitirán advertir la complejidad de la naturaleza y sus cambios a lo largo del tiempo. Para ello, introducimos algunos conceptos para comprender cómo entiende la biología en la actualidad, la naturaleza y su dinámica. Por ejemplo, los conceptos de ambiente y adaptación, en el marco del proceso de selección natural, son claves para entender qué pasa y qué ha pasado con los seres vivos a lo largo del tiempo. Estas ideas permiten comprender la teoría de la evolución y el origen de las especies, incluida la especie humana.



[...] De todas las especies que han existido alguna vez, el 99,99% se han extinguido y todas las especies que existen actualmente algún día se extinguirán. En realidad, todas las formas de vida de la Tierra algún día desaparecerán, si no por otra razón, porque dentro de unos dos mil millones de años el Sol explotará y abrasará la Tierra. Como la vida ha tenido su origen hace más de dos mil millones de años, podemos afirmar con seguridad que en la Tierra la vida está a mitad de camino. Y no existen pruebas del hecho de que los seres vivos se hayan adaptado mejor al mundo de alguna manera. Si bien el tiempo medio de una especie, desde su origen hasta su extinción, ha sido diferente en las varias eras a causa de las glaciaciones, de la deriva de los continentes y de la ocasional caída de meteoros, no ha mostrado ninguna tendencia a aumentar a largo plazo. Tampoco existe base objetiva alguna para sostener la tesis de que las especies están en armonía o en equilibrio las unas con las otras o con el mundo exterior. No podemos impedir que el ambiente se modifique ni que las especies se extingan. Lo que podemos hacer es tratar de influir en la velocidad de extinción y en la dirección del cambio a fin de que la vida resulte más aceptable para los seres humanos. Lo que no podemos hacer es mantener las cosas en la condición actual.

Adaptado de: Lewontin, Richard (2000): *Genes, organismo y ambiente*, Barcelona, Gedisa.

UNIDAD 11

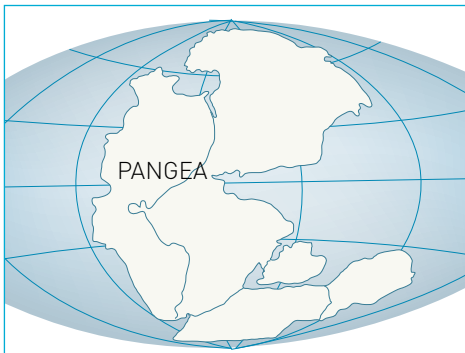
El ambiente y las adaptaciones
de los seres vivos

LOS CAMBIOS EN LOS AMBIENTES

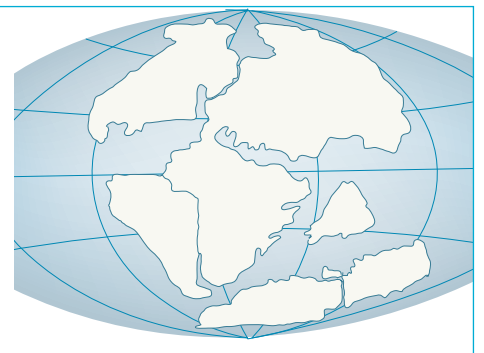
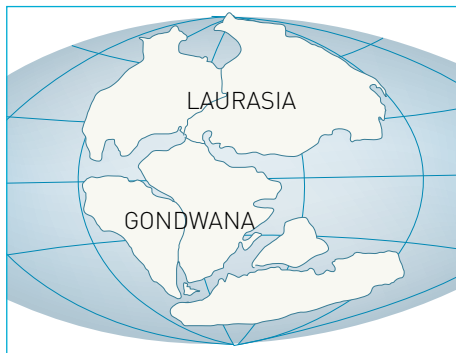
Los acontecimientos del pasado del planeta pueden tener enormes repercusiones para el presente. Los organismos viven y ocupan lugares en el mundo por razones que, por lo general, son accidentes de la historia. A continuación, analizaremos dos cuestiones que tienen especial relevancia para comprender por qué están los diferentes seres vivos en un ambiente.

Por un lado, la curiosa distribución de los organismos en los distintos continentes, aparentemente inexplicable en términos de dispersión a gran distancia, condujo a sugerir la teoría del desplazamiento de los continentes conocida como la **teoría de la deriva continental**.

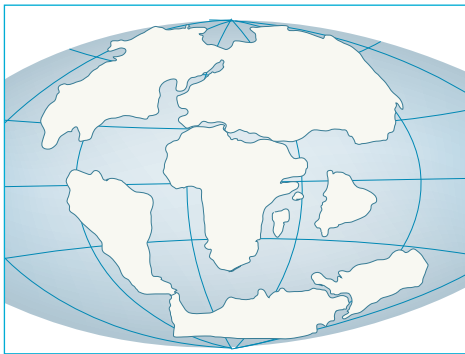
Planeta Tierra 300 millones de años atrás



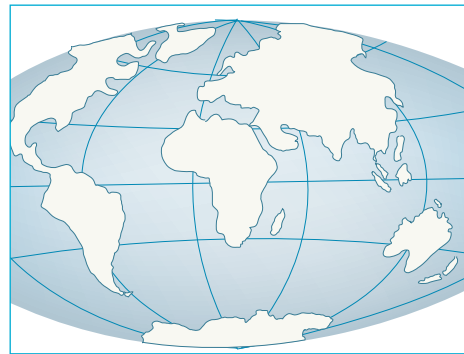
Fractura de Pangea



Reorganización



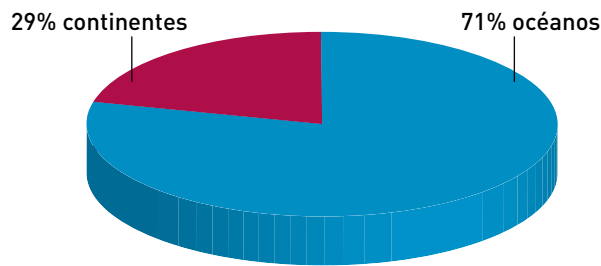
Disposición actual



Teoría de la deriva continental: secuencia de desplazamiento de los continentes.

Por otro lado, los cambios en el clima se han producido en escalas de tiempo más breves que los movimientos de las masas de tierra, y gran parte de la distribución que observamos en la actualidad en las especies representa fases de recuperación respecto a variaciones del clima pasado.

En la actualidad, los océanos cubren 361.000.000 km², lo cual representa el 71% de la superficie terrestre total; los otros 149.000.000 km², el 29% restante, corresponde a las tierras emergidas, principalmente los continentes.



Porcentajes de océanos y tierras emergidas en la superficie terrestre.

Los seres vivos en ambientes cambiantes

Como se presentó anteriormente, ningún ambiente es constante a lo largo del tiempo, pero algunos son más constantes que otros. En ecología se pueden distinguir tres categorías de cambio ambiental:

- **Cambios cíclicos:** que siguen un ritmo repetitivo, como los ciclos estacionales, los movimientos de las mareas y los períodos de luz y oscuridad a lo largo del día.
- **Cambios direccionales:** en los que la dirección del cambio se mantiene a lo largo de un período, que puede ser prolongado en relación con la duración de la vida de los organismos que lo experimentan. Por ejemplo, la erosión de una zona costera, el depósito de sedimentos en un estuario y los ciclos de glaciación.
- **Cambios erráticos:** que no muestran un ritmo ni una dirección constante. Por ejemplo, la llegada de grandes lluvias, los huracanes, las tormentas e incendios provocados por rayos, entre otros.

La única forma en que los organismos se ajustan a un ambiente variable es cambiando ellos mismos su propio comportamiento. Existen dos modos principales en que los organismos regulan sus respuestas a las variaciones del ambiente:

- **Cambiando en respuesta al cambio ambiental.** Por ejemplo, el florecimiento de los cactus con la llegada de la lluvia.
- **Utilizando una señal que anticipa ese cambio.** Por ejemplo, un mamífero que predice el acortamiento de las horas de luz en la época de frío desarrollando un pelaje espeso.

En un ambiente cualquiera, los seres vivos establecen relaciones con las condiciones y los recursos existentes.



Una condición ambiental se define como un factor abiótico que varía en el espacio y en el tiempo y a la que los organismos responden de modo distinto. Ejemplos de condiciones ambientales son: la temperatura, la humedad, el pH, la salinidad, la velocidad de la corriente, la concentración de contaminantes, entre otros. Es decir, las condiciones ambientales no pueden ser ni consumidas ni agotadas por un organismo. Ni tampoco abundan o escasean por la presencia de otro organismo, sólo pueden variar.

A continuación analizaremos la temperatura y la humedad como algunas de las condiciones ambientales relacionadas con los seres vivos.

Temperatura y humedad

Comúnmente, los seres vivos suelen distinguirse, teniendo en cuenta su relación con la temperatura, en organismos de “sangre caliente” y organismos de “sangre fría”. En biología los seres vivos se clasificaban generalmente en homeotermos los primeros y poiquilotermos, los segundos. En la actualidad, existe otra clasificación más ajustada:

- **Organismos endotermos:** se trata de aquellos seres vivos que regulan su temperatura corporal mediante la producción de calor dentro de su propio cuerpo. Entre estos organismos se ubican las aves y los mamíferos.
- **Organismos ectotermos:** son los que dependen de fuentes externas de calor. En este grupo se ubican el resto de los animales, las plantas, los hongos y los protistas.

De todos modos, con esta nueva clasificación también quedan muchos organismos que no se pueden ubicar claramente en ninguno de los dos tipos. Por ejemplo, existen diversos reptiles, peces e insectos (como ciertas abejas, mariposas nocturnas y libélulas) que utilizan el calor generado por el propio cuerpo con el fin de regular su temperatura corporal durante períodos limitados. En algunas plantas, el calor metabólico mantiene una temperatura relativamente constante en las flores, como es el caso del *Phylodendron*. Por su parte, existen aves y mamíferos que detienen o disminuyen su capacidad endotérmica cuando las temperaturas son muy extremas.

Muchas veces se considera erróneamente, que los ectotermos son primitivos y los endotermos más evolucionados. Pero tanto unos como otros viven entre temperaturas ambientales que les son óptimas y más allá de esos límites, las estrategias de termorregulación no son suficientes.



ACTIVIDAD

1. Arme una lista de 10 organismos vivos y los respectivos ambientes en los que viven. Luego, clasifique a dichos organismos de acuerdo con el modo en que regulan su temperatura corporal.

Se ha transformado en un lugar común decir que los seres vivos dependen enteramente del agua. Los animales terrestres viven en el aire, que tiene una concentración de agua más baja que la de los propios animales. Por ello, todos tienden a perder agua por evaporación y a través de la excreción de productos residuales.

Cuanto mayor sea la humedad relativa ambiente (HRA), menor será la diferencia entre el animal y su ambiente, y menor será también la necesidad del animal de reducir o compensar pérdidas de agua. En los ambientes tanto la HRA como la temperatura y la velocidad del viento, están muy interrelacionadas.

Los organismos cuya distribución se halla más afectada por la humedad son aquellos animales terrestres que si los analizamos por el modo en que controlan su equilibrio hídrico son “acuáticos”. Los anfibios, los isópodos terrestres, los nematodos, las lombrices de tierra y los moluscos están confinados, al menos en sus fases activas (cuando se reproducen), a microambientes en los que la HRA es del 100 por ciento o muy próxima a estos valores.



ACTIVIDAD

2. Lea el siguiente texto y luego responda la siguiente pregunta: ¿Qué pasaría si *Drosophila* volara en horas del mediodía? Justifica tu respuesta.

*La mosca del vinagre (*Drosophila subobscura*) vive habitualmente en zonas boscosas (de HRA elevada) y sólo esporádicamente se desplaza hacia zonas abiertas (de HRA baja). Al igual que otros insectos, esta mosca tiene un exoesqueleto impermeable, pero pierde agua a través de sus superficies respiratorias. *Drosophila* sólo vuela (actividad en la que gasta mucha energía) en determinados momentos del día: después del amanecer y antes del anochecer. En estos momentos la temperatura es más baja y la HRA más elevada.*

LAS ADAPTACIONES DE LOS SERES VIVOS

Resulta muy común escuchar que las personas que viajan a lugares de gran altitud tienen que “adaptarse” a esas alturas. En muchos textos de Ciencias Naturales se suele utilizar la expresión: “el organismo X está adaptado al ambiente y...”, también es muy frecuente indicar las condiciones de vida en que se desarrolla el organismo; así por ejemplo, se suele escribir “los peces están adaptados a la vida en el agua”, “los cactus están adaptados a vivir en desiertos”, etcétera.

En estas expresiones se pueden distinguir dos significados del término adaptación. Uno refiere a la adaptación fisiológica, proceso que puede ocurrir en el curso de la vida de un organismo individual (como cuando una persona produce mayor cantidad de glóbulos rojos al estar expuesta a grandes altitudes) o bien, en una población, durante el transcurso de muchas generaciones. En cambio, la **adaptación** desde el punto de vista evolutivo significa que los seres vivos se encuentran ajustados al ambiente como resultado de la selección natural (proceso que analizaremos más adelante).

Como dijimos, en las adaptaciones fisiológicas, los cambios ocurren en el lapso de la vida de un individuo y por lo tanto, no son heredables, a menos que se produzcan en las células sexuales. Sólo las características adaptativas que tienen base genética y se adquieren a nivel poblacional se relacionan con el proceso evolutivo. De este modo, los patrones de regulación de la temperatura que vimos anteriormente, son adaptaciones de este tipo que resultan del proceso de selección natural.



ACTIVIDADES

3. Decir, por ejemplo, que un organismo está “adaptado al agua” ¿significa que son los organismos los que se acomodan al ambiente en el que viven? Elabore una breve respuesta.
4. Lea con atención el siguiente texto y, luego, resuelva las consignas propuestas a continuación.

Paul Kammerer, un biólogo vienés de principios del siglo XX, sostuvo en 1909, haber realizado una serie de experiencias por medio de las cuales probaba la herencia de los caracteres adquiridos por el hábito.

*El caso se centró en sus trabajos con el llamado sapo partero, *Alytes obstetricans*, un animal terrestre.*

El macho carece del llamado “cepillo copulador”, una serie de callos en las manos y los antebrazos que, durante el acoplamiento en tierra, se adhieren al cuerpo de la hembra.

Pero hay muchas especies de sapos y ranas que se acoplan en el agua para reproducirse y sí poseen estos cepillos. Según un razonamiento bastante habitual en muchas personas, se puede decir que los anfibios acuáticos necesitan de estos cepillos, ya que sin ellos les resultaría difícil realizar el abrazo para la cópula y se resbalarían.

*Siguiendo con esta idea, *Alytes* no necesitaría de estos cepillos ya que su reproducción es terrestre.*

*Kammerer afirmó haber inducido a unos sapos parteros a reproducirse en el agua. Más aún, sostuvo que estos *Alytes* machos que se unían en el agua adquirirían los cepillos copuladores y que este carácter se transmitía a los descendientes.*

Investigaciones posteriores revelaron que los trabajos habían sido preparados y jamás se pudo comprobar que el sapo partero adquiriera esos cepillos.

- a. Explique, basándose en sus conocimientos, por qué el caso anterior no puede ocurrir en la naturaleza.
- b. Elabore una breve reflexión sobre la posibilidad de que los organismos puedan modificar sus cuerpos por necesidad cuando están en un ambiente.

Para comprender mejor el concepto de adaptación, analizaremos a continuación algunos aspectos señalados ya por Charles Darwin en su teoría sobre la evolución por selección natural. Darwin señala que:

- Los individuos que constituyen una población no son todos idénticos entre sí. Por el contrario, muestran variaciones, a veces muy pequeñas. Estas variaciones pueden estar dadas por el tamaño, la tasa de desarrollo, la respuesta a los cambios de temperatura, entre otras muchas.
- Por lo menos una parte de estas variaciones es hereditaria. En otras palabras, los descendientes reciben los genes de sus progenitores. De manera que al mismo tiempo que presenta variaciones, la descendencia muestra también una tendencia a compartir características con los progenitores.
- Todas las poblaciones tienen la potencialidad de poblar toda la Tierra.

Pero tener la capacidad potencial de hacerlo no significa que lo hagan. Más aún, no lo hacen.

- Los distintos individuos dejan un número distinto de descendientes.
- El número de los descendientes que deja un individuo depende, aunque no por completo, de la interacción entre el individuo y el ambiente.
- La selección natural consiste justamente en la reproducción diferencial (distinta) de los individuos dentro de una población. Aquellos organismos que poseen algunas características más favorables para sobrevivir y reproducirse nuevamente son seleccionados positivamente. Los organismos que no poseen tales características casi con seguridad, se extinguirán.

Podemos afirmar entonces que los organismos de una determinada generación están “adaptados” a sus ambientes por las generaciones anteriores. Es decir, las condiciones ambientales del pasado en las que vivieron sus antecesores funcionaron como un “filtro” para las características genéticas de cada grupo.

La palabra “adaptación” no supone de ninguna manera que los organismos tengan la “intención” de ajustarse a un ambiente, ni que puedan llegar a suponer cómo será ese ambiente en el futuro.

Por el contrario, los organismos no están preparados para el futuro y ni siquiera están, a pesar de lo que parezca, completamente adaptados a sus ambientes actuales.

Los organismos que viven en la actualidad son consecuencias del pasado y por lo tanto, tal vez sea más apropiado decir que ellos han sido adaptados (“filtrados”) por sus ambientes.

Una simulación de selección natural

A manera de ejemplo, le proponemos analizar mediante una experiencia sencilla cómo interviene la selección natural sobre una población a lo largo de las generaciones.

Intentaremos determinar cómo una característica genética perjudicial disminuye su frecuencia en la población en pocas generaciones.

Supongamos que partimos de una población de individuos **azules**.



Supongamos también que en esta población surge por azar un cambio genético (mutación). Dicho cambio genético hace que los individuos que lo presentan sean de color **rojo**.



En nuestra población hipotética aparece pues un individuo de color **rojo**. Si esta mutación es dominante y perjudicial (es decir, los individuos **rojos** tienen menos probabilidades de sobrevivir que los individuos **azules**), entonces, un individuo **azul** será genotípicamente nn, uno **rojo** será NN o Nn.

Veamos cómo evoluciona esta población compuesta por cinco individuos **azules** y un mutante **rojo** en sólo dos generaciones.

1. Para ello en primer lugar, debemos cruzar por parejas a los distintos individuos. Podemos hacerlo, por ejemplo, comenzando de izquierda a derecha y así cruzaremos a **1** con **2**, a **3** con **4** y a **5** con **6**.

A continuación tire el dado una vez para cada pareja, y el número que salga en cada caso indicará el número de descendientes que esa pareja tendrá.

2. Los hijos de padres **azules** serán sin duda **azules**, ya que: nn x nn da descendencia nn.

Pero, ¿qué ocurre con los hijos de la pareja formada por un individuo **azul** y otro **rojo**? nn x Nn dan hijos Nn y nn (suponemos que el progenitor **rojo** es Nn debido a que es más probable que la mutación haya ocurrido una vez).

Para ver si los hijos de la tercera pareja son **azules** o **rojos**, tiramos el dado nuevamente una vez para cada uno del total de hijos que le asignó a la pareja. Si sale 1, 3 o 5 (número impar) suponga que son **azules**, y si sale 2, 4 o 6 (número par) suponga que son **rojos**.

Como el resultado de cada tirada es al azar y existe la misma probabilidad de que en una tirada salga un número impar o par, podemos “comparar” este modelo-juego con lo que ocurre en la naturaleza.

Para continuar supongamos que al tirar por primera vez el dado salió un número impar y por lo tanto el individuo es **azul**. En la segunda tirada suponemos que salió un número par y por lo tanto el individuo es **rojo**.

Como dijimos, no todos los individuos tienen la misma probabilidad de supervivencia. Recuerde que el color **rojo** determina una menor probabilidad de supervivencia.

3. Ahora usaremos nuevamente el dado, pero esta vez para determinar las posibilidades de supervivencia de cada descendiente de las parejas anteriores.

Tiramos el dado para cada descendiente de las parejas armadas. Sólo el número 6 indica la muerte de los individuos **azules**. Es decir, que tienen 1/6 de probabilidades de morir. En el caso de los individuos **rojos**, las “reglas del juego” indican que ellos mueren si sale número par. De modo que tienen un 3/6 (1/2) de probabilidades de morir.

4. A continuación, analicemos qué sucede en la segunda generación (F2) de descendientes. Para ello, debemos repetir algunos de los pasos anteriores.

Comenzamos de izquierda a derecha como antes, armando las parejas que se cruzarán. Si algún individuo queda aislado, vamos a suponer que no se reproduce. Luego, tiramos una vez el dado para cada

pareja y al igual que antes, el número que resulte indicará la cantidad de hijos que tiene.

5. Ahora usamos el dado nuevamente. La primera tirada indicará si el individuo es **azul** o **rojo**. La segunda tirada indicará la posibilidad de supervivencia de cada uno. Consideremos una tabla posible (usted puede construir una semejante con sus propios resultados).

	Individuos normales (azules)	Individuos mutantes (rojos)	Totales
Población inicial	5	1	6
F1	11	1	12
F2	19	2	21

6. Luego de construir la tabla con las cantidades absolutas de cada tipo de individuos de la población, en las tres generaciones analizadas, construimos una nueva tabla, pero utilizando los valores porcentuales. En nuestro ejemplo, la tabla sería la siguiente:

	Individuos normales (azules)	Individuos mutantes (rojos)	Totales
Población inicial	83,33 %	16,67 %	100 %
F1	90,48 %	9,52 %	100 %
F2	91,66 %	8,33 %	100 %

Se puede observar cómo la frecuencia de individuos mutantes (en este caso medida en porcentaje) ha ido disminuyendo de generación en generación.

¿A qué se debe la disminución? Se trata del efecto de la selección natural que actúa disminuyendo la probabilidad de vida, y por lo tanto de reproducción de los individuos portadores de una mutación perjudicial (en el juego los individuos **rojos**).

7. Ahora, suponga que la mutación **roja** es muy perjudicial para los individuos que la portan. Es decir, los individuos que la poseen tienen muy pocas probabilidades de sobrevivir.

En el juego de dados, podríamos por ejemplo establecer que:

:... Los individuos **azules** (al igual que antes) mueren sólo si sale 6.

:... Los individuos **rojos** mueren si sale 2, 3, 4, 5 y 6. Como la mutación es muy perjudicial, los rojos sólo tienen una probabilidad entre 6 (1/6) de sobrevivir.

Recordemos que en la naturaleza también se presentan situaciones en las que los individuos portadores de cierta mutación tienen escasísimas probabilidades de sobrevivir. Cuando así ocurre, los biólogos afirman que existe una gran presión de selección.

Lo que sucede es que la velocidad con la que varían las frecuencias genéticas es muy alta.



ACTIVIDAD

5. Analice la siguiente situación y luego responda a la siguiente pregunta: ¿qué se debería esperar que ocurra con la frecuencia genética de los mutantes **rojos**? Supongamos que la mutación es ahora mucho más beneficiosa. Es decir, ante la ocurrencia de un cambio en el ambiente, los individuos **rojos** resultan en las nuevas condiciones mucho mejor adaptados.

POBLACIONES Y ESPECIES



ACTIVIDAD

6. Sobre la base de sus conocimientos, proponga una definición posible para el concepto de “especie”.

Podemos definir una **población** como un conjunto de individuos pertenecientes a la misma especie que ocupan un espacio en un tiempo determinado. Ahora bien, ¿qué es una especie?

Es sabido que de los gatos nacen sólo gatos, de los canarios, canarios, de los nogales se obtienen nueces que originarán nuevos nogales y de los perales, peras que darán otros perales.

Cuando decimos que un animal o una planta pertenecen a una especie, todos entendemos lo que queremos decir. Sin embargo, definir el concepto de especie no resulta sencillo. Podemos decir que son de la misma especie los individuos de características muy parecidas entre sí. Pero esto no es suficiente. Hay que hacer más precisiones.

Si decimos que son de la misma especie aquellos individuos de características muy semejantes y capaces de reproducirse entre sí, pareciera, en este caso, una definición más completa. Pero también hay complicaciones.

Sabemos que asnos y caballos pertenecen a especies distintas, y a pesar de ello, pueden reproducirse entre sí.

Entonces deberíamos puntualizar más la definición. Son de la misma **especie** aquellos individuos de características muy semejantes, capaces de reproducirse entre sí y que originan descendientes fértiles.

Esta es una definición más precisa, pero en algunos casos, también resulta falsa ya que existen individuos provenientes de especies diferentes que resultan fértiles, como ocurre en muchos vegetales.

Parece entonces, a pesar de las excepciones, que la definición de especie sólo tiene sentido para organismos con reproducción sexual cruzada. Pero la diversidad biológica contiene muchos grupos con reproducción asexual, donde cada ser vivo está aislado reproductivamente de los demás, incluso de los de su propia “población”.

Así muchas plantas, animales, hongos, protistas y bacterias no pueden ser incluidos en esta definición.

¿Qué hacer entonces? En nuestra opinión si bien el concepto de especie no resulta útil para agrupar a toda la diversidad biológica existente, constituye una buena herramienta conceptual para comprender muchas relaciones que se establecen entre los organismos que poseen reproducción sexual cruzada. Es decir, se puede emplear, pero sabiendo que la complejidad de la naturaleza no puede ser encasillada en una sola palabra.



ACTIVIDADES

7. Retome el listado de organismos de la Actividad 1.
 - a. Identifique el tipo de reproducción que presenta cada uno de ellos.
 - b. Consulte diferentes sitios de Internet y busque el nombre científico de cada especie y una breve referencia sobre el significado que tiene esta particular manera en que los científicos las designan.
8. Elabore un texto retomando los principales conceptos trabajados a lo largo de la unidad. Para llevar a cabo esta tarea, puede volver a leer cada uno de los títulos y los textos de cada apartado e identificar los conceptos y explicaciones principales.



La historia de las especies

Durante siglos, los hombres observaron, únicamente, que al reproducirse los individuos originaban otros individuos similares. Estas evidencias llevaron a los primeros naturalistas griegos a clasificar la gran diversidad de seres vivos en pocos grupos.

La palabra especie viene del latín *species* que significa forma, aspecto. Este criterio fue utilizado durante mucho tiempo en la historia de la humanidad.

Aristóteles dividió las plantas, según la altura, en hierbas, arbustos y árboles. A los animales los clasificó en sanguíneos y sin sangre (algo parecido a vertebrados e invertebrados).

Recién en el siglo XVIII, un naturalista sueco, Carl von Linneo, logró cierto éxito para organizar en grupos a los seres vivos. En el caso de los vegetales tomó en cuenta las características de las flores y los frutos. A los animales también los clasificó según la forma de reproducción.

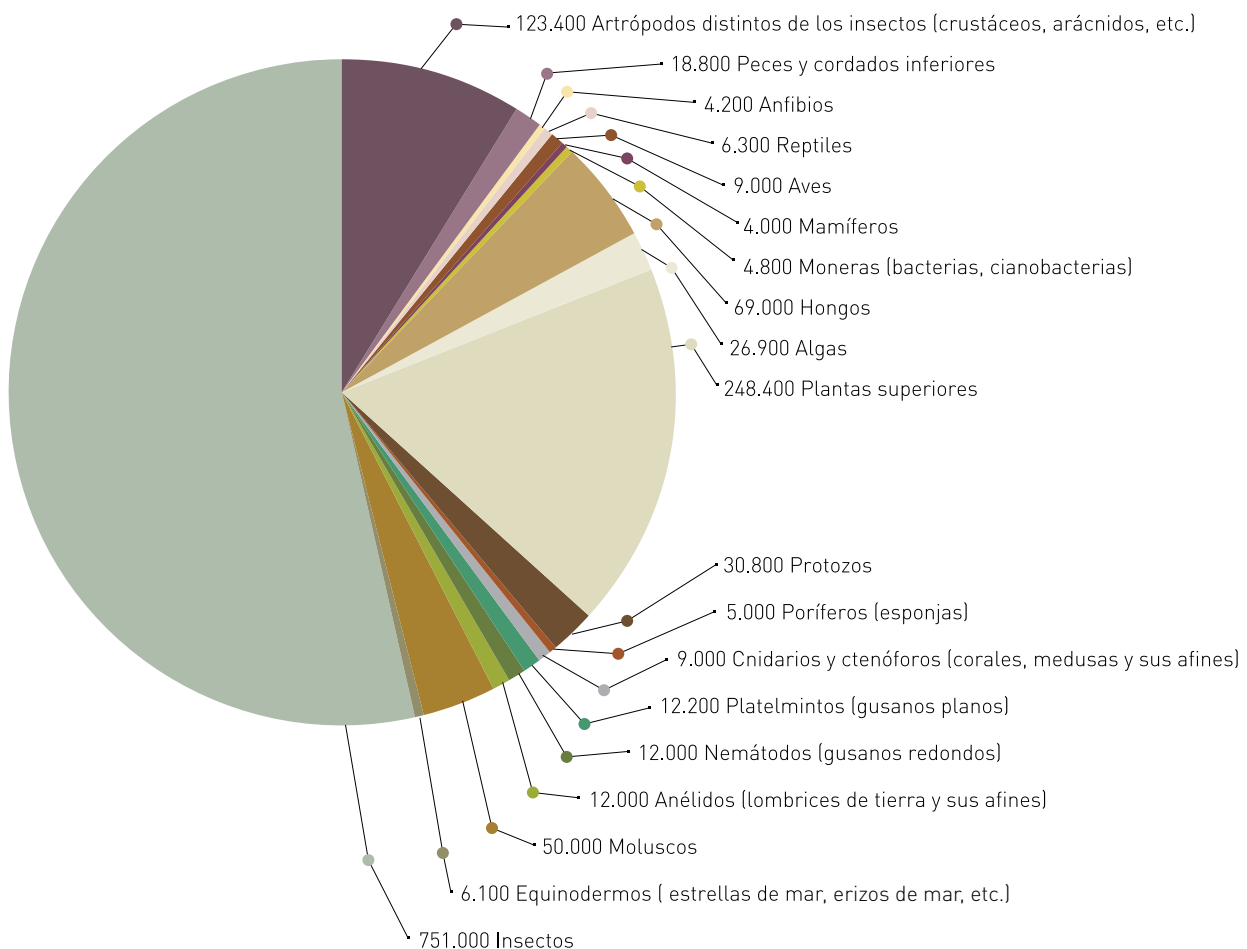
En el siglo XIX, un geólogo inglés, Richard Owen, propuso agrupar a los seres vivos en especies. Sostuvo que una especie es un grupo de seres vivos que se junta y aparea. La definición de especie se ajustó más y terminó describiendo como individuos pertenecientes a la misma especie a aquellos capaces de producir descendientes fértiles. Así, ya no sólo se agrupaban y apareaban sino que la descendencia que se originaba debía ser fértil.

LA BIODIVERSIDAD EN LA BIOSFERA

En biología se habla de **biodiversidad** para describir la variedad de seres vivos y ambientes que existen.

El concepto de especie permite agrupar y conocer gran parte de la biodiversidad. En la actualidad los científicos reconocen aproximadamente 1.400.000 especies, aunque se cree que resta por descubrir muchísimas más:

- 250.000 corresponden a plantas vasculares y musgos (otros cálculos indican que hay más de 700.000).
- 40.000 a vertebrados.
- 750.000 a insectos.
- El resto corresponde a los demás invertebrados, a los hongos y a los microorganismos.



Hay investigadores que estiman que la cantidad de especies existentes supera los 10.000.000, por lo que los biólogos sólo estarían conociendo a un 15 por ciento del total.



ACTIVIDAD

9. Teniendo en cuenta los diferentes datos sobre la biodiversidad conocida en la actualidad, elabore alguna explicación provisoria (que retomaremos en la próxima Unidad) sobre los tamaños relativos de cada grupo.

A MODO DE SÍNTESIS

A modo de síntesis de esta parte, podemos decir que lo que determina la eficacia biológica de un individuo en una población es la contribución que hace a las generaciones futuras. Los individuos más eficaces en una población son los que dejan un mayor número de descendientes, en relación con el número de descendientes de otros individuos (menos eficaces) de la población.

Pero ya vimos qué ocurre si hay un cambio en las condiciones ambientales. La selección natural favorece a los más eficaces entre los individuos reales de una población. Es decir, los favorecidos, son los más eficaces “por el momento”, o lo que es lo mismo, los que están adaptados “por el momento”. Si las condiciones se modifican, se modificará la situación de los individuos y otros podrán ser los eficaces.



ACTIVIDAD INTEGRADORA

Lea el siguiente texto y luego responda a la pregunta: ¿Los seres vivos, son perfectos? Justifica tu respuesta

Los seres vivos presentan rasgos que les permiten establecer una mejor relación con el ambiente y transmitir esa cualidad a la descendencia. ¿Corren más rápido? ¿Digieren sus alimentos aprovechándolos mejor? ¿Resisten mejor el frío o el calor? ¿Absorben más luz solar? El proceso de adaptación tiene la capacidad de modificar diseños anatómicos. Pero este proceso de “filtrado” no tiene un poder infinito. No es posible diseñar formas teóricamente óptimas para cualquier situación. Por ejemplo, no es posible que aparezcan animales con ruedas para correr más rápido y aprovechar mejor la energía. Los animales no “descubrieron” las articulaciones esféricas, aunque sí podemos encontrar ese modelo en el flagelo de las bacterias. La selección natural es un proceso histórico, que sólo actúa sobre el material disponible. Muchas veces aparecen “imperfecciones” que resultan montaje de las piezas disponibles en ese organismo en ese momento. Nuestro mundo no es un lugar óptimo, perfectamente ajustado a las fuerzas de la selección natural. Es un sistema complejo de relaciones.

UNIDAD 12

El origen de las especies

PROCESOS DE ESPECIACIÓN

Como vimos en la unidad anterior, las especies biológicas son poblaciones o conjuntos de poblaciones que comparten un reservorio de genes en común. Estos genes se encuentran separados de los genes de otras especies debido a que el flujo de genes está imposibilitado por **mecanismos de aislamiento reproductivo**.



Una primera definición de los **mecanismos de aislamiento reproductivo** (MAR) fue propuesta por el genetista Theodosius Dobzhansky (1900-1975) quien señalaba que la imposibilidad de flujo genético entre poblaciones se da debido a la existencia de barreras ambientales que lo impiden. Es decir, si dos poblaciones de rumiantes habitan en lugares separados, por ejemplo, por una cadena de altas montañas, no podrán encontrarse para reproducirse (aislamiento geográfico). Posteriormente, otra definición fue dada por uno de los biólogos más importantes del siglo XX, el alemán Ernst Mayr (1904-2005) que planteó que los mecanismos de aislamiento reproductivo incluyen solamente todos los impedimentos condicionados genéticamente para el intercambio de genes entre las poblaciones.



Ernst Mayr.



ACTIVIDAD

1. Responda a las siguientes preguntas.
 - a. ¿Qué diferencia encuentra entre ambas definiciones?
 - b. ¿Qué razón pudo llevar a Mayr a excluir el aislamiento geográfico de la definición?

Los mecanismos de aislamiento reproductivo abarcan una serie de situaciones diferentes. Los individuos de diferentes especies pueden no llegar a unirse por cuestiones temporales, espaciales, de conducta, entre otras, y así no se produce el cigoto. Estos mecanismos se denominan justamente **precigóticos**.

Por otro lado, existen casos en que se producen apareamientos entre individuos de diferentes especies pero los cigotos no llegan a desarrollarse o los híbridos no llegan al estado adulto. En este caso hablamos de mecanismos **postcigóticos**.

Presentamos a continuación, una clasificación de los MAR para conocer con más detalle la diversidad biológica y poder empezar a comprender el origen de las especies.

Antes del cigoto

- **Aislamiento ecológico:** ocurre cuando especies emparentadas, que ocupan el mismo territorio, no se aparean porque los individuos ocupan distintos ambientes.
- **Aislamiento temporal:** las especies ocupan el mismo territorio pero no se aparean entre sí porque cada una se reproduce en una época del año diferente, en distintas estaciones.
- **Aislamiento por conducta (etológico):** los miembros de diferentes especies que ocupan el mismo territorio no se aparean porque debido a factores de conducta, no se atraen o incluso se rechazan sexualmente. Entre este tipo de mecanismos se encuentran los patrones de cortejo de muchas especies animales, y también las señales químicas (feromonas) que emiten, por ejemplo, muchos insectos para reconocerse en el momento del cruzamiento.
- **Aislamiento mecánico:** los miembros de distintas especies pueden intentar aparearse pero la transferencia de células sexuales es impedida por diferencias en la forma o en el tamaño de los órganos reproductores.
- **Aislamiento gamético:** las células sexuales de organismos de fecundación externa de diferentes especies no se unen porque poseen distintos mecanismos de atracción química.
- **Aislamiento por incompatibilidad:** los individuos de diferentes especies con fecundación interna pueden aparearse pero la fecundación es impedida porque las gametas no logran mantenerse vivas en el cuerpo de la hembra.



ACTIVIDAD

2. Luego de leer la descripción del siguiente experimento, intente responder a las preguntas que se formulan.
Se observó que existían plantas de diente de león en zonas de llanura con características muy diferentes de otras que crecían en las zonas montañosas. Se quiso averiguar si la variación era de origen genético o ambiental. Para ello se tomó una planta joven de diente de león y se dividió en dos mediante un corte longitudinal. Una de las dos mitades fue transplantada a una zona

de alta montaña y la otra se plantó en la llanura. Las plantas se desarrollaron en forma totalmente distinta. La de montaña era pequeña, con escasas hojas y flores diminutas. La de llanura creció con raíces bien desarrolladas, hojas grandes y gran cantidad de hojas.

Las semillas resultantes de ambas plantas, se plantaron en el mismo sitio que habían crecido las progenitoras durante varias generaciones. Se obtuvo siempre el mismo tipo de desarrollo.

Finalmente, se plantaron semillas de las plantas de montaña en la llanura y viceversa.

Las plantas en la llanura se desarrollaron muy bien, mientras que en la montaña fueron mucho más pequeñas.

- a. ¿Qué cuestión principal se estuvo investigando en este experimento?
- b. ¿Existe algún tipo de aislamiento reproductor entre las plantas de montaña y de llanura que las hace crecer tan diferentes?
- c. ¿A qué conclusiones se puede llegar con este experimento?

Después del cigoto

- **Inviabilidad de los híbridos de la primera generación.** Los híbridos de la F1 son eliminados total o parcialmente después de la formación del cigoto (mortalidad cigótica), durante el desarrollo embrionario (mortalidad embrionaria), o en cualquier momento posterior del desarrollo antes de alcanzar la madurez sexual. Por ejemplo, los embriones híbridos de cabra y oveja mueren en las primeras etapas de su desarrollo.
- **Esterilidad genética de los híbridos.** Los híbridos alcanzan a completar su desarrollo y pueden llegar a ser adultos, pero son estériles porque los genes de las dos especies no pueden interactuar durante el desarrollo del híbrido. En la formación de las células sexuales aparecen alteraciones antes, durante o después de la meiosis. Por ejemplo, el híbrido que se forma entre el asno y caballo es la mula. Estos híbridos son viables pero estériles ya que sus gónadas no se desarrollan.
- **Esterilidad cromosómica.** Los híbridos alcanzan a completar su desarrollo y pueden llegar a la madurez pero son estériles porque las diferencias en el número y/o en la estructura de los cromosomas paternos determinan alteraciones en el apareamiento de los cromosomas durante la meiosis que producen gametos aneuploides (variación numérica en cromosomas individuales). Por ejemplo, el rábano común y la col presentan 18 cromosomas en su cariotipo, de modo que ambas plantas producen gametas $2n = 9$. Cuando se cruzan ambas plantas se obtiene un híbrido de 18 cromosomas, pero los dos genomas no son compatibles durante la meiosis y las gametas presentan un número variable de cromosomas (varían entre 6 y 12) en lugar de tener 9. Como resultado no es posible la formación de polen, ni ovocélulas y las plantas híbridas son estériles.

- **Segunda generación híbrida.** Los híbridos de la primera generación llegan a adultos fértiles, pero su descendencia directa o por la descendencia producto de cruzamientos con las formas originales, presenta una reducción o anulación de la viabilidad o de la fertilidad. Por ejemplo, en vegetales se han observado muchos casos de deterioro de los híbridos. Entre tres especies de algodón, se forman híbridos viables y fértiles en la primera generación, pero en la segunda los híbridos mueren (ya sea en etapa de semilla o de plántula) o bien producen plantas muy debilitadas.



ACTIVIDAD

3. Analice los siguientes casos y luego indique si las especies de cada uno de ellos están aisladas reproductivamente. Explique sus respuestas señalando los MAR implicados.
 - a. Tres especies tropicales del género *Dendrobium* florecen por un solo día. Las flores se abren al alba y se marchitan al atardecer. La floración se desencadena frente a ciertos estímulos meteorológicos tales como una tormenta repentina o un pico de temperatura. Los mismos estímulos gatillan la floración en las tres especies, pero el período que transcurre entre el estímulo y la floración es de ocho días en una especie, de nueve en la segunda y de diez en la tercera.
 - b. El grupo de mosquitos *Anopheles* incluye varias especies, algunas de las cuales están involucradas en la transmisión de la malaria. Estas especies son indistinguibles por su forma y por eso se tardó mucho en reconocerlas. Sin embargo, nunca se cruzan porque habitan en ambientes muy específicos. Una se desarrolla en aguas salobres, otra en aguas dulces y otra en pequeños charcos.
 - c. Dos especies de sapos, *Bufo americano* y *Bufo fowleri*, se reproducen en primavera. Un poco antes lo hace *Bufo fowleri*, pero la temporada reproductiva se superpone algunos días. Ambas especies viven en ambientes distintos. *B. a mericano* vive en bosques, y *B. fowleri* vive entre los pastos. En territorios con poca alteración por la actividad humana, ambas especies nunca se cruzan. Sin embargo, la destrucción de bosques y el uso intensivo de tierras agrícolas ha producido ambientes que son tolerados por las dos especies. Así, se han establecido zonas de contacto en las que se pueden cruzar y producir algunos híbridos viables y fértiles entre ambas.
 - d. *Triatoma platensis* y *Triatoma delpontei* son dos especies americanas de vinchucas. Estas dos especies nunca se cruzaban en la naturaleza. La primera parasitaba aves y la segunda solamente se encontraba en nidos de cotorras. Cuando se comenzó con la cría de aves de corral, ambas especies comenzaron a parasitar gallinas y, en este nuevo hábitat se pudieron encontrar y comenzar a producir híbridos viables y fértiles. Estos híbridos que son a su vez interfértiles, constituyen una nueva especie llamada *Triatoma infestans*, que resultó uno de los principales vectores del mal de Chagas-Mazza en seres humanos.

¿CONSECUENCIA O FACTOR DETERMINANTE?

Siguiendo la definición habitual de especie que como vimos en la unidad anterior, presenta dificultades para aplicarse a la totalidad de los grupos de seres vivos, pudimos ver cómo se establece el aislamiento reproductor entre dos poblaciones.

En la actualidad, muchos biólogos discuten si estos MAR constituyen el factor que desencadena la aparición de nuevas especies o, por el contrario, esta aparición es una consecuencia de la diferenciación producida por la selección natural que puede ocurrir entre dos poblaciones. En esta cuestión, una de las claves es cuánto tiempo hace falta para que se origine una nueva especie. Analicemos algunos ejemplos:

- A. **Aislamiento reproductor como causa.** En poblaciones pequeñas y aisladas puede ocurrir que los cambios genéticos logren ser fijados rápidamente (proceso conocido como deriva genética). Por ejemplo, si el cambio en los genes que se ha fijado (es decir, incorporado al reservorio genético de la población) es un nuevo reordenamiento cromosómico, un nuevo patrón de apareamiento o un cambio temporal del período reproductivo, puede resultar que la población quede aislada reproductivamente de otras poblaciones de la misma especie. Por lo que en el supuesto caso de que por alguna razón se juntara en algún momento con otra población, la reproducción no sería posible.
- B. **Aislamiento reproductor como consecuencia.** Cuando dos poblaciones están separadas por largo tiempo y se diferencian genéticamente, debido a los ajustes que realizan a sus entornos locales, el aislamiento reproductivo puede establecerse como una consecuencia de la divergencia (separación). Ello puede ocurrir debido a que la gran cantidad de diferencias acumuladas en los genomas de los individuos de ambas poblaciones, hacen imposible el cruzamiento y no serán compatibles ni producirán híbridos.

En biología, luego de procesos de este tipo decimos que se ha formado una nueva especie, y como consecuencia de su aislamiento genético, se inicia un proceso de diferenciación. En este caso, el mecanismo de aislamiento reproductor es el punto de partida de la divergencia, no el resultado.



ACTIVIDADES

- 4. Comente con sus compañeras y compañeros en cuánto tiempo creen que puede ocurrir la especiación en cada uno de los ejemplos anteriores.
- 5. Organice toda la información de este punto en un resumen integrador, un cuadro o un esquema conceptual, que le permita estudiar luego y sobre todo identificar sus propias dudas y avances. Consulte con su profesor tutor.

Como vemos, existen ejemplos para las diversas posturas sobre el estudio de la naturaleza. Los biólogos, sin embargo, discuten cuál de estas modalidades es la más representativa ya que de acuerdo al tipo de especiación (gradual o rápida) es posible escribir por lo menos dos versiones de la historia de la vida. Hacia el final de la Unidad retomaremos esta cuestión.

MODELOS PARA EL ORIGEN DE LAS ESPECIES

En biología evolutiva se han propuesto muchos modelos para explicar el proceso de especiación, esto es la aparición de nuevas especies. Por lo general, estos desarrollos se han elaborado a partir del estudio de casos concretos particulares.

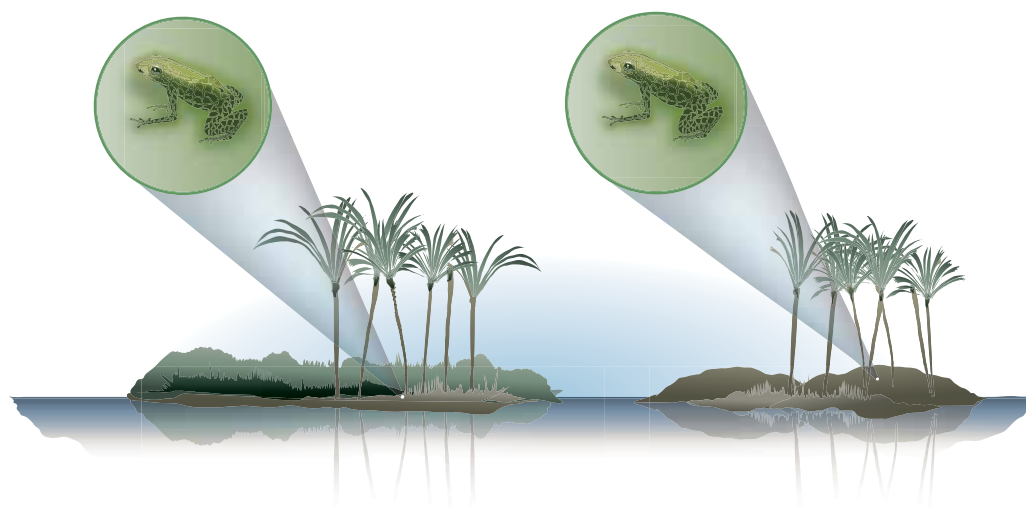
Aunque algunos de estos casos están muy bien determinados, muchas veces no resulta posible generalizar una explicación y aplicarla a muchos otros casos debido a la dificultad para establecer las comparaciones.

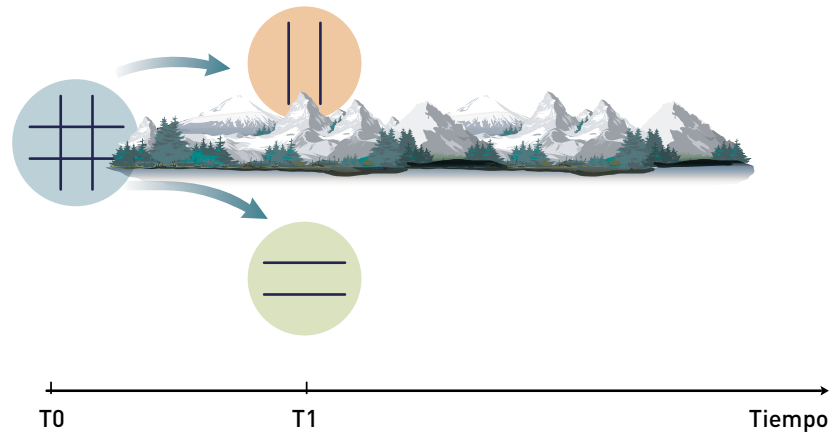
Como verá, en biología no hay una única respuesta. La naturaleza es compleja y por lo que sabemos, existen muchas alternativas para el surgimiento de una nueva especie.

De todos modos, contamos con algunos modelos capaces de representar algunas vías posibles que sigue el proceso de especiación.

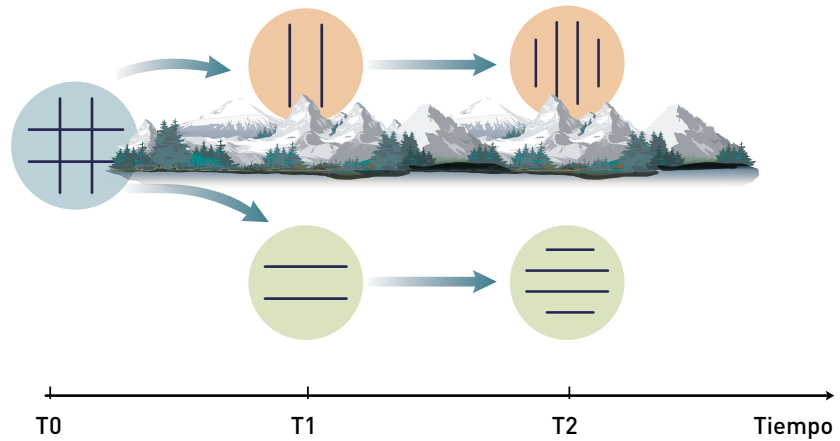
Así, de acuerdo con el modo en que se establecen los MAR, la magnitud de tiempo involucrado en la especiación y el papel de la selección natural en la divergencia, los procesos de especiación pueden ser clasificados en dos categorías centrales: la especiación por divergencia y la especiación cuántica.

1. **Especiación por divergencia** (se corresponde con el caso de “aislamiento reproductor como consecuencia” que hemos visto con anterioridad). Para comprender este proceso podemos establecer en nuestros ejemplos algunas etapas que conducen al surgimiento de una nueva especie:
 - a. Se forma una barrera geográfica que divide una población original en dos subpoblaciones. Los individuos que viven a uno y otro lado pueden potencialmente reproducirse, pero la barrera lo impide.

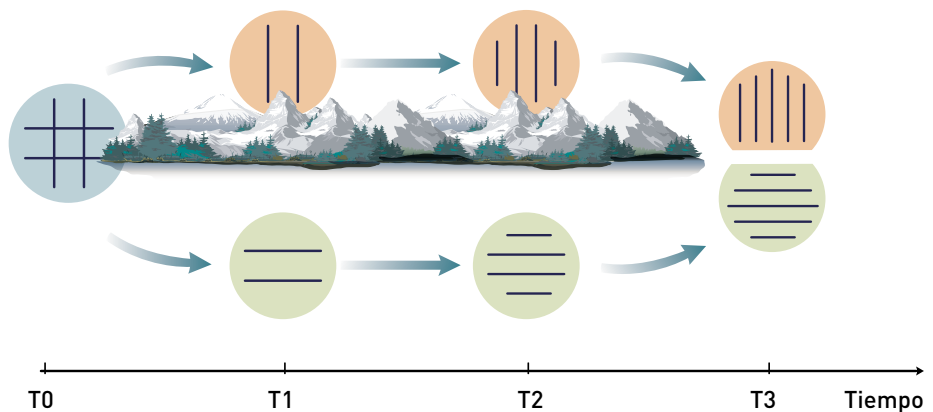




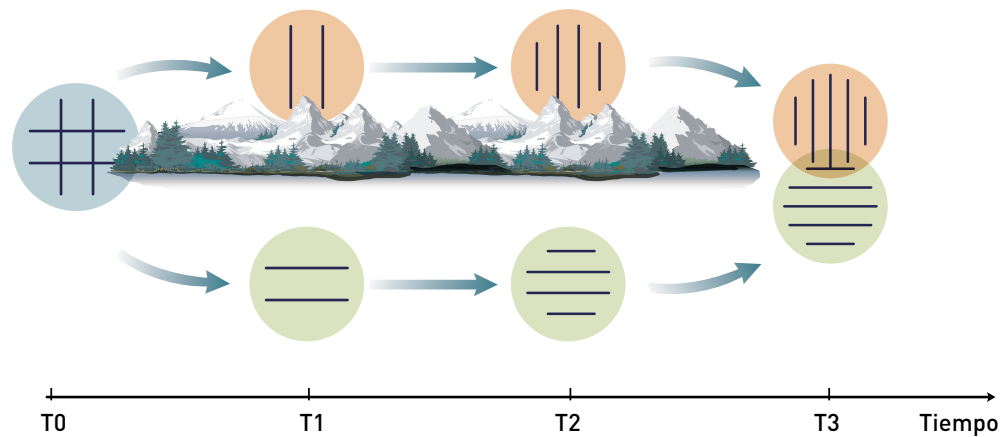
- b. Ante la interrupción del flujo génico, puede ocurrir un proceso de diferenciación genética si los seres vivos, las condiciones y los recursos de ambas subpoblaciones, difieren al menos, ligeramente. Como consecuencia de ello, la selección natural puede actuar de modos diferentes a ambos lados de la barrera y, las subpoblaciones irán divergiendo.



- c. Una vez que transcurre tiempo suficiente como para que las dos poblaciones sean tan diferentes que, aun cuando la barrera desapareciera, los individuos de ambas poblaciones no podrían cruzarse entre sí. En este punto, puede considerarse que las dos poblaciones son dos grupos reproductores distintos, de manera que se han formado dos nuevas especies.

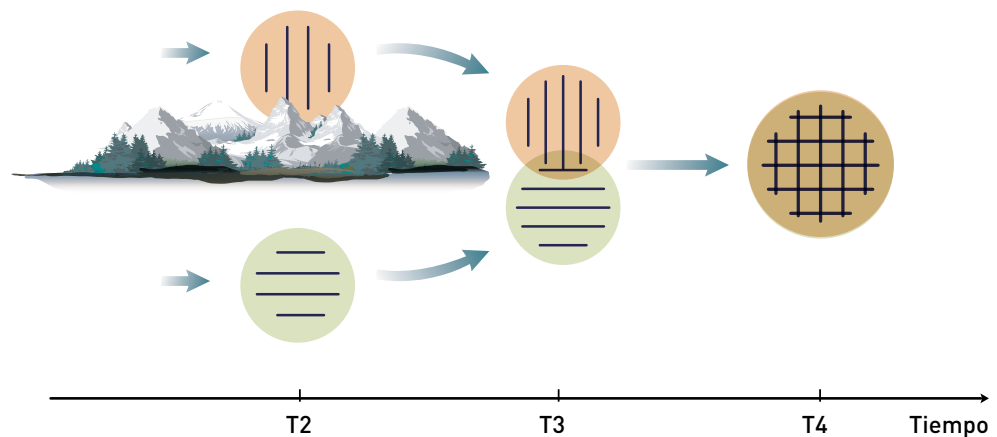


- d. Puede ocurrir una situación alternativa a la anterior. Si al desaparecer la barrera geográfica, las poblaciones no se han diferenciado lo suficiente y al entrar en contacto producen híbridos.

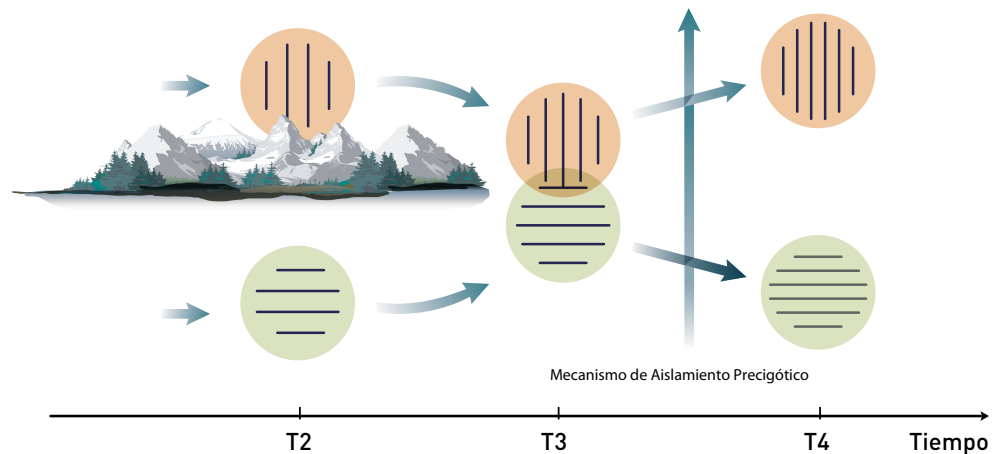


En este caso, el futuro proceso estará dado por las características de los híbridos. En esta situación pueden darse dos alternativas:

d.1. Que en las nuevas condiciones, los híbridos resulten más eficaces que los individuos de las poblaciones originales. En este caso, las poblaciones se pueden fusionar y se formará una nueva especie híbrida.

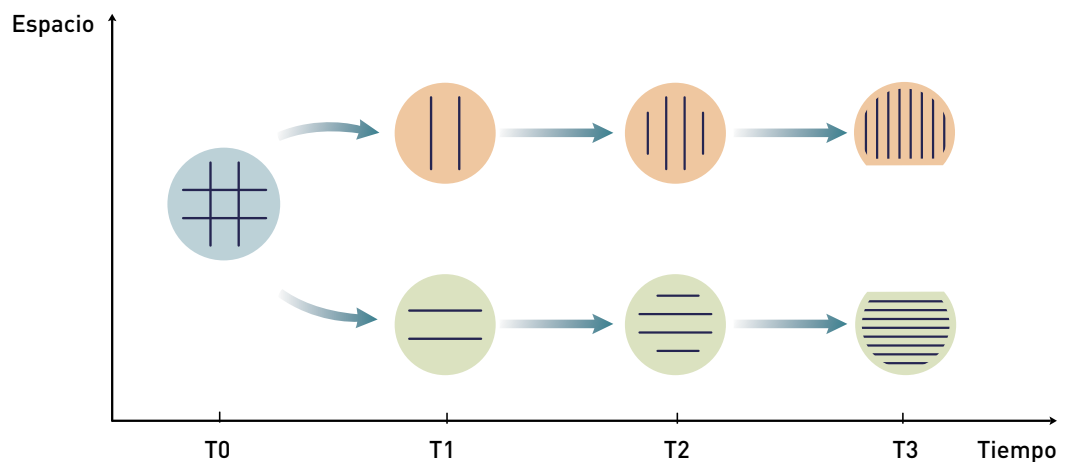


d.2. Que los híbridos presenten una desventaja respecto de los individuos de la población original. En este caso, se deduce que, como consecuencia de la divergencia, ya se ha establecido un mecanismo de aislamiento reproductivo postcigótico. Probablemente, la selección natural favorecerá aquellas características vinculadas con el surgimiento de un mecanismo de aislamiento precigótico que impida la formación de híbridos y el proceso de especiación se reforzará hasta completarse.

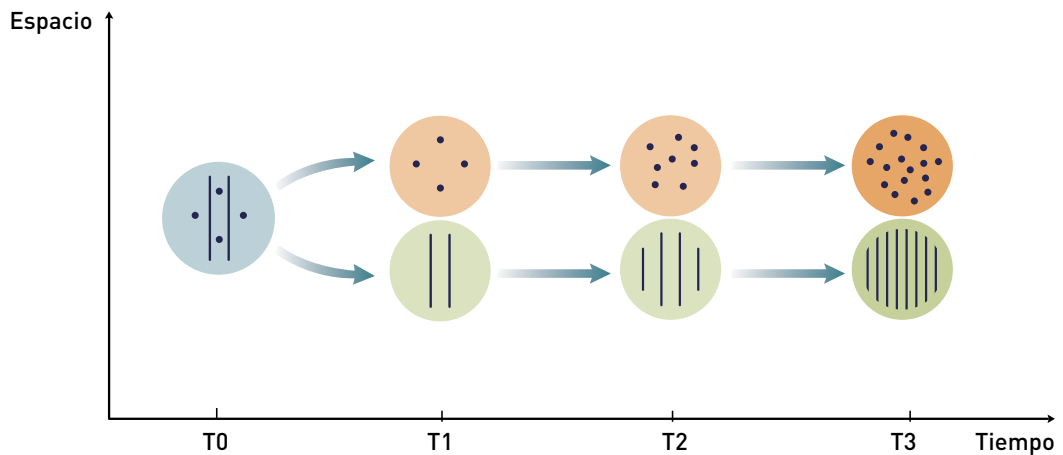


De acuerdo con la distribución geográfica y la intensidad del flujo genético entre las poblaciones involucradas, la especiación por divergencia puede ocurrir con diferentes modalidades: especiación alopátrica, especiación parapátrica y especiación simpátrica.

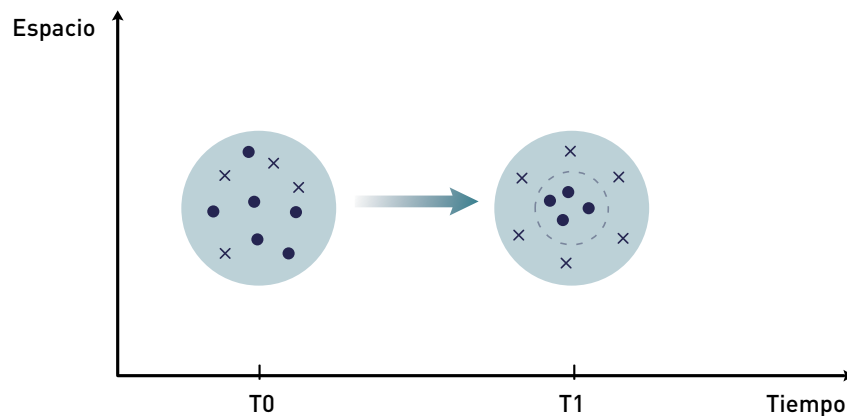
- **Especiación alopátrica.** El caso más frecuente parece ser el analizado anteriormente: dos poblaciones están en territorios separados por una barrera que impide el flujo génico y van divergiendo hasta convertirse en especies diferentes. Este modelo se conoce como **especiación alopátrica**. Por ejemplo, el proceso de especiación de los pájaros pinzones en las Islas Galápagos, constituye un caso típico de especiación alopátrica. El mar es la barrera que impide el flujo genético entre las poblaciones del continente y de las diferentes islas, que se han ido diferenciando hasta constituir 13 especies distintas.



- **Especiación parapátrica.** Otro caso es el de la especiación entre poblaciones vecinas que puede ocurrir sin que se establezca una barrera. La diferenciación se produce si existen diferencias marcadas entre los distintos territorios vecinos. Cuando el proceso de divergencia ocurre entre poblaciones que se encuentran ocupando ambientes contiguos, se trata de **especiación parapátrica**.



- **Especiación simpátrica.** También puede suceder que el proceso de especiación ocurra dentro de un mismo territorio. Esto puede darse si en una población existen dos o más formas fenotípicamente distintas para un carácter (característica transmitida por los genes, ejemplo: color de las flores), fenómeno conocido como polimorfismo. En este caso, los individuos portadores de cada una de las variantes se aparean preferentemente con individuos que también la presentan. Luego de varias generaciones, es posible que las dos formas acumulen diferencias y queden aisladas reproductivamente. Aquí, si bien no existe una barrera geográfica, existe una barrera ecológica (una diferenciación de hábitats dentro de un mismo territorio). Cuando el proceso de especiación ocurre dentro de una misma población se denomina **especiación simpátrica**.



2. **Especiación cuántica** (que se corresponde con el caso de "aislamiento reproductor como causa"). Este tipo de especiación ocurre de manera mucho más rápida y abrupta que la divergencia. Comentaremos dos modelos que ilustran este proceso: la especiación peripátrica y la especiación por poliploidía.
 - a. **Especiación peripátrica:** en este modelo ocurre que un pequeño número de individuos forma (funda) una nueva población con una particular

configuración genética, diferente a la original. Esta situación se puede deber por ejemplo a una fluctuación conocida con el nombre de “cuello de botella”.

Este efecto se produce cuando se verifica una reducción drástica del tamaño de una población, debido a un cambio brusco en el ambiente (biótico o abiótico). Este proceso provoca que los pocos sobrevivientes de la población original no tengan probablemente genes representativos de toda la población. Si estos individuos no se extinguen y logran propagarse, formarán una nueva población cuya composición genética será distinta a la de la población anterior. Es muy frecuente que después de pasar por el “cuello de botella”, la variabilidad se vea muy reducida.



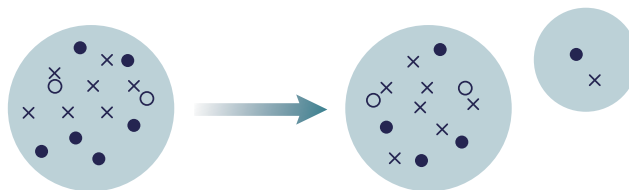
ACTIVIDAD

6. Lea el siguiente texto y responda a la pregunta: ¿Qué consecuencias puede tener para la población de elefantes marinos la pérdida de variabilidad?
Entre 1820 y 1880, el elefante marino fue objeto de caza indiscriminada en las costas de California y estuvo a punto de extinguirse. Sobrevivieron unos 20 individuos. Un siglo después, en 1984, la especie fue protegida legalmente y llegó a más de 30.000 individuos. Parecía un resultado alentador, pero cuando se estudiaron 125 cachorros se observó que eran homocigotas. Este resultado muestra una pérdida de variabilidad.

También es posible que ocurra la especiación peripátrica si migra y queda aislada una pequeña cantidad de individuos que fundan una nueva población en un área marginal.

Las poblaciones de muchas especies que actualmente viven en islas o también en lagos, aunque hoy tengan miles de integrantes, son descendientes de muy pocos colonizadores que llegaron accidentalmente.

En este proceso se funda una nueva población a partir de una pequeña muestra inicial que presenta parte de la diversidad genética original, no toda. Si permanecen aislados mucho tiempo, probablemente originen una nueva especie. Este proceso se designa con el nombre de “efecto fundador”.





ACTIVIDAD

7. Lea el siguiente texto y luego responda a las preguntas planteadas. Para ello, puede basarse en alguno de los casos de especiación mencionados anteriormente.

Los Amish son un grupo religioso de Pennsylvania que vive en una comunidad cerrada, y se hicieron famosos a partir de la película “Testigo en Peligro” con Harrison Ford. En esta población, existe una frecuencia muy alta de un alelo recesivo que en estado homocigota produce una combinación de enanismo con presencia de dedos supernumerarios. Desde que este grupo fue fundado, se registraron 61 casos, casi tantos como en todo el resto de la población mundial. Se calcula que el 13% de los integrantes de la población son portadores de este alelo raro.

La colonia de Amish que descende de pocos individuos que llegaron a Pennsylvania, tiene actualmente unos 17 mil miembros y se ha mantenido casi aislada desde su llegada.

- ¿Cómo se podría explicar la alta frecuencia del alelo recesivo raro?
- ¿Con el tiempo, los Amish podrían constituir una nueva especie, diferente al *Homo sapiens*?

En todos estos casos, las nuevas poblaciones son diferentes en sus frecuencias génicas a la población original. Además, por tratarse de poblaciones pequeñas, nuevas variantes génicas podrían fijarse de manera azarosa. Como vemos, un cambio importante en la composición genética puede traer aparejado el aislamiento reproductivo de la nueva población y establecer una nueva especie.

- b. **Especiación por poliploidía:** en ocasiones se puede producir una duplicación completa del genoma por unión de gametas en las que no se reduce su número cromosómico. De este modo se forman individuos poliploides ($3n$, $4n$, etc.). En estos casos se puede originar una nueva especie ya que los individuos no pueden cruzarse con las poblaciones parentales. Este proceso es un tipo de especiación instantánea que ocurre a partir de un evento único.

En animales, la especiación por poliploidía es rara debido a que se modifica la cantidad de cromosomas que determinan el sexo. Pero existen algunos ejemplos en especies hermafroditas como caracoles, lombrices de tierra y planarias. También en animales con hembras partenogenéticas (capaces de producir descendencia viable sin previa fecundación), como ocurre en algunos escarabajos, peces y salamandras.

En plantas, este tipo de especiación parece bastante frecuente. Aparentemente el 50 por ciento de las plantas con flor (angiospermas) son poliploides. En muchos casos, los poliploides difieren fisiológicamente de las especies originales y pueden, por ello, colonizar ambientes con nuevas condiciones y recursos.



ACTIVIDAD

8. Analice la siguiente información y luego resuelva las actividades propuestas. La cantidad de nuevas especies que se producen en una determinada unidad de tiempo dentro de un linaje, es decir, la tasa de *especiación* varía mucho entre diferentes grupos de organismos. También varía el tiempo requerido para que ocurra este proceso. Desde un momento (como en la poliploidía) hasta millones de años en procesos de divergencia lenta. Los factores que se relacionan con una alta tasa de especiación son:
- El ambiente heterogéneo con múltiples barreras.
 - Alta capacidad de dispersión de la especie que le permite colonizar amplios territorios.
 - Especialización ecológica.
 - Fluctuaciones importantes del tamaño de la población.
- a. Elabore una explicación acerca de por qué cada uno de estos factores influye en una especiación intensa.
- b. Si comparamos la aparición de dos especies resultantes, una por especiación divergente y la otra por especiación cuántica, ¿qué semejanzas y qué diferencias podemos encontrar?

¿DÓNDE VA LA EVOLUCIÓN DE LAS ESPECIES? UN ANÁLISIS SOBRE LOS MODOS EN QUE VEMOS LA NATURALEZA

A lo largo de los siglos, las personas inclinadas al conocimiento de la naturaleza han intentado describir y clasificar el medio natural. Los primeros sistemas de clasificación u ordenación reflejaban ideas con fuertes influencias providencialistas.

Un elemento característico de esta visión está relacionado con la dirección que presentan los acontecimientos de la historia del Universo. La concepción bíblica de la historia supone un sentido y una orientación: hubo una creación y habrá un fin para todas las cosas, pero además el proceso tiene un carácter necesario por reflejar el plan divino.

A fines del siglo XVII y principios del XVIII se empezó a sospechar sobre la posibilidad de que la Tierra no constituyera un medio uniformemente estable. Se introdujo el moderno sistema de clasificación de las especies formando grupos por su "afinidad". Pero rara vez se pensó que tal afinidad implicara descendencia de un ancestro común. Es decir, el proyecto partió del supuesto de que las especies son eternamente fijas y el modelo desarrollado mostraba relaciones inmutables. No era posible pensar en un mundo cambiante.

Cuando los naturalistas del siglo XVIII se enfrentaron a la posibilidad de que las cosas cambiaran con el paso del tiempo, con frecuencia redujeron al

mínimo estas inquietantes consecuencias. A pesar de las clasificaciones en marcha, se consideró que la naturaleza presentaba una continuidad absoluta entre las formas vivas.

El principio de continuidad utilizado estaba asociado a la concepción aristotélica de la “gran cadena del ser” e implicaba que no había una división nítida entre los minerales y los seres vivos más simples. El pensamiento mecanicista de entonces, apoyaba esta noción al considerar a plantas y animales como “montajes” complejos de partes materiales. Por lo tanto los animales y las plantas podían ser clasificados de la misma manera que las piedras.

Hasta principios del siglo XX se clasificaban los elementos de la naturaleza en tres reinos: animal, vegetal y mineral. En la actualidad, como vimos, hay consenso en considerar cinco reinos para clasificar la biodiversidad.

Esta visión estática del mundo de fines del siglo XVII y principios del XVIII fue cada vez más cuestionada a medida que se consolidaba el desarrollo de la ciencia.

LA NATURALEZA Y LOS MÉTODOS

La *Escala de la Naturaleza* fue mayoritariamente aceptada hasta mediados del siglo XVIII. Podemos decir que con la llegada de Carl von Linneo (1707-1778) un célebre naturalista sueco, esta situación comenzó a cambiar.

Mediante la paciente tarea realizada en la confección de su monumental obra llamada el “Sistema Natural” consiguió aclarar algunas incógnitas al clasificar en base a semejanzas la realidad natural. El inglés Charles Darwin (1809-1882) aclararía algunas otras al establecer la base explicativa del orden natural en una teoría de la transformación evolutiva.

Carl von Linneo.



Linneo desarrolló un sistema de clasificación para todos los organismos (conocido como sistema de nomenclatura binomial, todavía en uso). Entre los nombres que propuso para los seres vivos, podemos destacar al de nuestra propia especie *Homo sapiens* (“Hombre sabio”) que parece referir más a un desafío que a una descripción.

Ahora bien, si Linneo hubiera simplemente reunido y codificado toda la información desorganizada que hacía tiempo se iba acumulando, entonces podríamos decir: “¿y con eso qué?, alguien tenía que acabar haciéndolo”. Linneo vivió en el momento oportuno, y tuvo la suerte de poseer la combinación adecuada de rigor y sentido del orden. Pero Linneo no sólo codificó, desenmascaró. Su sistema no sólo reunía, sino que sustituía a un principio de organización (criterio de clasificación) que, hasta entonces se había escapado a la vista.

Linneo produjo conocimiento de la naturaleza a dos niveles:

- En primer lugar, porque designó las especies como unidades básicas y estableció principios para su definición y nomenclatura uniformes.
- En segundo lugar, porque organizó las especies en un sistema de clasificación más amplio basado más en la búsqueda de “orden natural” que en la preferencia o conveniencia humanas.

El método binomial de Linneo se ha utilizado, desde su *Systema Naturae* (primera edición publicada en 1735, edición definitiva de la taxonomía animal en 1758), como la base oficial para dar nombre a los organismos. Linneo confirió a cada especie un nombre de dos palabras (por ello binomial), que es el identificador único y distintivo de una especie. El primer nombre (que se escribe con la inicial mayúscula) representa el género, y puede estar compartido con otras especies estrechamente emparentadas, y el segundo (llamado nombre específico, trivial o común, que se escribe con minúscula), es el identificador único y distintivo de una especie. Por ejemplo, perros y lobos residen en el género *Canis*, pero cada uno de ellos ha de tener un nombre trivial distinto para designar a la especie: *Canis familiaris* y *Canis lupus*, respectivamente.

El nombre linneano de las especies no es una descripción, sino un identificador, para seguir la pista y conferir un nombre distintivo a cada entidad natural. Cualquier sistema general basado en millones de objetos únicos ha de utilizar un mecanismo de este tipo, Linneo comprendió finalmente que había producido un principio necesario y fundamental de nomenclatura. Pero fue la definición de las especies que hizo Linneo, y no su mecanismo para darles nombre, lo que produjo el cambio que desenmascaró a la naturaleza. Porque la definición de Linneo rompió el artificio de los sistemas basados en las necesidades de los seres humanos con unidades básicas.

En la práctica, Linneo clasificó sus plantas por la forma, el número y disposición de sus órganos de fructificación (androceo y gineceo). Durante toda su vida, Linneo buscó un *methodus naturalis*, o “método natural”, que captara la disposición natural de los seres vivos en su jerarquía de nombres. Hoy sabemos que no lo consiguió.

Las clasificaciones que estuvimos estudiando hasta ahora son conocidas con el nombre de *hacia abajo* y fue el método de clasificación predominante en los tiempos de apogeo de la botánica medicinal, durante y después del Renacimiento. Su principal propósito era la identificación de diferentes tipos de plantas y animales. En aquella época, el conocimiento de las especies botánicas y zoológicas se encontraba aun en una fase inicial, a pesar de lo cual, ese saber, era imprescindible para identificar correctamente la planta que poseía las propiedades curativas conocidas.

La **clasificación hacia abajo**, como vemos, procede dividiendo grupos grandes en subgrupos, mediante un método de división utilizado ya por Aristóteles. Los animales pueden tener sangre caliente o no; con esto se obtienen dos clases. A su vez, los animales de sangre caliente pueden tener pelos o plumas, y cada una de las clases resultantes (mamíferos y aves) se puede subdividir a su vez por el mismo proceso de dicotomía, hasta llegar a la especie concreta a la que pertenece el ejemplar que se quiere clasificar.

	Periodo	Propósito principal	Método de clasificación	Algunos representantes
CLASIFICACIÓN HACIA ABAJO	Siglo XV hasta el siglo XVIII	Identificación de animales y plantas (propiedades curativas)	Dicotómica: división de grandes grupos en dos subgrupos y cada subgrupo en dos subsubgrupos y así sucesivamente.	Linneo



ACTIVIDADES

9. Sintetice los aportes realizados por Linneo.
10. ¿A qué se refiere el texto cuando se habla de desenmascarar?
11. Intente establecer semejanzas y diferencias de la propuesta de Linneo con las clasificaciones que se venían desarrollando hasta ese momento.
12. Retome los organismos de la lista que realizó en la actividad 1 de la unidad 11 y haga una clasificación *hacia abajo*, definiendo diferentes criterios.

El principio de clasificación hacia abajo dominó la clasificación hasta finales del siglo XVIII, y se refleja en las claves y clasificaciones propuestas por Linneo. Todavía se utiliza este método en guías de campo y en las claves de muchos estudios, aunque ya no se lo llama “clasificación” sino identificación.

Como es natural, la gente reconocía desde siempre grupos naturales como los peces, los reptiles, los helechos, los musgos y las coníferas. A finales del siglo XVIII hubo algunos intentos de sustituir el sistema de Linneo, por un sistema “más” natural, basado en similitudes y relaciones observadas en los organismos. Pero no se sabía a ciencia cierta cómo determinar dichos criterios. Con el tiempo, el método de clasificación hacia abajo cayó en desuso. A principios del siglo XIX reaparece una variante: las llamadas clasificaciones con propósito especial.

Estas clasificaciones no se basaban en la totalidad de los caracteres de los seres vivos, sino que, en función de su propósito especial, se basaban sólo en unos pocos caracteres, a veces sólo uno. Por ejemplo, atendiendo a su utilidad culinaria, los hongos se podían clasificar en comestibles y no comestibles (o venenosos).

En ecología todavía se utilizan clasificaciones con propósito especial: por ejemplo, un limnólogo (especialista que estudia ambientes de agua dulce) puede dividir los organismos del plancton en autótrofos, herbívoros, depredadores y detritívoros.

Todos estos sistemas tienen un contenido de información mucho menor que el de un sistema de clasificación darwiniano.

Una solución a las dificultades de las clasificaciones linneanas como la cuestión de las relaciones entre los seres vivos y la inclusión de los organismos fósiles, llegaría después. Los lazos naturales entre las especies son conexiones genealógicas (es decir evolutivas) a lo largo de la historia.

Los métodos cambian

En el libro que cambiaría la historia de las Ciencias Naturales, *El origen de las especies*, Darwin demostró que un sistema de clasificación sólido tiene que basarse en dos criterios: la genealogía (la ascendencia común) y el grado de similitud (la cantidad de cambios evolutivos). A las clasificaciones basadas en estos dos criterios se las llama **sistemas de clasificación evolutivos o darwinianos**.

Los filósofos y clasificadores prácticos sabían desde hacía mucho que si existen teorías explicativas (causales) para el agrupamiento de objetos, dichas explicaciones deben tenerse en cuenta al delimitar los grupos. Así por ejemplo, las clasificaciones de las enfermedades humanas utilizadas en el siglo XVIII fueron sustituidas en los siglos XIX y XX por sistemas basados en la etiología (causas) de dichas enfermedades.

Y así, las enfermedades se clasificaron en causadas por agentes infecciosos, por defectos genéticos, por el envejecimiento, por falta de cuidados, por sustancias tóxicas o radiaciones nocivas, etc.

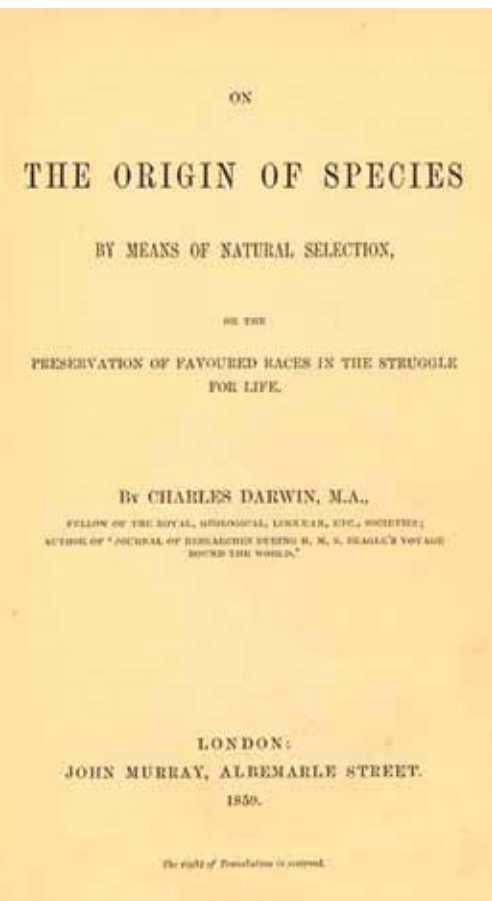
Toda clasificación que tiene en cuenta las causas está sometida a estrictas limitaciones que impiden que se transforme en un sistema puramente artificial.

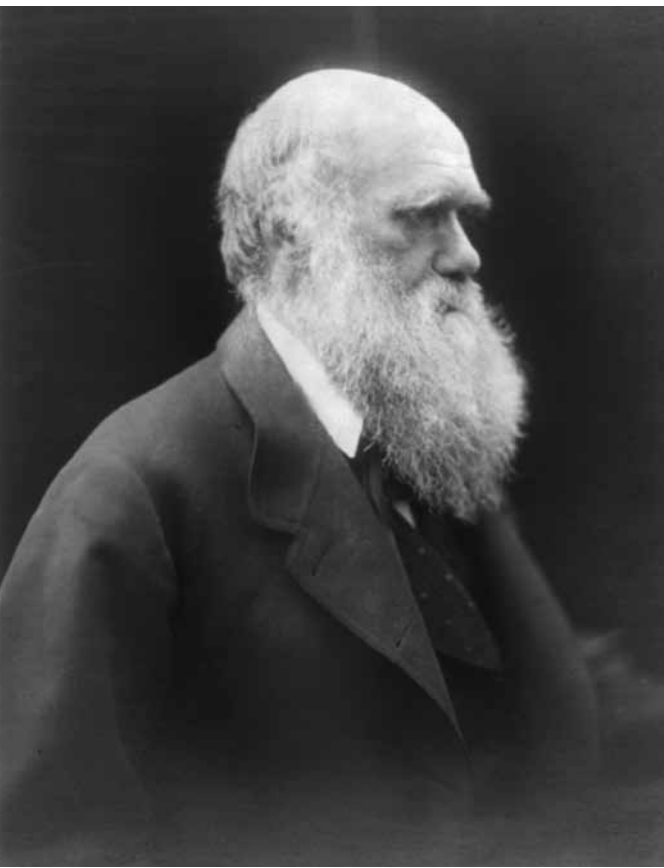
En cuanto Darwin desarrolló su teoría de la ascendencia común, se dio cuenta de que cada grupo natural (o grupo diferenciado de organismos) estaba formado por los descendientes del antepasado común más próximo. Para Darwin, el criterio de la ascendencia no sustituía al criterio de la similitud, sino que más bien ponía limitaciones a los tipos de similitud que se podían aceptar como evidencia de parentesco. En otras palabras, una clasificación darwiniana sólida tiene que basarse en la consideración equilibrada de la genealogía y la similitud (grado de diferencia entre las especies).

Para entender el papel de la similitud en una clasificación darwiniana, hay que entender el concepto de homología.

La existencia de caracteres homólogos es indicio de parentesco entre especies y grupos superiores. Se consideran homólogas las características de dos o más grupos que derivan del mismo carácter (o de un carácter equivalente) de su antepasado común más próximo.

Ahora bien, no todas las similitudes entre organismos se deben a la homología. Un tipo de cambio evolutivo que puede dar resultados similares es la denominada convergencia. Se trata de la adquisición independiente del mismo carácter por linajes sin parentesco evolutivo, como la adquisición de alas por las aves y por los murciélagos.





Charles Robert Darwin
(1809-1882).

Hasta 1965, la clasificación darwiniana era el sistema de uso casi universal, y todavía se sigue utilizando mucho. El primer paso del proceso es la delimitación y agrupamiento de especies emparentadas, basándose en la similitud; el segundo paso es la comprobación del origen de dichos grupos y su ordenación genealógica.

Este es el único modo de satisfacer los dos criterios de Darwin para una buena clasificación de los organismos.

Como imaginará, estamos lejos de lograr una clasificación "natural" y definitiva. Sospechamos y creemos que a esta altura usted acuerda con nosotros, que ello no es posible. Las clasificaciones, a pesar de Darwin, siguen dependiendo de los criterios que utilicemos y esta cuestión parece lejos de estar superada.

Así, según el criterio elegido se pueden obtener clasificaciones de insectos totalmente diferentes, por ejemplo, basándonos en los caracteres de diferentes fases del ciclo vital (los caracteres de la larva o los del adulto). Al estudiar un grupo de abejas, un equipo de investigadores obtuvo cuatro clasificaciones diferentes ordenando las especies en clases de similitud basadas en los caracteres de 1) las larvas, 2) las pupas, 3) la mor-

fología externa de los adultos y 4) los genitales masculinos. Es decir, invariablemente, cuando un investigador utiliza un nuevo conjunto de caracteres, obtiene una nueva delimitación de grupos o un cambio de nivel.

Muchos grupos están muy bien delimitados y se pueden describir sin ambigüedades y con gran precisión (por ejemplo, las aves o los pingüinos), pero la categoría en la que se sitúan es muchas veces subjetiva y depende del criterio del científico.

Asimismo, la clasificación de los grupos fósiles plantea numerosos problemas y todavía no se ha llegado a un acuerdo al respecto. Por ejemplo, es difícil clasificar los fósiles de una especie extinta con rasgos morfológicos intermedios entre dos tipos de organismos que podrían tener una relación de ancestro y descendiente. Esta situación se complica también porque el registro fósil es, en general, demasiado incompleto y no aporta evidencias de la "especie ancestral" de la que derivó un nuevo grupo.

La clasificación darwiniana basada en dos criterios -la genealogía y la similitud- se aceptó de manera casi general desde 1859 hasta mediados del siglo XX. En la actualidad, se han desarrollado algunas alternativas como las clasificaciones llamadas fenética y cladística, basadas en muchos casos en evidencias moleculares, pero tampoco han alcanzado un gran consenso entre los investigadores y siguen siendo fuente de polémicas y discusiones. Por las características que presenta la enseñanza de las clasificaciones naturales en el nivel inicial, estas clasificaciones no serán desarrolladas en el presente curso.

	Periodo	Propósito principal	Método de clasificación
SISTEMA DE CLASIFICACIÓN EVOLUTIVO O DARWINIANO	Mediados del siglo XIX hasta mediados del Siglo XX	Establecer relaciones de parentesco/ evolutivas	Basada en dos criterios: la genealogía (la ascendencia común) y el grado de similitud (la cantidad de cambios evolutivos)



ACTIVIDAD

13. Elabore un resumen de las ideas de Darwin. Luego, compare estas ideas con las de Linneo.

Los reyes de la clasificación

Aproximadamente hasta mediados del siglo XIX, los organismos se clasificaban en animales y vegetales (y la naturaleza en general, se ordenaba en tres “reinos” -término que como vemos no resulta muy “natural”-). Todo lo que no fuera claramente un animal se incluía entre los vegetales (el resto de los elementos se incluía en el llamado reino mineral, que posteriormente fue eliminado ya que se busca solamente organizar la diversidad biológica).

Sin embargo, el estudio detallado de los hongos y los microorganismos dejó claro que no tenían mucho que ver con las plantas y que habría que considerarlos como grupos superiores independientes.

La reforma más drástica de la clasificación de los organismos se produjo en los años 30, cuando se comprendió que los monera (procariotas), formados por las bacterias y sus parientes, eran completamente diferentes de todos los demás organismos (eucariotas), que tienen células con núcleo.

Existen varias maneras posibles de clasificar a los eucariontes. Hasta hace poco, por razones de comodidad, se solían combinar todos los eucariontes unicelulares en un solo grupo, los protistas (protista). Aunque los científicos sabían que algunos protistas (los protozoos) se parecían más a los animales, que otros se parecían más a las plantas, y que aún existían otros más parecidos a los hongos, los criterios tradicionales de diagnóstico de animales y plantas (posesión de clorofila, movilidad) no resultaban muy aplicables a este nivel, existía demasiada incertidumbre acerca del parentesco como para mantener la cómoda etiqueta de “protistas”. No obstante, durante mucho tiempo la diversidad biológica se organizó en cinco reinos: monera, protista, hongos, vegetales y animales.

Pero las cosas parecen haberse aclarado algo más gracias a nuevas investigaciones, en especial cuando se puso la atención en caracteres que antes se habían pasado por alto (por ejemplo, la presencia de ciertas membranas en las células) y en características moleculares.

Aunque todavía puede resultar cómodo llamar protistas a los eucariontes unicelulares, comentamos que ya no se puede defender el mantenimiento de un grupo oficial llamado protista. Los científicos siguen debatiendo si los “protistas” se deben dividir en tres, cinco o siete reinos.

A modo de cierre (siempre parcial) del estado de la cuestión mostramos el que parece ser el modelo aceptado a comienzos del nuevo milenio. Se trata de un sistema en el cual los organismos se dividen en dos imperios, con sus correspondientes reinos:

Imperio procariontes

- Reino eubacterias
- Reino archibacterias

Imperio eucariontes

- Reino arqueozoos
- Reino protozoos
- Reino cromistas
- Reino metafitas (plantas)
- Reino fungi (hongos)
- Reino metazoos (animales)

Los llamados **Reinos de la Naturaleza** una vez fueron tres, ya en este siglo fueron cinco, hoy parece que son ocho y una pregunta inquietante puede surgir a estas alturas: ¿se han acabado las máscaras en la naturaleza? ¿Cuántas quedan aún? ¿O deberemos pensar que debajo de un disfraz se oculta otro y así sucesivamente?

Como tema final para la Unidad le proponemos un trabajo sobre los cambios ocurridos en una especie que parece tener como característica central su conciencia sobre sí misma.



Para ampliar la información acerca de la cronología de las clasificaciones y otros temas relacionados con la clasificación de la biodiversidad pueden ingresar en:
goo.gl/zMC9gt

LA EVOLUCIÓN DEL SER HUMANO

Vimos que el pionero del sistema moderno de clasificación de plantas y animales fue el botánico sueco Carl von Linné. En la décima y fundamental edición de su obra clásica *Systema Naturae*, publicada en 1758, enumeró los diversos órdenes que componen la clase mamíferos.

Como buen naturalista del siglo XVIII, suponía que los seres humanos debían pertenecer a un orden más alto, de modo que los llamó **Primates**, término derivado del latín medieval que significa “primero en la lista”.

¿De dónde viene el ser humano? ¿Es un animal más? ¿Debe ser considerado,

desde el punto de vista biológico, separado del resto de los seres vivos? ¿Cómo ha llegado la especie humana a lo que es actualmente? ¿Desde qué momento de la historia de la Tierra, es posible hablar de la existencia de seres humanos? ¿Qué recorrido evolutivo ha seguido el ser humano?

Quizá por influencia de la tradición, los esquemas habituales de la evolución van todos dirigidos (a veces sutilmente, en otros casos en forma grotesca) a reforzar una visión confortable para nosotros: la inevitable superioridad del ser humano.

Existen concepciones que muestran cadenas de seres en progreso lineal. A fines del siglo XVIII un médico inglés Charles White en su *Regular Gradation in Man*, articuló toda la diversidad de la vida de los vertebrados en una única secuencia que va desde las aves, pasando por los cocodrilos y perros y más allá de los monos, y asciende por la escala convencional racista de los grupos humanos hasta el modelo caucásico europeo.

Con la aparición de la teoría evolutiva se cuestionaron estas imágenes y se afianzó la idea del origen del ser humano a partir de un único grupo primate.

Ahora bien, también nos podríamos preguntar: ¿si los humanos han descendido de un grupo ancestral de primates, cómo es posible que siga habiendo monos en la actualidad?



Secuencia habitual y falsa que intenta describir la ocurrencia de evolución progresiva en la historia de la vida.



ACTIVIDADES

14. Les proponemos que, en grupos reducidos, elaboren un breve texto que incluya:
 - a. Sus puntos de vista sobre las razas.
 - b. ¿Existe racismo en la Argentina?
15. Lean el siguiente fragmento y confronten con él el texto elaborado en la actividad anterior. Finalmente, elaboren una conclusión sobre la existencia o no de alguna supuesta raza superior dentro de los seres humanos.



Razas y ciencia

Las razas humanas no son especies separadas ni divisiones antiguas dentro de una teoría general de la evolución. Para algunos científicos, son subpoblaciones recientes, escasamente diferenciadas, de nuestra especie actual *Homo sapiens*; para otros es una categoría que se utiliza políticamente pero que no tiene realidad biológica alguna.

De todos modos, si se quisiera medir la diferencia genética entre grupos humanos, sería necesario realizar muestras de genes al azar. Algunos estudios realizados, revelan que probablemente más del 90 por ciento de los genes humanos sean comunes a todo el mundo.

Hasta la fecha, y se cree que no será posible (porque muchos investigadores sostienen que el planteo de la existencia de razas es erróneo), no se ha podido detectar ni un solo gen de raza, es decir, un gen que solamente esté presente en un grupo humano y no en otro.

El biólogo Richard Lewontin (el autor del texto del comienzo del Módulo) estudió la variación genética humana y concluyó lo siguiente: *"Si (Dios no lo permita) se produce un holocausto masivo y sólo el pueblo Xhosa del extremo sur de África sobreviviera, la especie humana conservaría más del 80 por ciento de su variación genética"*.



A pesar de las diferencias observables, la variación genética es mínima entre diferentes grupos humanos.

¿Qué pasa entonces? Pasa que los grupos humanos varían espectacularmente en unos cuantos caracteres llamativos (color de la piel, forma del cabello, tipo de ojos, etc.) pero estas diferencias externas nos engañan y nos pueden llevar a pensar que las diferencias en todo el genoma es muy grande. Hoy se sabe que tales diferencias son superficiales.

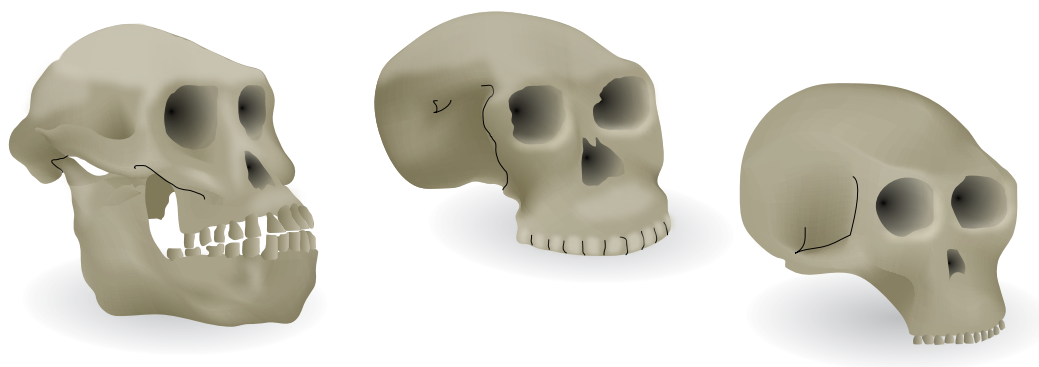
Las razas pueden variar poco en los caracteres pero los individuos pueden variar mucho entre sí. No podemos menos que imaginar un mundo que trate como seres humanos completos en todos los aspectos absolutamente a todos, hasta a los retrasados mentales más profundos, a pesar de sus evidentes y amplias limitaciones.

Vimos que la evolución no es una escalera de progreso de grupos biológicos en la que cada peldaño desaparece al transformarse de cuerpo entero en la siguiente etapa. Es un arbusto y los grupos ancestrales normalmente sobreviven a sus descendientes una vez que éstos se han separado.

Hay simios de muchas formas y tamaños, sólo una de las líneas lleva a los humanos.

Una de las poblaciones de *Australopithecus* se convirtió en *Homo habilis*, otras varias sobrevivieron. Una especie, *Australopithecus robustus*, murió hace menos de un millón de años y vivió en África.

Es decir, la expresión habitual “*el hombre desciende del mono*” resulta una simplificación errónea. La especie humana actual tiene un vínculo bastante lejano con un grupo primate ancestral que originó tanto a los chimpancés como a los gorilas actuales. Y sabemos que las relaciones de parentesco no suponen relaciones de descendencia.

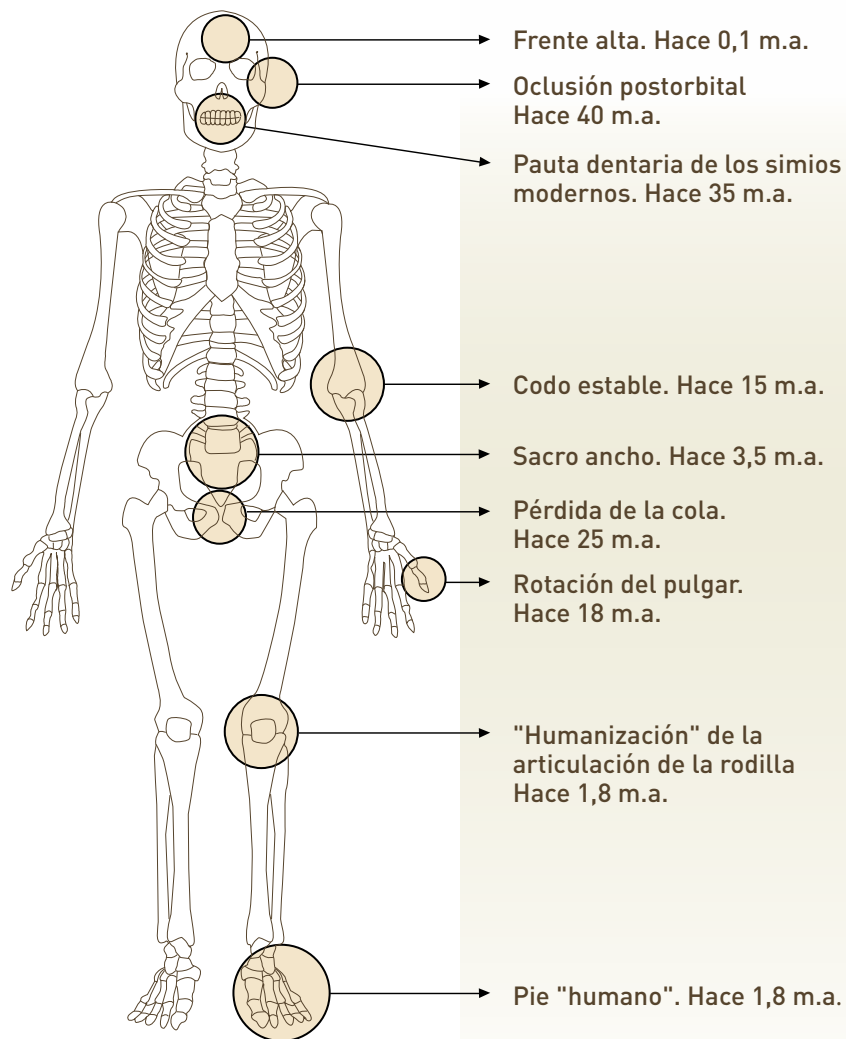


Diferentes cráneos de homínidos anteriores al hombre.

En la actualidad, no existen dudas sobre el hecho de la evolución. Sin embargo, mucha gente, se pregunta si la evolución sigue ocurriendo o se trata de un proceso que ya ha culminado con la aparición del hombre.

Para probar que seguimos evolucionando biológicamente bastaría con mostrar que las condiciones necesarias y suficientes para que ocurra evolución biológica siguen presentes en la especie humana: existe variabilidad genética y actúa la selección natural, pero también actúa la sociedad y la cultura.

Si bien en la actualidad las deficiencias hereditarias que pueden ser curadas son muy pocas, algunos científicos sostienen que en el futuro será posible mejorar la constitución genética de la especie humana. Probablemente la evolución humana haya entrado en una etapa donde la influencia de la sociedad, con sus principios éticos, religiosos, la educación y las costumbres, entre otros factores, repercutan e influyan sobre la reproducción diferencial de los seres humanos.



ACTIVIDAD INTEGRADORA

16. Como actividad final, de autoevaluación, le proponemos que elabore un texto argumentativo que dé respuesta a la siguiente problemática:

- ¿Hasta qué punto los avances culturales (especialmente en medicina) influyen en la evolución de los humanos, particularmente en la acción de la selección natural sobre la especie humana?
- Recurra a sus notas y a sus lecturas para poder realizar esta actividad.

BIBLIOGRAFÍA

A continuación le proponemos una bibliografía organizada para cada una de las partes del Módulo. Quizá podrá encontrar algunos de estos libros en bibliotecas escolares o de otras instituciones de su barrio. Será importante que usted aborde alguna de estas lecturas a lo largo de su trabajo con el Módulo para aclarar dudas, ampliar información, enriquecer las actividades propuestas. Recorra a su docente tutor y al bibliotecario para que lo ayude en la búsqueda del material que le interese.

Parte 1

- Alzogaray, R. (2009): *Ríos de Sangre y otras curiosidades explicadas por la ciencia*, Buenos Aires, Capital Intelectual.
- Bocalandro, N.; Frid, D. y Socolovsky, L. (2010): *Biología I. Biología Humana y Salud*, San Isidro, Estrada.
- Boto, J.; Bazán, M y otros (2006): *Biología*, Buenos Aires, Tinta Fresca.
- Cañal, P. (2008): "El cuerpo humano: una perspectiva sistémica", en *Alambique*, N° 58, 8-22, octubre-noviembre-diciembre.
- Diez, M.; Ochoa, L. y Bedetti, F. (2012): *La multiplicidad de la vida*. Buenos Aires, Ministerio de Educación de la Nación.
- Eckert, R. y otros (1990): *Fisiología animal: mecanismos y adaptaciones*, Madrid, McGraw-Hill Interamericana.
- Gonzalez Bueno, A. (2001): *Linneo. El príncipe de los Botánicos*, Madrid, Nivola.
- Purves, W. y otros (2003): *Vida. La ciencia de la Biología*, 6a ed., Buenos Aires, Editorial Médica Panamericana.

Parte 2

- Audesirk T.; Audesirk, G. y Byers B. (2008): *Biología. La Vida en la Tierra*, 8a ed., Mexico, Pearson Educación.
- Beadle, G. W. y Beadle, M. (1971): *Introducción a la nueva genética*, Buenos Aires, Eudeba.
- Campbell, N. y Reece, J. (2007): *Biología*, 7a ed., Buenos Aires, Editorial Médica Panamericana.
- Corbacho, V. y otros (2012): *Del gen a la proteína*, Colección Escritura en Ciencias, Buenos Aires, Infid, Ministerio de Educación de la Nación.
- Curtis, H. y otros (2008): *Biología*, 7a ed., Buenos Aires, Editorial Médica Panamericana.
- Griffiths, A. (2008): *Genética*, Madrid, McGraw-Hill Interamericana.
- Lewontin, R. C.; Rose, S. y Kamin, L. J. (2009): *No está en los genes: racismo, genética e ideología*, Barcelona, Drakontos.
- Mader, S. (2007): *Biología*, 9a ed., Madrid, McGraw-Hill Interamericana.

- Oram, R. F. (1997): *Biología, sistemas vivos*, México, Mc Graw Hill.
- Purves, W. y otros (2003): *Vida. La ciencia de la Biología*, 6a ed., Buenos Aires, Editorial Médica Panamericana.
- Starr, C. y Taggart, R. (2010): *Biología. De la unidad, a la diversidad de la vida*, Buenos Aires, Cengage Learning Argentina.
- Vázquez, M. (2007): *La intimidad de las moléculas de la vida. De los genes a las proteínas*, Buenos Aires, Eudeba.
- Watson, J. D. (2000): *La doble hélice. Relato personal del descubrimiento de la estructura del ADN*, Madrid, Alianza Editorial.

Parte 3

- Cabello, M. y Lopez, S. (1986): *Evolución*, Madrid, Biblioteca de Recursos Didácticos Alambra.
- Eeldredge, N. (2001): *La vida en la cuerda floja*, Barcelona, Tusquets.
- Gould, S.J. (1993): *El libro de la vida*, Barcelona, Crítica.
- Lewin, R. (1994): *Evolución humana*. Barcelona, Salvat.
- Lewontin, R. (2000): *Genes, organismos y ambiente*, Barcelona, Gedisa.
- Patterson, C. (1985): *Evolución: la teoría de Darwin hoy*, Barcelona, Fontalba.
- Ricklefs, R. E. (1998): *Invitación a la ecología*. Buenos Aires, Editorial Médica Panamericana.

CRÉDITOS DE IMÁGENES

PARTE 1

Introducción: Marina Rusakova; Telam

UNIDAD 1: Jules/Stone Soup; Archivo de imágenes del Ministerio de Educación

UNIDAD 2: Archivo de imágenes del Ministerio de Educación; John 5199; Ministerio de Salud de la Nación

UNIDAD 3: Portada de película: Billy Elliot, Stephen Daldry, BBC Films, Reino Unido, 2000

UNIDAD 4: Gaurav-P; Adrián Cerón; Trisha M. Shears; Archivo de imágenes del Ministerio de Educación; Valdavia

PARTE 2

UNIDAD 5: Inta Informa; Diario La Razón de España (edición del 12 de febrero de 2015); Liliana Lindenbaum; Portada de película: Gattaca, Andrew Niccol, Jersey Films, EEUU, 1997; Ettore Balocchi; Oregon State University's Special Collections; National Human Genome Research Institute; Archivo de imágenes del Ministerio de Educación; Dr. Thomas Geier/ Departamento de Botánica del Centro de Investigaciones Geisenheim, Alemania; Alvin Coburn; Tennessee State Library and Archives; Esther M. Zimmer Lederberg

UNIDAD 7: American Philosophical Society; Biblioteca del Congreso de los Estados Unidos; Notable Twentieth-Century Scientists, Vol. 4 (S-Z); Elliott & Fry/National Portrait

Gallery; National Human Genome Research Institute; Marc Lieberman; Rosalind E. Franklin/Raymond Gosling; Marc Lieberman; National Cancer Institute (NCI)

UNIDAD 9: Inta Informa; Fusion power; Biosidus; Mihaela Bodlovic; Archivo de imágenes del Ministerio de Educación

UNIDAD 10: Universidad de la Plata; Diario Página 12; Rembrandt Peale; RWJMS IVF Program; Diario Página 12

PARTE 3

UNIDAD 12: University of Konstanz; Julia Margaret Cameron/Biblioteca del Congreso de los Estados Unidos



**equidad
inclusión
desarrollo**

Ministerio
de Educación

www.
portal.educacion.gov.ar



**tenemos
patria**



**Presidencia
de la Nación**