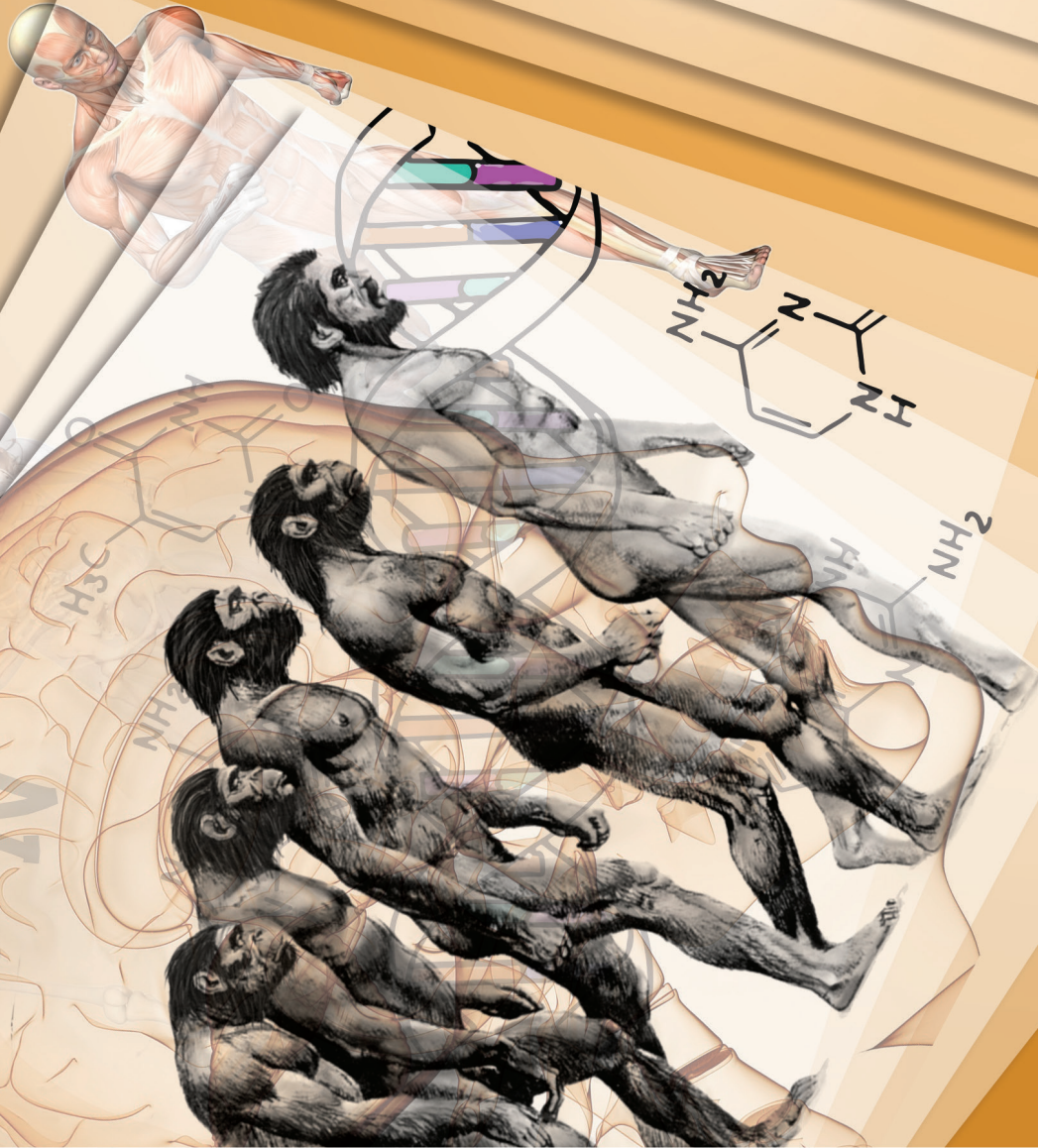




Ministerio
de **Educación**



BIOLOGÍA

TEXTO DEL ESTUDIANTE

**2.º
CURSO**

**Bachillerato
General
Unificado**

**Distribución Gratuita
Prohibida su venta**

PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

Rafael Correa Delgado

MINISTRO DE EDUCACIÓN

Augusto Espinosa Andrade

VICEMINISTRO DE EDUCACIÓN

Freddy Peñafiel Larrea

VICEMINISTRO DE GESTIÓN EDUCATIVA

Jaime Roca Gutiérrez

SUBSECRETARIA DE FUNDAMENTOS EDUCATIVOS

Tannya Lozada

DIRECTORA NACIONAL DE CURRÍCULO

Isabel Ramos Castañeda

© Ministerio de Educación del Ecuador, 2014

Av. Amazonas N34-451 y Atahualpa

Quito, Ecuador

www.educacion.gob.ec

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

Primera edición: julio 2014

Impreso por El Telégrafo

ISBN: 978-9942-19-114-4

Derechos de autor: QUI-041813

DISTRIBUCIÓN GRATUITA - PROHIBIDA SU VENTA

Biología**Segundo año de Bachillerato General Unificado****TEXTO DEL ESTUDIANTE**

El libro Biología para segundo curso de Bachillerato de la serie Bachillerato Ecuador es una obra colectiva creada y diseñada por el Departamento de Ediciones Educativas de Santillana S. A., bajo la Dirección Editorial de Ana Lucía de Escobar

EQUIPO EDITORIAL**Edición:**

Daniela Cruz

Colaboración: Alejandra Ponce

Corrección De Estilo

Nadya Durango

Diseño y DiagramaciónCristina Torres, Martin Heinemann
y Ma. Dolores Terán**Ilustración y fotografía:**

Archivo Santillana

Concepto general:

Verónica Tamayo

EQUIPO TÉCNICO**Administradora de operaciones:**

Adelaida Aráuz

Jefa de corrección de estilo:

Eurídice Salguero

Jefe de arte:

Gabriel Karolys

Coordinadora gráfica:

Verónica Tamayo

Supervisora de calidad:

Nancy Novillo

Digitalizadora de imágenes:

Diana Novillo

Documentalista:

Cecilia Flores

**ADVERTENCIA**

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

PRESENTACIÓN

El Plan Decenal de Educación, aprobado mediante Consulta Popular el 26 de noviembre 2006 con el 66% del total de votos, marcó desde entonces la agenda para la Política Pública en el Ministerio de Educación.

La estrategia clave para la consecución de las Políticas del Plan Decenal de Educación referentes a la Universalización de la Educación General Básica de primero a décimo grados, al incremento de la población estudiantil del Bachillerato hasta alcanzar al menos el 75% de los jóvenes en la edad correspondiente (al año 2013), a la tasa neta de asistencia a Educación General Básica que alcanzó el 96,1% y a la tasa neta de asistencia a Bachillerato que ascendió a 65,8% frente al 51,2% (registrado en el año 2007), está necesariamente ligada a la fuerte inversión que el Gobierno Nacional ha realizado los últimos años en educación.

Con el presupuesto asignado, el Ministerio de Educación despliega, desde el año 2007, varios programas dirigidos a la eliminación de las barreras económicas de acceso a la educación de los niños, niñas y adolescentes. Uno de estos programas es el referente a la entrega gratuita de textos escolares a los estudiantes y docentes de Educación General Básica, Bachillerato General Unificado de la oferta intercultural e intercultural bilingüe, que asisten de manera regular a las instituciones fiscales, fiscomisionales y municipales en todo el país.

Para los estudiantes, se entrega textos y cuadernos de trabajo; para los docentes, textos y guías docentes; y para los estudiantes y docentes de Educación Intercultural Bilingüe, los kukayos pedagógicos (textos bilingües).

En el año 2014, se entregará textos a los estudiantes y guías del docente para Bachillerato General Unificado (BGU) del régimen Sierra y Costa en las materias de Matemática, Lengua y Literatura, Física, Química, Desarrollo del Pensamiento, para el primer curso; Biología, Lengua y Literatura, Físico-Química, para segundo curso; y Lengua y Literatura, Matemática, Educación para la Ciudadanía, para tercer curso. Adicionalmente, se entregará material para el estudiante (texto y libro de trabajo) y material para el docente (guía docente y CD de audio) del área de inglés a los tres cursos de BGU.

El libro de texto tiene como principal objetivo brindar apoyo, tanto a los docentes como a los estudiantes y representantes, en la consecución de los estándares de aprendizaje, referidos a los mínimos que los estudiantes deben alcanzar al culminar el tercer año del Bachillerato. Por lo tanto, brinda información científica sobre los temas en estudio, propone actividades de investigación y aplicación del nuevo conocimiento, invita al lector a aplicar estrategias de autoevaluación, coevaluación y heteroevaluación, enseña a citar fuentes de consulta y enlista la bibliografía en la que sustenta la información.

Por todo lo anterior, se ha puesto especial cuidado en la selección de este texto, aplicando un estricto proceso de evaluación del rigor científico y curricular que el Ministerio de Educación exige en este material.

Siendo un material de apoyo básico, esperamos que los docentes y sobre todo los estudiantes no se sujeten exclusivamente a la información vertida en él, sino que este libro despierte las ganas de investigar, de ampliar su información, de acudir a otras fuentes que los lleven hacia una mayor comprensión y aplicación en la vida diaria de lo que aprenden.

Éxitos en este nuevo año y a escribir nuestra nueva historia...

Ministerio de Educación




Presentación

El libro de Biología para segundo año de Bachillerato es una propuesta pedagógica que busca la comprensión de la realidad natural como un conjunto de sistemas integrados que se dirigen hacia un equilibrio dinámico. El desarrollo de los bloques guarda relación con la propuesta curricular del Ministerio de Educación y aplica actividades que amplían el conocimiento y promueven un pensamiento reflexivo, crítico y científico. Además, promueve la comprensión de la vida.

A lo largo del libro se desarrollan las macrodestrezas de las ciencias experimentales, entre ellas la construcción del conocimiento científico, la explicación de fenómenos naturales, la aplicación de las leyes científicas para solucionar problemas, y la evaluación para reconocer y valorar la influencia social que tienen en relación al ser humano, la sociedad y la naturaleza. Todo esto se trabaja dentro de las destrezas con criterio de desempeño propuesta en cada una de las unidades correspondientes a los tres bloques curriculares.

Cada bloque curricular está organizado en unidades. Estas arrancan con una lectura introductoria, la cual invita a desarrollar los temas del capítulo por medio del análisis de experiencias de importancia tecnológica, ambiental y social, estableciendo relaciones con la vida de los estudiantes.

El desarrollo de los contenidos dentro de cada unidad incluye una serie de actividades que permiten evaluar el aprendizaje, como son los trabajos individuales, trabajos cooperativos, tareas y lecciones. Además, para motivar a trabajar con las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), se presentan actividades con las cuales podrán poner en práctica los conocimientos informáticos. Estas actividades se identifican con el logo .

Al término de cada bloque se proponen actividades que permiten la revisión activa de todos los conocimientos, la resolución de problemas y la búsqueda de soluciones. Además, se presentan investigaciones relacionadas con los temas de cada unidad, que permiten a los estudiantes desarrollar su curiosidad natural y adquirir las herramientas necesarias para llevar a cabo una investigación, explorar conceptos, ideas y problemas, y adquirir un conocimiento profundo. Esto se complementa con trabajos de laboratorio, para que, mediante la aplicación del método científico, el planteamiento de hipótesis y la comprobación o rechazo de la misma, los estudiantes «aprendan haciendo».

Cada bloque cierra con una evaluación de destrezas con base en los indicadores esenciales de evaluación, y una sección que se articula con algunos aspectos de la ciudadanía y el Buen Vivir, así como con aspectos prácticos de la Biología.

Índice

Bloque 1

Bases biológicas y químicas de la vida

6

Unidad 1

Composición de los seres vivos

8

Niveles de organización	10
Química celular	14
La molécula del agua	18
Sales minerales	20
El carbono y los compuestos orgánicos	21
Polímeros o macromoléculas	22
Actividades	32
Investigación	34
Trabajo de Campo y Laboratorio	35

Unidad 2

La célula

36

La célula: vida en su mínima expresión	38
Orgánulos de las células animal y vegetal	40
Membrana celular o citoplasmática	42
Nutrición celular	44
Ciclo celular	45
Actividades	50
Trabajo de Laboratorio	52
Evaluación	54
Buen Vivir	56

Bloque 2



Biosíntesis

58

Unidad 2.1

Los sistemas biológicos

60

La termodinámica rige el Universo

62

El Sol, fuente de energía de los sistemas biológicos

63

Un sistema termodinámico abierto: la biósfera

64

El antagonismo: respiración y fotosíntesis

66

El Universo tiende al desorden

67

Actividades

68

Investigación

70

Trabajo de Laboratorio

70

Unidad 2.2

Conocimientos previos

72

Fases del metabolismo: un balance vital

74

Las enzimas

75

Las moléculas de ATP

76

Catabolismo: degradación molecular

77

Anabolismo: construcción molecular

81

Respiración aeróbica y fotosíntesis

86

Actividades

88

Investigación

90

Trabajo de Campo y Laboratorio

91

Evaluación

92

Buen Vivir

94

Evaluación del primer quimestre

96

Bloque 3



Relación entre estructuras y funciones

98

Unidad 3.1

Desarrollo y crecimiento

100

La embriología: biología del desarrollo

102

Desarrollo embrionario en los animales

103

Desarrollo embrionario en las espermatofitas

106

Desarrollo en el ser humano

107

Actividades

112

Investigación

114

Trabajo de Laboratorio

115

Unidad 3.2

El sistema digestivo

116

La función de nutrición y el sistema digestivo

118

Estructura y función del sistema digestivo humano

120

Actividades

126

Investigación

128

Trabajo de laboratorio

129

Unidad 3.3

El sistema respiratorio

130

¿Por qué respiramos?

132

El sistema respiratorio humano

133

Mecánica respiratoria

134

¿Cómo respiran otros seres vivos?

138

Actividades

140

Investigación

142

Trabajo de laboratorio

143

Unidad 3.4

Los sistemas circulatorio y excretor

144

La sangre: componentes y funciones

146

El sistema circulatorio en los vertebrados

148

y el ser humano

152

El sistema linfático

154

La excreción y el sistema urinario

156

Análisis de orina y enfermedades urinarias

158

Actividades

160

Investigación

161

Unidad 3.5

El sistema osteoartromuscular

162

El esqueleto: sostén corporal y movimiento

165

Los huesos: formación, crecimiento y clasificación

168

La relación entre los huesos: las articulaciones

172

Los músculos, propulsores del movimiento

173

Actividades

176

Investigación

178

Trabajo de laboratorio

179

Unidad 3.6

El sistema nervioso

180

Sistema nervioso y movimiento

182

Generación del impulso nervioso

184

Organización del sistema nervioso de los vertebrados

187

¿Qué son y dónde se producen las hormonas?

192

Actividades

200

Investigación

202

Trabajo de laboratorio

203

Unidad 3.7

Inmunidad y homeostasis

204

De la piel al intestino: las barreras primarias

206

Inmunidad innata: las barreras secundarias

207

Inmunidad adquirida: las barreras terciarias

208

Aliados inmunitarios: las vacunas y los sueros

210

Homeostasis

211

Actividades

214

Investigación

216

Trabajo de laboratorio

217

Evaluación

218

Buen Vivir

220

Evaluación del segundo quimestre

222

Bibliografía

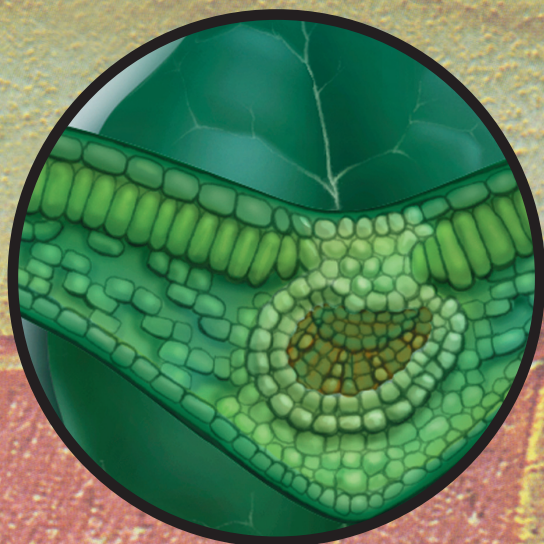
224

Bloque

1

Bases biológicas y químicas de la vida





Antes de empezar

Observa y analiza la imagen.

- ¿Cuál es la composición química de los seres vivos?
- ¿Qué bioelementos y biomoléculas constituyen a los seres vivos?
- ¿Qué función cumple el agua y otras biomoléculas en las plantas y animales?
- ¿Por qué se dice que la célula es la unidad básica de todos los seres vivos?
- ¿Cuáles son las tres funciones vitales básicas que caracterizan a todos los seres vivos?

Todos los seres vivos son de apariencia distinta, pero su organización química es similar. Para construir sus cuerpos, los seres vivos obtienen los elementos químicos del medio en el que se encuentran. Los principales bioelementos que forman a los organismos son: carbono (C), hidrógeno (H), oxígeno (O), nitrógeno (N), fósforo (P) y azufre (S). Los compuestos formados por estos bioelementos son las moléculas, las cuales están organizadas de modo que forman diversos tipos de estructuras. Estas, a su vez, están organizadas en las células, las unidades básicas de los seres vivos. Las actividades que realiza todo ser vivo son el resultado de numerosas reacciones químicas que se llevan a cabo en las células de su organismo.

Objetivos educativos

- Comprender la estructura química y biológica que conforma a los seres vivos para entender procesos biológicos.
- Realizar cuestionamientos de las causas y consecuencias del quehacer científico, aplicando pensamiento crítico-reflexivo en sus argumentaciones.
- Utilizar habilidades de indagación científica de forma sistemática en la resolución de problemas.
- Integrar conocimientos de la Biología a diferentes situaciones de su vida cotidiana que le permita mantener una buena calidad de vida.
- Mantener principios éticos con respecto al desarrollo científico y tecnológico, como evidencia de lo aprendido hacia el desarrollo del Buen Vivir.
- Ser un ciudadano proactivo, consciente de la necesidad de conservar la naturaleza como heredad para el futuro del planeta.

Rondador. Instrumento musical andino.

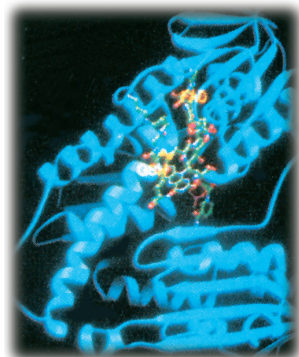


Unidad 1

Composición de los seres vivos

Destrezas con criterio de desempeño:

- Analizar las **propiedades y funciones biológicas que tienen los bioelementos**, desde su descripción como elementos de la materia viva y la relación con las funciones que cumplen en los organismos.
- Explicar las **funciones biológicas del agua en los seres vivos**, desde la descripción como elemento termorregulador, vehículo de transporte, formador de biomoléculas, y el análisis crítico de su importancia dentro de las funciones metabólicas de los sistemas de vida.
- Analizar las **características químicas y propiedades de las biomoléculas que conforman la estructura celular**, desde la experimentación y análisis de datos obtenidos, para comprender su función en los procesos biológicos.



© Santillana

*El análisis de la estructura, las propiedades químicas y la función de las moléculas que constituyen los seres vivos, es una herramienta para el diagnóstico y el tratamiento de diferentes enfermedades. Por ejemplo, en el caso del mal de chagas, la cristalización en el espacio de las proteínas del parásito que lo causa, *Trypanosoma cruzi*, forma parte de las investigaciones para encontrar un medicamento que controle ese mal.*

Conocimientos previos

- ¿Qué es la materia?
- ¿De qué elementos están constituidos los seres vivos?
- ¿Cuáles son las biomoléculas?



© Santillana

En el laboratorio de microgravedad, ubicado en la nave espacial, se realiza la cristalización de la proteína.

(Triatoma dimidiata, chinche portador del parásito Trypanosoma cruzi)

Proteínas al espacio

El mal de chagas fue descubierto en Brasil en 1909, por el doctor Carlos Chagas (1879-1934). Esta afección se desarrolla en toda América Latina, principalmente en las zonas más cálidas de la región. Hay alrededor de 16 millones de personas infectadas por el parásito *Trypanosoma cruzi*.

El reservorio natural de este parásito lo constituyen mamíferos silvestres y domésticos. La enfermedad se transmite al humano a través de chinches hematófagos de la subfamilia Triatominae, el cual transmite el parásito cuando defeca sobre la picadura que él mismo ha realizado para alimentarse. El parásito causa graves inflamaciones en músculos y tejidos por el excesivo crecimiento de la población, lo que causa la muerte en edad adulta. Los medicamentos disponibles para el tratamiento de la enfermedad de Chagas aún no son completamente efectivos, sus tasas de curación rondan el 60 ó 70%, por esta razón es una enfermedad difícil de erradicar, mayormente en zonas rurales.

Para lograr la erradicación de ese mal, se elaboró un proyecto denominado Chagas Space. En él participan la NASA e instituciones científicas de otros países, como

Costa Rica, Argentina, Brasil, Chile, México y Uruguay. Uno de los objetivos del proyecto es obtener proteínas de gran pureza, provenientes del parásito y de extractos de plantas que podrían utilizarse en el tratamiento de la enfermedad, mediante la cristalización en el espacio exterior bajo condiciones de gravedad reducida.

Cuando el proceso de cristalización de diversos compuestos se realiza en la Tierra, operan fuerzas físicas que causan problemas en la formación de los cristales: son de poca pureza y baja homogeneidad. Se requiere mucho material para efectuar este proceso.

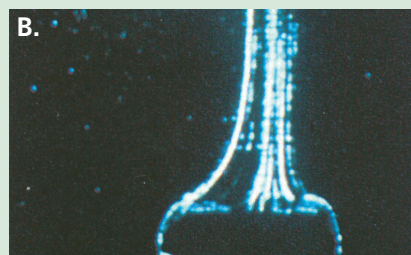
En el espacio exterior se producen cristales más grandes, puros y homogéneos, debido a que existe menor gravedad. Desde 1996, en algunas de las instituciones miembros del proyecto, se aíslan y se sintetizan diversas proteínas del *T. cruzi*, que luego se envían al espacio para cristalizarlas.

La cristalización se realiza por el método de evaporación de gota suspendida, que consiste en hacer gotear la solución proteica dentro de cubetas ubicadas en una cámara con temperatura controlada. Los cristales se forman a medida que se

evapora el agua de cada gota de esa solución. Luego, son almacenados hasta retornar a la Tierra, donde se estudia su composición química.



A. Cristal obtenido en el espacio.



B. Cristal obtenido en la Tierra.

Ya se han analizado algunas enzimas importantes para el proceso de transmisión de la enfermedad de chagas. Una de ellas es la enzima ligadora de calcio del flagelo del parásito-f29, la cual está implicada en la penetración del parásito en las células que infectará. Mediante el uso de rayos X, se han efectuado estudios cristalográficos en esa enzima para determinar su estructura y buscar algún medicamento que interrumpa su acción.

Análisis del trabajo científico

1. Además de las proteínas, ¿qué otras moléculas se encuentran en los seres vivos? **Expliquen.**
2. El proceso de cristalización es utilizado para proteínas. ¿Se puede utilizar otras moléculas? **Justifiquen** su respuesta.
3. ¿Por qué es necesaria la colaboración de los países latinoamericanos en ese proyecto? **Argumenten.**
4. Desde el punto de vista químico, ¿qué son las enzimas y qué unidades las integran? ¿En qué molécula se acumula la información necesaria para su síntesis? **Expliquen.**



Franklin Chang Díaz, científico de la NASA que participa en el proyecto Chagas Space.

Niveles de organización

Jean-Baptiste-Pierre-Antoine de Monet, caballero de Lamarck (1744-1829), publicó en 1809 su obra *Philosophie Zoologique (Filosofía zoológica)*, en la que explicaba cómo creía que había tenido lugar la evolución. Si bien los dos puntos más importantes de su teoría tienen que ver con el desarrollo o la atrofia de tejidos y órganos en —función de su uso y desuso— y la herencia de los caracteres adquiridos, Lamarck destacó que la evolución era lineal y se caracterizaba por la aparición progresiva de las estructuras en los seres vivos.

Según las palabras de Lamarck:

«La Naturaleza, al producir sucesivamente todas las especies [...], comenzando por las más imperfectas o las más simples, para terminar su obra con las más perfectas, ha complicado gradualmente su organización, y al extenderse estos animales por todas las regiones habitables del globo, cada especie ha recibido la influencia de las circunstancias en las que se ha encontrado, las costumbres que le conocemos y las modificaciones en sus partes que el observador nos muestra de ella... Esto supone que, por la influencia de las circunstancias en las costumbres, en el estado de las partes e incluso en el de la organización, cada animal puede recibir modificaciones susceptibles [...] de haber dado lugar al estado en el que lo encontramos hoy». J. B. Lamarck. *Recherches sur l'organisation des corps vivants (Investigaciones sobre la organización de los seres vivos)*. Maillard, París, 1802.

Estos conceptos de Lamarck se pueden generalizar a todos los testimonios de la vida en nuestro planeta y a lo largo de millones de años de la historia geológica. Como resultado de la evolución, en la naturaleza existen organismos con distinto grado de complejidad en sus estructuras. Así, la enorme diversidad de formas vivientes se organiza en grados de creciente complejidad y especialización, y constituyen los **niveles de organización**.

El primer nivel de organización es celular. La **célula** constituye la estructura mínima que permite el desarrollo de la vida, a través de distintos procesos que ocurren en ella. La diversidad de funciones en una sola célula hace posible la existencia de organismos unicelulares, y a su vez, que estas sean la base de los distintos niveles de organización de los seres vivos.

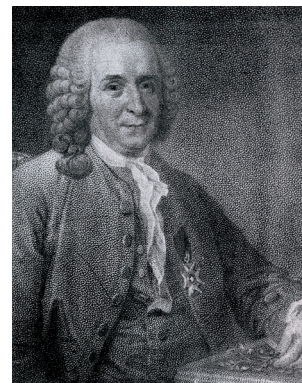
La célula es la **unidad de estructura y función** de los seres vivos. Todo ser vivo consta de por lo menos una célula y, como organismo unicelular, puede llevar a cabo todas las funciones necesarias para la supervivencia y la reproducción.

Muy pronto en la historia evolutiva, las células empezaron a agruparse formando **colonias** (conjuntos más o menos laxos). Pero al aparecer los organismos multicelulares más complejos, fueron necesarias una división del trabajo y una coordinación de las distintas funciones corporales; es decir, las células se agruparon en **tejidos**.

En cualquiera de sus variantes, la multicelularidad garantiza un desempeño más eficaz al lograr la distribución de diferentes actividades entre grupos distintos de células. Así, se comenzó a recorrer el camino de la especialización: células con funciones comunes adquieren características estructurales semejantes.

En los organismos que poseen una estructura más compleja, los tejidos se agrupan en **órganos**, y los órganos, en **sistemas de órganos**. De la colonia al sistema de órganos, los seres vivos han recorrido un camino progresivo de mayor diferenciación y eficacia en su funcionamiento.

En resumen, los seres vivos pueden presentar los siguientes niveles de organización: celular, colonial, tisular (de tejidos), orgánico (de órganos) y de sistemas de órganos.



Lamarck.

© Santillana

Investiga

Aunque la mayoría de los principales descubrimientos de las ciencias biológicas se han efectuado en los dos últimos siglos, estos se han logrado gracias a las aportaciones de los períodos históricos anteriores.

Investiga cuáles fueron las principales ideas, obras y descubrimientos desde la Antigüedad griega hasta el siglo XIX. **Toma** en cuenta los siguientes autores: Aristóteles, Galeno, Leonardo da Vinci, Andreas Vasalio, Francesco Redi, Robert Hooke, Leeuwenhoek, Carl von Linné, Lamarck, Charles Darwin, Schwann y Schleiden, Pasteur y Mendel.



Niveles subcelulares

La historia de la vida no comienza con la célula. ¿Cómo llegó a formarse esta? ¿Qué estructuras se reconocen en su interior? Como veremos en la siguiente unidad, la célula cuenta en su interior con **orgánulos** (plastos, mitocondrias, etc.). A su vez, todos los materiales celulares están constituidos, en última instancia, por **macromoléculas** (como las proteínas y los ácidos nucleicos) en el **nivel subcelular**.

Si analizamos el caso de los virus, veremos que estos se encuentran en el límite de la vida. ¿Por qué? Porque en realidad no son células sino macromoléculas. Están formados por una molécula de ADN (ácido desoxirribonucleico) o ARN (ácido ribonucleico), rodeada por una cápsula proteica, o cápside, que adopta diferentes formas. A veces, los virus poseen una constitución compleja, como los bacteriófagos (virus que parasitan bacterias), o envolturas proteicas como las del virus de la gripe y de la inmunodeficiencia humana: VIH. Teniendo en cuenta las características descritas, los virus se sitúan en el nivel de organización de agregados macromoleculares, por debajo del nivel celular.

Dentro de las células, los virus utilizan la energía, la materia y el sistema enzimático de aquellas, y adquieren características de seres vivos. Solo dentro de las células son capaces de reproducirse. Pueden ser observados únicamente con el microscopio electrónico, porque su tamaño no excede los 2 500 Å (1 Å = 0,0000001 mm). La simplicidad de su estructura explica que carezcan de metabolismo fuera de las células, por lo que se convierten en parásitos obligados, causantes de muchísimas enfermedades.

Las macromoléculas —y, posiblemente, los virus— surgen de la unión de **moléculas** más sencillas; y las moléculas, a su vez, están constituidas por **átomos**. Así como la célula es la unidad de la materia viva, el átomo puede considerarse la **unidad fundamental de la materia**.

El átomo está formado, a su vez, por **partículas subatómicas** de complejidad variable, como son los: electrones, protones y neutrones.

Núcleos supraorgánicos

Si ahora nos situamos en el otro extremo de la organización de los seres vivos, en niveles supraorgánicos, encontraremos que aun los organismos más complejos se agrupan entre sí y forman **poblaciones** de pocos o de muchos individuos, que se interrelacionan con otras poblaciones integrando las **comunidades**; y estas, en interacción con el ambiente, constituyen los **ecosistemas**.

Y la historia no termina aquí. Si generalizamos el concepto de *nivel de organización*, la unión de todos los ecosistemas de la Tierra constituye la **biósfera**. Y nuestro planeta Tierra (¿o deberíamos llamarlo, tal vez, planeta Vida?) integra el sistema solar, el cual, a su vez, forma parte de la galaxia Vía Láctea, que integra el Cúmulo Local de galaxias y, en definitiva, forma parte del universo.

Glosario

bacteriófago (del griego *baktér*, 'bastón'; y *phagein*, comer). Virus que parasita bacterias y provoca la lisis o destrucción de la pared celular.

Tc Trabajo cooperativo

En parejas, **representen** de manera gráfica los niveles de organización, desde el más simple hasta el más complejo.

FUE NOTICIA

¿Un nuevo tipo de ser vivo?

Sucedio en Rusia, 1892...

El botánico ruso Dimitri Ivanovsky acababa de descubrir que la enfermedad del **mosaico del tabaco** es provocada por gérmenes desconocidos, capaces de atravesar un filtro tan fino que retendría todas las bacterias.

Nuevas evidencias acerca de los virus

Sucedio en Holanda, 1899...

El botánico holandés Martinus Beijerinck determinó que la enfermedad del mosaico del tabaco, investigada por Ivanovsky siete años atrás, era provocada por gérmenes a los que denominó **virus filtrables** (en latín, *virus* significa 'veneno'). Beijerinck brindó una clara evidencia de que los virus tienen muchas de las propiedades de los seres vivos, aunque carecen de un metabolismo y una replicación de su material genético fuera de la célula.

Los niveles de organización en la Tierra

La diversidad de formas vivientes se organiza en grados de creciente complejidad y especialización. Desde la base de la infografía hasta la cima, se ubican los representantes de cada nivel de organización.

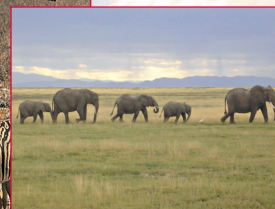
Niveles supraorgánicos

BIÓSFERA

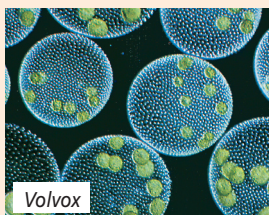
Comunidad. Conjunto de poblaciones de distintas especies.



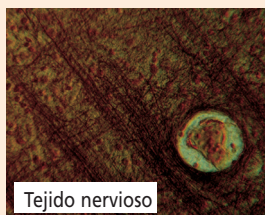
Población. Conjunto de individuos de una misma especie.



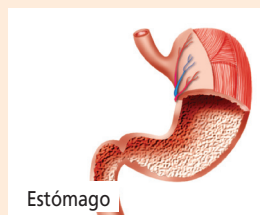
Individuo



Nivel colonial. Agrupaciones laxas de células, como en las esponjas y en las colonias de algas verdes —por ejemplo *Volvox*—, y en los hongos pluricelulares.



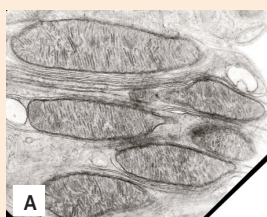
Nivel tisular. División del trabajo entre las células. En este nivel se incluye a las algas y a los hongos más complejos, y entre los animales, a los cnidarios (anémonas de mar y medusas).



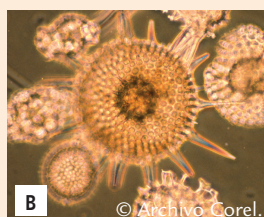
Nivel orgánico. Los tejidos se agrupan en órganos. Característico de los platelmintos (gusanos planos) y las plantas (musgos, helechos, gimnospermas y angiospermas).



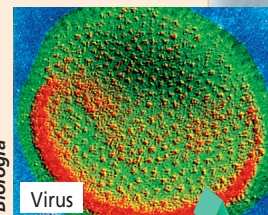
Nivel de sistemas de órganos. Los órganos se reúnen en sistemas, en animales como los artrópodos, los equinodermos, los moluscos y los vertebrados, incluido el ser humano.



Nivel celular y de orgánulos. Según la hipótesis del simbiote, las mitocondrias (A) y los cloroplastos (orgánulos celulares) serían bacterias que se convirtieron en simbiotes obligados de la célula eucariota. Los organismos celulares sin núcleo (procariontes) incluyen las arqueobacterias, las bacterias típicas y las cianobacterias o algas azules. Entre los organismos unicelulares típicos (con núcleo celular o eucariotes) figuran los protozoos (B), las algas unicelulares y los hongos unicelulares.

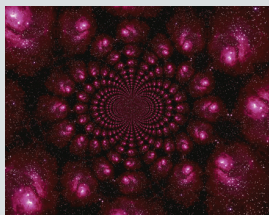


Nivel de agregados macromoleculares. Incluye los virus, estructuras subcelulares en el límite de la vida. Están formados por una molécula de ADN o ARN recubierta por una cápsula proteica.

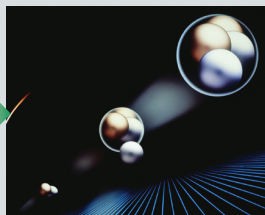


Bioquímica y Biología

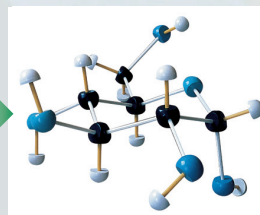
Niveles subcelulares



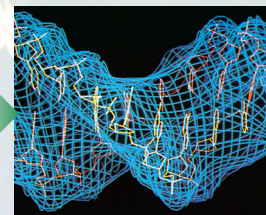
Nivel subatómico. Las partículas subatómicas, como los protones, están constituidas por partículas menores, como los quarks.



Nivel atómico. El átomo es la mínima unidad de materia. Está formado por diversas partículas subatómicas, como electrones, protones y neutrones.



Nivel molecular. La molécula es la mínima porción de materia que se puede hallar en estado libre, en forma estable e independiente. Las moléculas están constituidas por átomos (uno o más).



Nivel macromolecular. Las moléculas se agrupan formando las macromoléculas. Por ejemplo, las bases nitrogenadas se unen a moléculas de ribosa y desoxirribosa y a grupos fosfatos para constituir los ácidos nucleicos.

La Tierra (nivel de organización planetario) está integrada por la **biósfera** —o «esfera de la vida»— y tres esferas abióticas: la **geósfera**, la **hidrósfera** y la **atmósfera**.

GEÓSFERA



La geósfera está formada, básicamente, por rocas (A) y minerales (B), e incluye asimismo fósiles (C) —restos de organismos—. Las rocas están constituidas por minerales, compuestos químicos formados por moléculas complejas.

HIDRÓSFERA



La hidrósfera comprende la totalidad del agua que existe en el planeta que, en su mayor parte, se distribuye en los océanos.

ATMÓSFERA

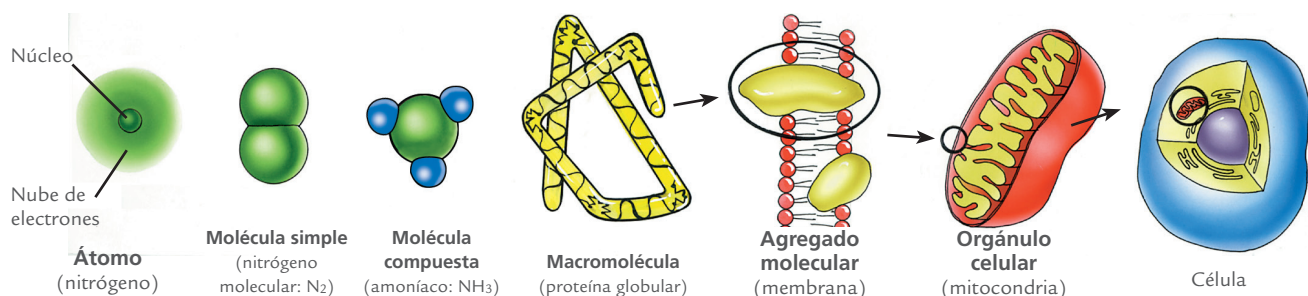


La atmósfera es un verdadero manto gaseoso que envuelve y protege a nuestro planeta, cuya composición y características varían con la altura.

Los átomos y las moléculas

Desde el punto de vista químico, todas las células están formadas por los mismos elementos químicos, moléculas, macromoléculas y agregados macromoleculares.

El secreto de una buena receta no reside en la variedad de ingredientes que se incorporen sino en la armonía de las combinaciones. Si se aplica esto a la química celular, se puede decir que la organización de los seres vivos parece responder a la habilidad de un gran gourmet para realizar interesantes combinaciones con los átomos.



¿En qué sentido puede aplicarse la armonía de las combinaciones químicas a las características de la estructura y la función celulares? ¿Qué propiedades tiene la materia viva? Recorriendo una escala de complejidad creciente, la organización de los átomos dentro de las moléculas determina las propiedades de estas; la de las moléculas caracteriza a las células, y así sucesivamente. Esto explica de qué manera, en el último nivel de organización biológica, las interacciones entre todos los seres vivos y sus ambientes logran el equilibrio necesario para constituir la biósfera.

Esta organización, del átomo a la célula, parece indicar un orden u organización muy específicos. Sin embargo, las sustancias que componen las células están en permanente cambio e intercambio; por otra parte, la materia viva no es homogénea y las estructuras que la forman en los niveles molecular y celular son muy diversas.

De los 118 elementos químicos (o clases de átomos, según la nueva definición) que se han reconocido al menos en el laboratorio, solo unos pocos se consideran **bioelementos**, es decir, son suficientes para organizar la materia viva. Solamente seis de estos elementos constituyen del 95 al 99% de los tejidos vivos: el **carbono** (C), el **hidrógeno** (H), el **oxígeno** (O), el **nitrógeno** (N), el **azufre** (S) y el **fósforo** (P). Lo destacable es que estos seis elementos mayoritarios se cuentan entre los más abundantes del planeta y entre los más livianos de la tabla periódica.

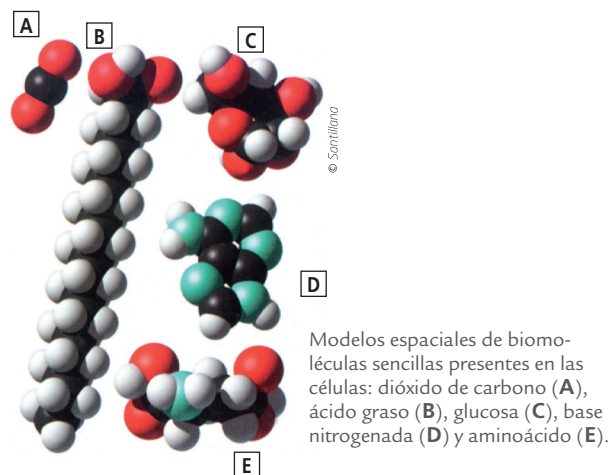
Los **átomos** constituyen la unidad fundamental de la materia, aunque existen niveles subatómicos. En la mayoría de los átomos, el nivel de energía exterior está incompleto, de modo que solo es posible completarlo combinándose con otros, compartiendo, cediendo o aceptando electrones.

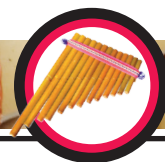
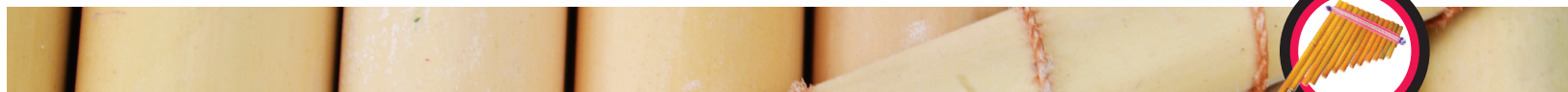
Por lo general, los átomos no se encuentran libres sino que se unen a otros. De estas uniones o enlaces químicos, surgen **iones** y **moléculas** y, respectivamente, se habla de **compuestos iónicos** y **compuestos moleculares**.

El número de átomos que constituyen las moléculas y los compuestos iónicos varía en cada caso, y a veces llegan a ser miles. Cuando se trata de compuestos moleculares, los enlaces entre los átomos de C, O, H y N permiten formar una inmensa cantidad de moléculas diferentes, en las que también se encuentran, en menor proporción, P y S.

T Tarea

- **Explica** con tus palabras el concepto de **materia**.
- **Realiza** una representación del átomo e **identifica** los tres tipos básicos de partículas que lo componen.





Los bioelementos

Los bioelementos son los elementos químicos que constituyen la materia viva. Estos se clasifican, de acuerdo a su importancia y proporción en los seres vivos, en dos tipos: bioelementos primarios y secundarios.

- **Bioelementos primarios:** Son los más abundantes y comprenden el 96% del total de la materia viva. Son indispensables para la formación de las biomoléculas orgánicas: glúcidos, lípidos, proteínas y ácidos nucleicos, que están presentes en todos los seres vivos.
- **Bioelementos secundarios:** Componen solo el 4% de la materia viva. Pueden encontrarse en las biomoléculas orgánicas o bien en otras biomoléculas. Se pueden distinguir dos tipos: los **indispensables**, que son imprescindibles para la vida de la célula y que, en mayor o menor proporción, se encuentran en todos los seres vivos; y los **variables**, que no están presentes en todos los organismos. El calcio (Ca), el sodio (Na), el potasio (K), el magnesio (Mg), el cloro (Cl), el hierro (Fe) y el yodo (I) son algunos de los bioelementos secundarios indispensables. El bromo (Br), el cinc (Zn) y el titanio (Ti) son bioelementos secundarios variables.

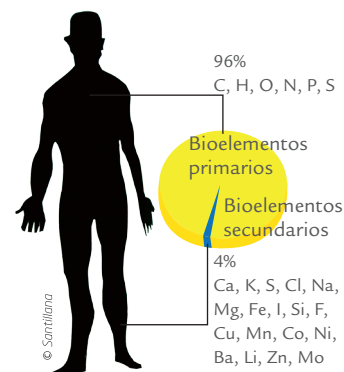
Otra clasificación de los bioelementos puede ser de acuerdo a su abundancia. Los que se encuentran en proporciones inferiores al 0.1% se denominan **oligoelementos**, y el resto son **bioelementos plásticos**. No hay una relación directa entre abundancia y esencialidad. Por este motivo, una pequeña cantidad de ellos es suficiente para que el organismo viva, pero la falta total provocaría su muerte.

Bioelementos primarios

Los bioelementos primarios son indispensables para la formación de las moléculas orgánicas o **biomoléculas**, que constituyen todos los seres vivos. Este grupo consta de: carbono (C), hidrógeno (H), oxígeno (O), nitrógeno (N), fósforo (P) y azufre (S).

Estos elementos tienen una masa atómica relativamente pequeña, lo que favorece que al combinarse entre sí se establezcan **enlaces covalentes estables**. Algunas de sus características son:

- El **carbono** tiene cuatro electrones en su periferia, por lo que puede formar enlaces en cuatro direcciones y así, estructuras tridimensionales. Los enlaces C-C son estables y permiten formar cadenas lineales o ramificadas y anillos, que constituyen los esqueletos o soportes de muchas moléculas.
- El **oxígeno** y el **nitrógeno** son elementos muy electronegativos, al establecer enlaces covalentes con otros átomos con frecuencia forman moléculas bipolares. Dado que el agua es un compuesto bipolar, las moléculas formadas por estos elementos pueden disolverse en ella con facilidad.
- El **fósforo** no es tan electronegativo como el oxígeno o el nitrógeno, pero establece enlaces de alta energía que pueden romperse con facilidad. Así, al romperse el enlace que une dos grupos $-\text{PO}_3-\text{PO}_3-$, se libera al organismo la energía contenida en dicho enlace. De igual forma, en estos enlaces se almacena la energía liberada en otras reacciones.
- El **azufre** se encuentra en forma de radical sulfhídrico ($-\text{SH}$). Estos radicales permiten establecer enlaces fuertes entre los aminoácidos, los cuales mantienen la estructura de las proteínas.
- El **Hidrógeno** además de ser uno de los componentes de la molécula de agua, indispensable para la vida y muy abundante en los seres vivos, forma parte de los esqueletos de carbono de las moléculas orgánicas. Puede enlazarse con cualquier otro bioelemento.



El 96% del organismo humano está formado por seis bioelementos primarios. El 4% restante está formado por bioelementos secundarios.

TIC

Investiga



El silicio es un elemento químico con características similares al carbono. Es mucho más abundante en la corteza terrestre que el carbono. **Visita** esta página electrónica ¿Por qué no es posible una vida basada en el silicio? goo.gl/ST0Jl para que analices por qué el carbono, y no el silicio, ha permitido la materia viva. **Comenta** en clase tus hallazgos.

L Lección

Responde las siguientes preguntas.

- ¿Cuál es la clasificación de los bioelementos de acuerdo a su abundancia?
- ¿Qué son los oligoelementos?
- ¿Cuáles son los bioelementos primarios?
- ¿Por qué el carbono constituye los esqueletos de las moléculas orgánicas?

Bioelementos secundarios

Según su mayor o menor cantidad, se pueden distinguir los bioelementos más abundantes, que se encuentran en una proporción superior al 0,1%, y los oligoelementos, que se encuentran en proporciones inferiores al 0,1%.

Los principales **bioelementos más abundantes** son: el sodio (Na), el potasio (K), el calcio (Ca), el magnesio (Mg) y el cloro (Cl).

Los bioelementos secundarios indispensables pueden obtenerse a través de los alimentos que ingerimos.



© Santillana

Elemento	Función
Sodio (Na) Potasio (K)	Los iones Na^+ y K^+ son fundamentales en la transmisión del impulso nervioso. El K^+ interviene en los mecanismos de contracción muscular en los animales y regula la contracción de los estomas en las plantas.
Cloro (Cl)	Los iones Cl^- son importantes en el equilibrio de líquidos corporales; en la realización de la fotosíntesis en las plantas; en el mantenimiento del grado de salinidad dentro de las células; y el equilibrio de cargas eléctricas a un lado y otro de la membrana plasmática.
Calcio (Ca)	En forma de carbonato (CaCO_3), interviene en la formación de los caparazones de los moluscos y los esqueletos de otros muchos organismos. Como ion actúa en muchas reacciones, como en el mecanismo de la contracción muscular, la permeabilidad de las membranas celulares, la coagulación de la sangre, etc.
Magnesio (Mg)	El ion magnesio es un componente de muchas enzimas y del pigmento clorofila. También interviene en la síntesis y degradación del ATP, en la replicación del ADN y en su estabilización, y en la síntesis del ARN.
Hierro (Fe)	Es necesario para sintetizar enzimas que intervienen en la respiración celular. En los humanos, participa en la síntesis de la hemoglobina en los glóbulos rojos.

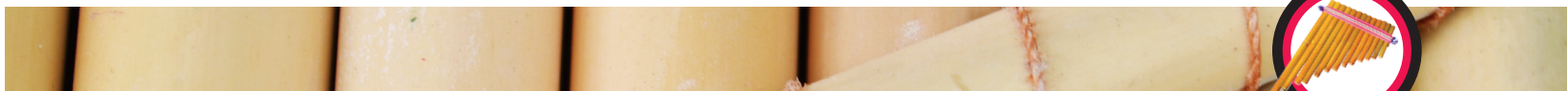
Ti Trabajo individual

Indaga qué trastornos o enfermedades produce la deficiencia de calcio, hierro y yodo en los seres humanos.

Muchos **oligoelementos** resultan indispensables porque intervienen en importantes funciones, como por ejemplo:

- **Hierro (Fe).** Como ion Fe^{2+} forma parte de la composición de la hemoglobina y de la mioglobina, dos transportadores de moléculas de oxígeno, desempeñan una función vital en el transporte de energía química en todas las células vivas
- **Cinc o Zinc (Zn).** Es abundante en el cerebro, en los órganos sexuales y en el páncreas. La insulina puede formar un complejo con el cinc que mejora la solubilidad de esta hormona en las células pancreáticas.
- **Cobre (Cu).** Es un componente de la hemocianina, pigmento respiratorio de muchos invertebrados acuáticos y de algunas enzimas oxidadas.
- **Cobalto (Co).** Forma parte de la composición de la vitamina B_{12} , y de algunas enzimas que regulan la fijación de nitrógeno.

- **Manganeso (Mn).** Actúa asociado a diversas enzimas degradativas de proteínas, como factor de crecimiento y en los procesos fotosintéticos.
- **Litio (Li).** Incrementa la secreción de los neurotransmisores y por eso favorece la estabilidad del estado de ánimo en los enfermos de depresiones endógenas.
- **Silicio (Si).** Forma parte de los caparazones de las diatomeas y da rigidez a los tallos de las gramíneas y los equisetos.
- **Yodo (I).** Participa en la formación de la hormona tiroxina, responsable de regular el ritmo del metabolismo energético. Su falta provoca el bocio.
- **Flúor (F).** Es necesario para constituir el esmalte de los dientes y de los huesos. En los dientes su carencia favorece las caries.



Los principios inmediatos o biomoléculas

Si se realiza un análisis de la materia viva, de modo que se pueda separar cada una de las sustancias que la componen, se llega a los **principios inmediatos** o **biomoléculas**. Estos pueden estar compuestos de un mismo tipo de átomos, a estos se les llama **principios inmediatos** o **biomoléculas simples**; o por átomos diferentes a los cuales se denomina **principios inmediatos** o **biomoléculas compuestas**. Las biomoléculas compuestas pueden dividirse, a su vez, en **biomoléculas inorgánicas** y **orgánicas**.

- **Biomoléculas inorgánicas:** Por lo general conforman estructuras menos complejas como el agua (H_2O), el dióxido de carbono (CO_2) y las sales minerales.
- **Biomoléculas orgánicas:** Poseen una estructura formada, básicamente, por carbono e hidrógeno. Estas biomoléculas forman polímeros, llamados **macromoléculas**, como proteínas, ácidos nucleicos y polisacáridos; que a su vez están constituidas por monómeros, como aminoácidos, nucleótidos y monosacáridos.

T Tarea

Responde las siguientes preguntas.

- ¿Qué es un principio inmediato?
- ¿Cuáles son las funciones de los principios inmediatos en los seres vivos?

Biomoléculas	Simples: con átomos del mismo elemento.	Oxígeno molecular (O_2) Nitrógeno molecular (N_2)	
	Compuestas: con átomos de elementos diferentes.	Inorgánicas: conforman estructuras menos complejas	<ul style="list-style-type: none"> • Agua • Dióxido de carbono • Sales minerales
		Orgánicas: están constituidas por polímeros de carbono e hidrógeno.	<ul style="list-style-type: none"> • Glúcidos • Lípidos • Proteínas • Ácidos nucleicos

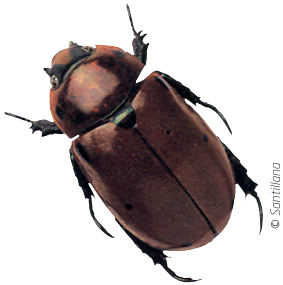
Funciones de las biomoléculas

Las biomoléculas tienen diversas funciones en los seres vivos, entre las más importantes se encuentran las siguientes.

- **Función estructural.** Crean estructuras que conforman los huesos y tejidos. Ejemplos: las proteínas y las sales minerales de los huesos o los lípidos de las membranas plasmáticas.
- **Función energética.** Liberan o almacenan energía en el organismo. Ejemplo: las moléculas de grasa y de azúcares.
- **Función biocatalizadora.** Sirven de facilitadores para que se produzcan reacciones bioquímicas. Ejemplo: el agua o las enzimas.

Además de estas funciones, el oxígeno (O_2), el dióxido de carbono (CO_2) y el nitrógeno (N_2) realizan funciones específicas.

- El oxígeno interviene en la respiración aerobia, tanto en bacterias aeróbicas como en las mitocondrias de las células animales y vegetales.
- El dióxido de carbono es desprendido en la respiración aerobia como un producto de excreción. Este gas es captado del medio por las algas y las plantas al realizar la fotosíntesis en sus cloroplastos.
- El nitrógeno es un gas inerte. Solo algunas bacterias del suelo (como *Clostridium pasteurianum*) y otras simbioses de las raíces de las leguminosas (como algunas especies del género *Rhizobium*) son capaces de captarlo y aprovecharlo para sintetizar proteínas.



La quitina es un glúcido que conforma el exoesqueleto o caparazón de los insectos.

La molécula del agua

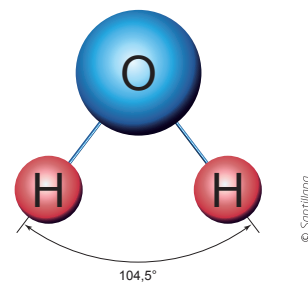
La molécula de agua (H_2O) está formada por dos átomos de hidrógeno (H) y uno de oxígeno (O), unidos por medio de enlaces covalentes. Esta molécula presenta un comportamiento físico particular, debido a que los dos electrones de los átomos de hidrógeno están desplazados hacia el átomo de oxígeno. Ya que el oxígeno tiene una electronegatividad superior a la del hidrógeno, el agua es una molécula polar. El oxígeno tiene una ligera carga negativa, mientras que los átomos de hidrógenos tienen una carga ligeramente positiva del que resulta un fuerte momento dipolar eléctrico. La interacción entre los diferentes dipolos eléctricos de una molécula causa una atracción en red que explica el elevado índice de tensión superficial del agua.

En el agua líquida y sólida (hielo) las moléculas están unidas entre sí por fuerzas de atracción denominadas **puentes o enlaces de hidrógeno**. El puente de hidrógeno resulta de la atracción entre un átomo electronegativo y un átomo de hidrógeno unido por enlace covalente a otro átomo electronegativo, es decir resulta de la formación de una fuerza dipolo-dipolo con un átomo de hidrógeno unido a un átomo de oxígeno, en este caso. Estos puentes originan polímeros de tres, cuatro y hasta poco más de nueve moléculas, cuyos enlaces se rompen y se rehacen continuamente. Con esto se logra una masa molecular elevada, y el agua se comporta como un líquido. Estas agrupaciones, que duran fracciones de segundo, confieren al agua todas sus propiedades de fluido.

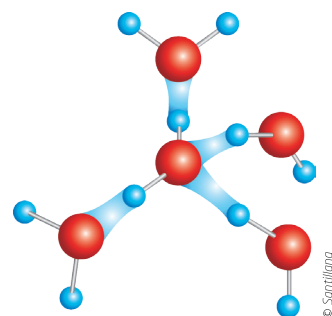
Propiedades del agua

El agua es la sustancia más asombrosa y versátil presente en la naturaleza. Esto se debe básicamente a que su estructura le otorga propiedades muy interesantes. Las propiedades químicas y físicas del agua son las que le permiten desempeñar tantas y tan variadas funciones en el planeta y en los seres vivos. A continuación, se detallan algunas de las propiedades más sobresalientes.

- **Elevada fuerza de cohesión** entre sus moléculas, debido a puentes de hidrógeno. Esto explica que el agua sea un líquido casi incompresible, que proporciona volumen a las células, turgencia a las plantas y constituye el esqueleto hidrostático de los anélidos, medusas, etc.
- **Elevada fuerza de adhesión**, lo que hace que las moléculas de agua presentan una gran capacidad de adherirse a las paredes de conductos de pequeño diámetro, ascendiendo en contra de la gravedad, como lo hace la savia bruta por los tubos capilares de las plantas. Esto se conoce como **capilaridad** y depende tanto de la adhesión de las moléculas de agua a las paredes de los conductos como de la cohesión de las moléculas de agua entre sí.
- **Elevada tensión superficial**, es decir, su superficie opone resistencia a romperse, lo cual posibilita que algunos organismos vivan asociados a esta película superficial.
- **Elevado calor específico**, es decir, se requiere mucho calor para elevar su temperatura. Esto la convierte en estabilizador térmico del organismo frente a cambios bruscos de temperatura del ambiente.
- **Elevado calor de vaporización**, es decir, para pasar agua de estado líquido a gaseoso se requiere romper todos los puentes de hidrógeno, por lo que se necesitan más de 500 calorías para convertir un gramo de agua en un gramo de vapor. Esto hace que el agua sea una buena sustancia refrigerante del organismo.
- **Mayor densidad en estado líquido que en estado sólido**, lo que quiere decir que mientras que la mayor parte de las sustancias aumentan su densidad a medida que disminuye la temperatura, el agua alcanza su mayor densidad a 4 grados centígrados; luego, cuando la temperatura disminuye aún más, comienza a expandirse. Esto explica que el hielo flote en el agua y forme una capa superficial termoisolante que permite la vida en ríos, mares y lagos en áreas de bajas temperaturas.



Molécula de agua.

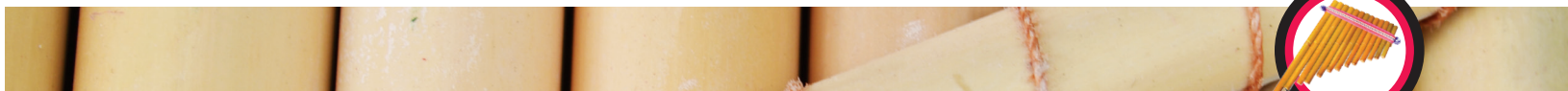


Las regiones con carga positiva de una molécula de agua atraen a las regiones con carga negativa de otra molécula y forma los enlaces o puentes de hidrógeno.

Tc Trabajo cooperativo

En parejas, **indiquen** la propiedad del agua que explica lo siguiente:

- El hielo flota en el agua.
- Para elevar la temperatura del agua, hace falta aplicar mucho calor.
- Los compuestos iónicos pueden disolverse en agua.
- Aun cuando la capa superficial del océano Ártico (Polo Norte) está congelada, es posible encontrar organismos viviendo en sus aguas.
- Las moléculas polares pueden disolverse en el agua.
- El agua es el estabilizador térmico de los organismos vivos.



- **Bajo grado de ionización:** De cada 551 000 000 moléculas de agua, solo una se encuentra ionizada, por lo que los niveles de iones hidronio (H_3O^+) e hidroxilo (OH^-) en el agua son muy bajos.
- **Elevada constante dieléctrica.** Por tener moléculas polares, el agua es un gran medio disolvente de compuestos iónicos, como las sales minerales, y de compuestos covalentes polares, como los glúcidos. Esto es posible debido a que las moléculas de agua son polares y estas se disponen alrededor de los grupos polares del soluto, que quedan así rodeados por moléculas de agua.

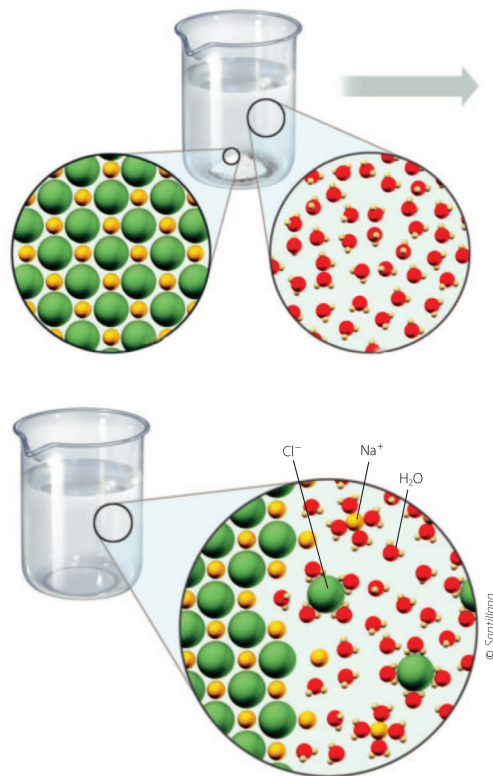
Función del agua en los organismos vivos

La importancia del agua para los seres vivos radica fundamentalmente en las funciones biológicas como disolvente para llevar a cabo funciones bioquímicas, de transporte, estructurales, como lubricante y de termoregulación. Todas estas funciones son imprescindibles para el mantenimiento de la vida.

- **Función de disolvente de sustancias.** La molécula de agua, por hidratación iónica, facilita la disociación de las sales en forma de cationes y aniones que se rodean por dipolos de agua. El agua es un buen disolvente de los compuestos iónicos, como son las sales minerales, y de los compuestos covalentes polares, como muchos glúcidos y muchas proteínas. Esto hace que el agua sea el medio en que se realizan las reacciones químicas del organismo.
- **Función bioquímica.** El agua interviene en muchas reacciones químicas, por ejemplo, en la hidrólisis (rotura de enlaces con intervención de agua) que ocurre durante la digestión de los alimentos o en la fotosíntesis.
- **Función de transporte.** El agua de los líquidos corporales sirve para transportar sustancias nutritivas a las células, así como para llevar los residuos a los sitios de eliminación.
- **Función estructural.** La forma y el volumen de las células que carecen de membrana rígida se mantiene debido a la presión que ejerce el agua intracelular. Al perder agua, las células pierden su turgencia natural, se arrugan y hasta se pueden romper.
- **Función lubricante.** El agua evita el desgaste en los sitios de rozamiento de los órganos que se mueven, como sucede en las articulaciones de las rodillas y los codos.
- **Función termorreguladora.** Se debe a su elevado calor específico y a su elevado calor de vaporización. Por ejemplo los animales, al sudar, expulsan agua, la cual toma calor del cuerpo para evaporarse y, como consecuencia, este se enfría.



El hielo flota en el agua debido a que el agua posee mayor densidad en estado líquido que en estado sólido. Si el hielo fuera más denso que el agua, no flotaría sobre ella, sino que se iría acumulando desde el fondo hacia la superficie.



Acción disolvente del agua.

L Lección

1. **Dibuja** la molécula del agua y **señala** las cargas positivas y negativas, así como los puentes de hidrógeno.
2. **Realiza** un cuadro con las propiedades del agua y las principales funciones que realiza en los seres vivos.

Sales minerales

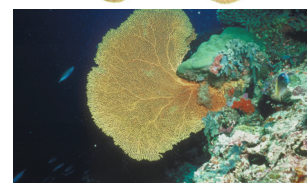
Las **sales minerales** son biomoléculas orgánicas que se incorporan al cuerpo humano a través de la alimentación. Los procesos vitales requieren la presencia de ciertas sales minerales bajo la forma de iones (átomos eléctricamente cargados); por ejemplo: el cloruro, los carbonatos y los sulfatos.

Las sales minerales se pueden encontrar en los seres vivos de tres formas: precipitadas, disueltas o asociadas a sustancias orgánicas.

- **Sustancias minerales precipitadas.** Constituyen estructuras sólidas, insolubles, con función esquelética. Por ejemplo: el carbonato de calcio, CaCO_3 , de los caparazones de los moluscos; el fosfato de calcio, $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, y el carbonato de calcio, que depositados sobre el colágeno, constituyen los huesos; la sílice, SiO_2 , de los exoesqueletos de las diatomeas, etc.
- **Sales minerales disueltas.** Las sustancias minerales al disolverse dan lugar a aniones y cationes. Los principales aniones son: Cl^- , SO_4^{2-} , PO_4^{3-} , CO_3^{2-} , HCO_3^- y NO_3^- . Los principales cationes son: Na^+ , K^+ , Ca^{2+} y Mg^{2+} . Estos iones mantienen constante el grado de salinidad dentro del organismo y también ayudan a mantener constante el grado de acidez (pH). Los fluidos biológicos, que están constituidos básicamente por agua, mantienen constante su grado de acidez pese a la adición de ácidos o bases. Este fenómeno se denomina **efecto tampón**, y las disoluciones en las que tiene lugar se denominan disoluciones tampón o amortiguadoras. El medio interno de los organismos presenta unas concentraciones iónicas constantes. Una variación en ellas provoca alteraciones de la permeabilidad, la excitabilidad y la contractibilidad de las células. La presencia de sales en el medio interno celular determina que se verifique la entrada o salida de agua a través de la membrana, debido a la tendencia a igualar la salinidad interna con la externa, con lo que se regula la presión osmótica y el volumen celular. Los iones del interior celular son distintos de los del exterior; por eso, a ambos lados de la membrana existe una diferencia de cargas eléctricas, lo que genera un potencial eléctrico. Por otro lado, cada ion ejerce funciones específicas y, en algunos casos, antagónicas. Por ejemplo, el ion K^+ aumenta la turgencia de la célula, mientras que el ion Ca^{2+} la disminuye.
- **Sales minerales asociadas a moléculas orgánicas.** Suelen hallarse junto a proteínas —formando fosfoproteínas— o a lípidos —constituyendo fosfolípidos—. También puede haber iones formando parte de otras moléculas orgánicas, como el hierro en la hemoglobina, el magnesio en la clorofila, los fosfatos en los ácidos nucleicos, los fosfolípidos y el ATP, el cobalto en la vitamina B_{12} , el yodo en las hormonas tiroideas y el azufre en algunos aminoácidos (como la cisteína y la metionina). Cumplen diversas funciones según el sistema biológico en el que se encuentren.

De manera general, las principales funciones de las sales minerales en los organismos son:

- Formar estructuras esqueléticas.
- Estabilizar dispersiones coloidales.
- Mantener un grado de salinidad en el medio interno.
- Constituir soluciones amortiguadoras.



El carbonato de calcio es un compuesto químico muy abundante en la naturaleza, ya que es el componente principal de rocas, esqueletos de moluscos como las conchas y corales.



Las sales minerales disueltas en la savia de los árboles permite el transporte de iones desde el suelo hacia las hojas.

Investiga

El esqueleto del adulto medio contiene una gran reserva de Ca^{2+} en forma de fosfato cálcico. Si este se disuelve, produce una basificación del plasma. En la acidosis crónica, esta reserva de base se va usando para ayudar a controlar el pH del plasma. De esta forma, las personas que sufren enfermedades renales crónicas no experimentan un descenso continuo en el pH del plasma.

Investiga qué es la *acidosis crónica* y cuál es el papel de los huesos en la homeostasis ácido-base. **Elabora** un informe con tus hallazgos.

El carbono y los compuestos orgánicos



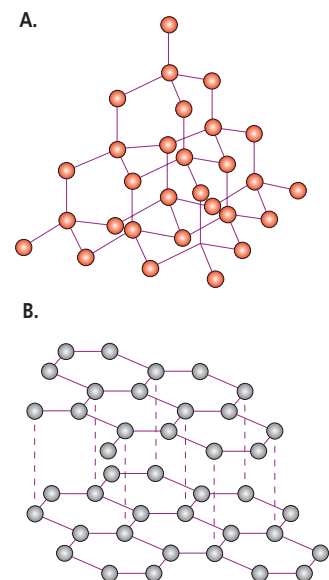
El **carbono** está estrechamente relacionado con la vida, pues la mayoría de los constituyentes primarios de los organismos incluye átomos de ese elemento. Conforma casi el 18 % del total de la materia viva, porcentaje muy elevado si se tiene en cuenta que el resto de esa materia es principalmente agua. Los compuestos químicos carbonados se denominan **compuestos orgánicos**, ya que antiguamente se creía que estaban presentes solo en los seres vivos.

El carbono generalmente se encuentra asociado en la naturaleza a átomos de hidrógeno (H), oxígeno (O) y nitrógeno (N).

El átomo de carbono posee cuatro electrones en su capa más externa. Esto le permite formar cuatro enlaces químicos con otro átomo de carbono o con átomos distintos. Cuando se une a otros átomos de carbono, forma complejas estructuras de muchas moléculas. Existen dos razones más por las cuales el carbono forma parte de gran variedad de compuestos.

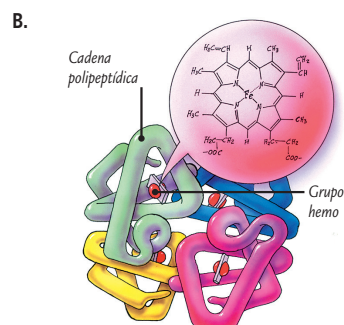
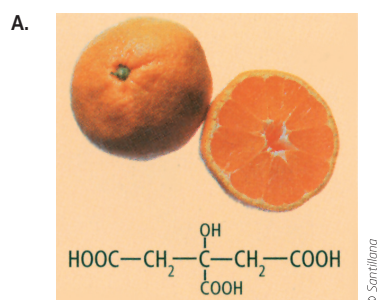
- La capacidad de formar **cadenas estables**. La mayor parte de los compuestos orgánicos están formados por cadenas en las que los átomos de carbono se unen entre sí por medio de enlaces sencillos. La estabilidad de esas cadenas se debe a que los enlaces entre los átomos de carbono son muy fuertes, por lo que se requiere de mucha energía para romper esas uniones. Las cadenas carbonadas pueden ser abiertas (ramificadas o no), cuando los átomos de carbono se establecen de manera lineal; o cerradas, cuando forman estructuras geométricas llamadas anillos (como pentágonos y hexágonos).
- La capacidad de formar **enlaces múltiples**. El tamaño relativamente pequeño de los átomos de carbono, en comparación con otros átomos, y el número de electrones disponibles, facilita el acercamiento y la formación de enlaces múltiples (dobles y triples) con átomos de carbono o de otros elementos.

Los compuestos orgánicos se encuentran en la estructura de la célula y de los tejidos; participan en las reacciones metabólicas y las regulan; son fuente de energía en los procesos biológicos y transmiten la información genética.



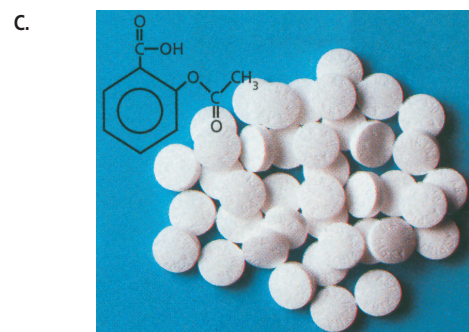
Los átomos de carbono también se encuentran en materiales inorgánicos como el diamante y el grafito.

- a. Estructura del diamante.
b. Estructura del grafito.



Compuestos orgánicos presentes en los seres vivos.

- A. Ácido cítrico.
B. Hemoglobina.



Compuestos orgánicos sintéticos.

- C. Ácido acetilsalicílico.
D. Propeno.



$\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{CH}_3$ (Propeno)

© Santillana

Polímeros o macromoléculas

Es difícil imaginar la relación entre la clara del huevo y un envase de agua mineral, o entre una película fotográfica y el material genético de una célula. Sin embargo, cuando se indaga acerca de la composición de estos materiales, se encuentra que muchas de sus moléculas constituyentes comparten algunas características.

- Están formadas por unidades estructurales, llamadas **monómeros**, que se repiten de acuerdo con un patrón determinado. Por esa particularidad, se les confiere el nombre de **polímeros**.
- Todas poseen una elevada masa molecular (mayor de 10 000 uma), porque están constituidas por miles de átomos. Debido a esto, se las conoce con el nombre de **macromoléculas**.

Los miles de compuestos orgánicos complejos y distintos que forman parte de los seres vivos se constituyen a partir de casi 40 monómeros sencillos y pequeños. Estos polímeros pueden ser degradados a sus monómeros constituyentes por hidrólisis.

Muchos de los polímeros conocidos, como los que forman el envase del agua mineral y la película fotográfica, son sintéticos. Sin embargo, también en la naturaleza se encuentra una gran cantidad de polímeros, a los que se llama comúnmente **biopolímeros**. Algunos de ellos, como el látex, el algodón y la madera, son utilizados por el ser humano. Los polisacáridos, las proteínas (como la albúmina de la clara de huevo) y los ácidos nucleicos, son macromoléculas naturales que desempeñan funciones biológicas de extraordinaria importancia en los seres vivos. Tanto los polímeros sintéticos como los biopolímeros son importantes fuentes de materia prima en la elaboración de diversos artículos.



© Sanitiano

Los plásticos están elaborados con un polímero llamado polietileno. Hay dos clases de polietileno:

A. Polietileno de alta densidad.

En este, las moléculas forman arreglos lineales muy compactos, por eso produce un plástico rígido.

B. Polietileno de baja densidad.

Presenta algunas cadenas poco ramificadas, por lo que genera un plástico menos rígido que el anterior.

Desde el punto de vista estructural, los polímeros sintéticos y los biopolímeros son diferentes. Todos los polímeros sintéticos están formados por una o dos unidades monoméricas iguales, que se repiten a lo largo de toda la cadena. En cambio, los biopolímeros (a excepción de los carbohidratos) poseen monómeros con una estructura similar, pero con un ordenamiento desigual. Es así como los miles de compuestos orgánicos que forman parte de los seres vivos se construyen con base en casi solo 40 monómeros sencillos y pequeños. A partir de estas unidades, surgen combinaciones que dan como resultado diversas moléculas con funciones muy diferentes. Por ejemplo, las diferencias físicas entre los organismos y entre los tejidos (como las que existen entre el tejido muscular y el cerebral) se atribuyen a los distintos tipos y secuencias de monómeros.

Para visualizarlo, la imagen de enhebrar un collar funciona muy bien: si todas las cuentas que utilizan son iguales en cuanto a forma y color, se aproximan a la estructura de un polímero sintético. En cambio, si se enhebra un collar con cuentas de la misma forma pero de distintos colores que se alternan al azar, las posibilidades de combinarlas son muchísimas. Así sucede en los ácidos nucleicos y, sobre todo, en las proteínas.

Glosario

masa molecular. Suma de las masas de los átomos que constituyen una molécula. Su unidad de medida es la uma.

Ti Trabajo individual

El consumismo es uno de los grandes problemas ambientales de la actualidad.

Responde: ¿De qué forma los artículos creados a partir de polímeros sintéticos afectan el medioambiente?



Glúcidos

A pesar de que el azúcar para endulzar es, en apariencia, diferente de la fécula de maíz, ambos poseen un agradable sabor dulce y pertenecen al grupo de los **carbohidratos**, también llamados **glucósidos**, **glúcidos** o **azúcares**. La denominación de carbohidrato se debe a que la mayoría posee la fórmula general $(CH_2O)_n$, y a que en un principio se creyó que cada carbono estaba asociado al agua (hidratado) en la proporción 1:1.

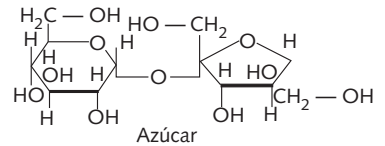
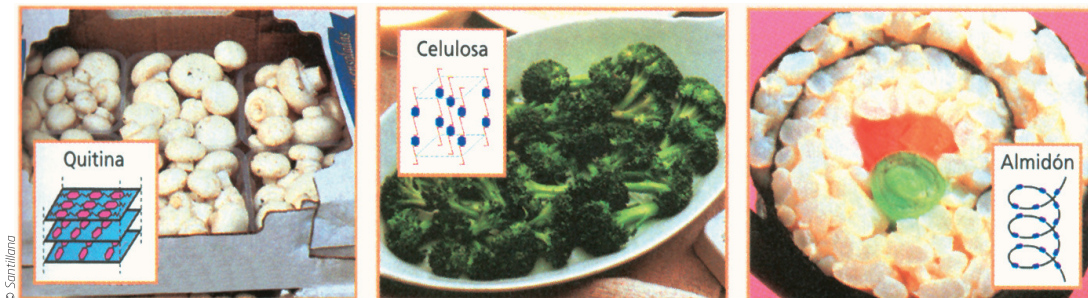
Los carbohidratos más pequeños, por lo general, son moléculas que tienen de tres a siete átomos de carbono. Se los conoce como **monosacáridos**. Los monosacáridos de mayor interés biológico para la formación de macromoléculas son algunas pentosas (como la glucosa y la fructosa) y ciertas hexosas (como la ribosa y la desoxirribosa).

Los monosacáridos se unen entre sí a través de **enlaces glucosídicos** para formar un disacárido. La sacarosa, azúcar común de mesa, es un ejemplo de disacárido. Los azúcares que involucran tres monosacáridos o más dan origen a los **polisacáridos**. Estos carbohidratos son los más abundantes y diversos, ya que pueden tener cadenas largas y sencillas o ramificadas. Los polisacáridos más importantes son:

- **Celulosa.** Polímero de cadena lineal de glucosa, de 3 000 unidades aproximadamente. Es el principal componente de la pared vegetal y el polisacárido natural más abundante y de mayor aplicación industrial, pues materiales como la madera y el algodón están constituidos por fibras de celulosa.
- **Almidón.** Polímero de glucosa que puede encontrarse en dos formas: la amilosa (molécula pequeña no ramificada de 60 a 300 unidades de glucosa) y la amilopectina (molécula ramificada de 300 a más de 5 000 unidades de glucosa). El almidón es un compuesto que sirve de reservorio de energía para uso rápido en las plantas.
- **Glucógeno.** Macromolécula ramificada constituida por unidades de glucosa. Este compuesto representa el almacén de energía en los animales. Se acumula en órganos como el hígado y los músculos.
- **Quitina.** Está formada por monómeros de N-acetilglucosamina. Es el componente del exoesqueleto de los artrópodos, de las paredes celulares de los hongos y de algunos órganos internos de los moluscos y los anélidos. Su gran resistencia estructural se debe a las fuertes uniones de los puentes de hidrógeno.

Las principales funciones de los carbohidratos son:

- Proveer la célula de energía.
- Formar parte de compuestos más complejos, como los ácidos nucleicos y las glucoproteínas.
- Cumplir funciones estructurales en las plantas, los hongos y los insectos.



Estructura de la sacarosa.

Glosario

hexosa. Molécula de azúcar de seis carbonos.

pentosa. Molécula de azúcar de cinco carbonos.

Tarea

1. **Responde:** ¿Qué son los carbohidratos o glúcidos?
2. **Describe** las características de los monosacáridos, disacáridos y polisacáridos. **Incluye** un ejemplo de cada uno.

El cuerpo humano no posee enzimas que degraden la quitina y la celulosa, polisacáridos insolubles en agua. En cambio sí tiene una enzima: la amilasa, que degrada el almidón (polisacárido soluble en agua).

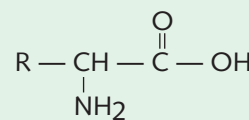
Proteínas

Las **proteínas** son macromoléculas formadas por unidades monoméricas llamadas **aminoácidos**. Los aminoácidos poseen en su estructura un grupo carboxilo (COOH) y un grupo amino (NH₂), unidos al mismo carbono. Para ser asimiladas por el organismo, las proteínas deben ser degradadas en los aminoácidos que las componen. De los aminoácidos que se conocen, solo 20 forman parte de las proteínas. De esos, solo 10 se consideran **aminoácidos esenciales** para el ser humano, es decir, no son sintetizados por él y deben ser incorporados en su dieta.

Aminoácidos no esenciales		Aminoácidos esenciales	
Alanina	Glutamina	Arginina	Metionina
Asparagina	Glicina	Histidina	Fenilalanina
Ácido aspártico	Prolina	Isoleucina	Treonina
Cisteína	Serina	Leucina	Triptofano
Ácido glutámico	Tirosina	Lisina	Valina

Las proteínas constituyen aproximadamente el 50 % del peso seco de las células. Son compuestos que presentan una gran diversidad, la cual se relaciona con los tipos de funciones que cumplen. Entre esas funciones están las siguientes.

- **Estructural.** Las proteínas forman parte de la estructura de células y tejidos, por lo que el crecimiento, la reparación y la conservación del organismo dependen del aporte de estos compuestos.
- **Contráctil.** Estas macromoléculas intervienen en la capacidad de contracción de las células musculares. Tal característica se atribuye principalmente a las proteínas contráctiles **miosina** y **actina**.
- **Defensa.** Ciertas proteínas específicas, llamadas **anticuerpos** o **inmunoglobulinas**, detectan y atacan sustancias extrañas que entran en el cuerpo (antígenos).
- **Transporte.** Algunas sustancias pueden ser llevadas de un sitio a otro del organismo por medio de proteínas. Este es el caso específico de la **hemoglobina**, proteína que transporta el oxígeno y el dióxido de carbono.
- **Catalítica.** Existen sustancias, denominadas **enzimas**, que se encargan de regular la velocidad de diversas reacciones químicas que suceden en el cuerpo. La síntesis de nuevas moléculas, la ruptura de moléculas durante la digestión y el procesamiento de energía, son ejemplos de procesos regulados enzimáticamente. La gran mayoría de las enzimas son proteínas.
- **Recepción.** Algunos de estos biopolímeros intervienen en la detección de estímulos en la superficie celular.
- **Hormonal.** Las hormonas son compuestos producidos por un tipo de células para modificar el funcionamiento de otras localizadas en diferentes áreas del cuerpo. Muchas hormonas son proteínas, como la tiroidea (estimulante del metabolismo y esencial en el crecimiento y el desarrollo normal) y la adrenalina (estimulante del Sistema Nervioso Simpático).



Estructura general de los aminoácidos. Además del carboxilo y del amino, un aminoácido tiene un grupo variable llamado R. El carácter de R determina el tipo de aminoácido.

Tc Trabajo cooperativo

Formen grupos e **indaguen** cómo se unen los aminoácidos para formar una proteína. Luego, **resuelvan** las siguientes preguntas.

- ¿Cuáles son los componentes de una cadena polipeptídica y qué enlace los une?
- ¿En qué dirección se unen dos aminoácidos?

TIC

T Tarea

Profundiza más sobre las proteínas en la siguiente página web: [Aula 21.net](http://Aula21.net) goo.gl/PHP5b.





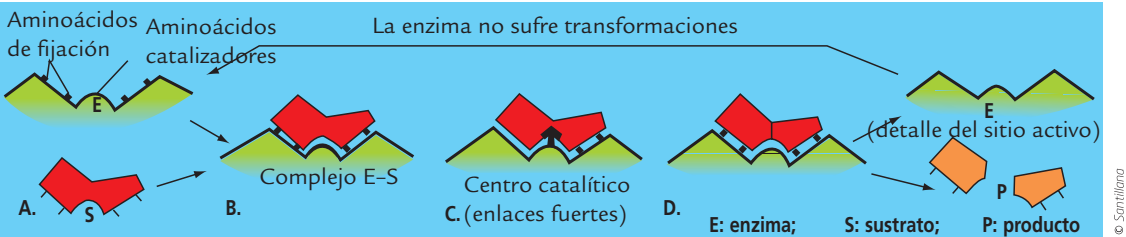
La tridimensión proteica

Los aminoácidos se unen entre sí mediante **enlaces peptídicos**. En esos enlaces, el grupo amino de un aminoácido reacciona con el grupo carboxilo de otro. La unión de dos aminoácidos origina un bipéptido. La unión de tres genera un tripéptido y así sucesivamente. Se habla de proteínas cuando la masa molecular de esas cadenas de péptidos es superior a 10 000 uma.

La **cadena polipeptídica** no está estirada como una varilla, sino que adquiere una forma o conformación tridimensional gracias a los niveles de organización estructural de las proteínas.

Tipo de estructura	Características	Representación gráfica
Primaria	Secuencia de los aminoácidos de la cadena con uniones peptídicas. El orden es determinado por el material genético celular.	
Secundaria	Disposición espacial de los aminoácidos de una proteína. Se estabiliza por los puentes de hidrógeno que se establecen entre los aminoácidos. Existen dos tipos de estructura secundaria: la hélice α y la hoja plegada β .	Hélice α
Terciaria	Disposición tridimensional de la cadena polipeptídica, estabilizada por fuerzas como las de Van der Waals (ligeras atracciones electrostáticas que se establecen entre las moléculas). Estas interacciones forman proteínas globulares.	Globular
Cuaternaria	Unión de enlaces débiles de varias cadenas polipeptídicas, que origina un complejo proteico. La hemoglobina y la queratina tienen este tipo de estructura.	Hemoglobina

La conformación de las proteínas regula su función. En el caso de las enzimas, una de sus partes, llamada **sitio catalítico**, reconoce el reactivo o sustrato. Su mecanismo de acción se representa en el siguiente esquema.

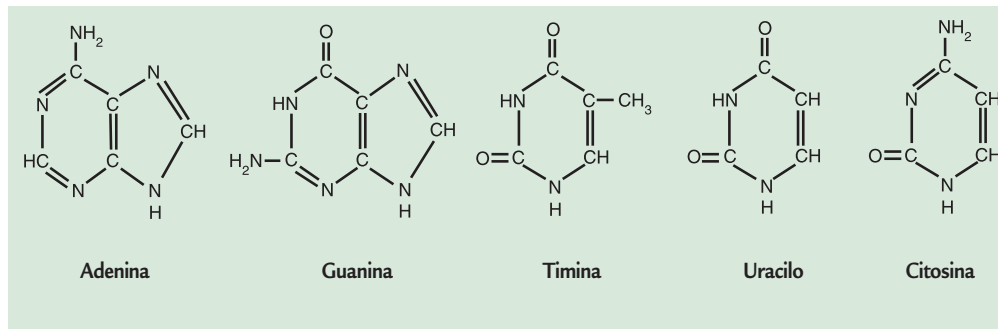


- El sustrato se une a la enzima a través del sitio catalítico.
- La unión estrecha entre el complejo E-S facilita la ruptura de algunos enlaces y la formación de otros.
- Por medio de reacciones químicas, el sustrato se transforma en un producto.
- La enzima queda libre para catalizar la reacción de más moléculas de sustrato y el producto se aleja de la enzima.

Ácidos nucleicos

Los **ácidos nucleicos** son macromoléculas de propiedades ácidas. Fueron observados por primera vez en el núcleo de la célula. Existen dos tipos de ácidos nucleicos: el **ácido desoxirribonucleico** (ADN) y el **ácido ribonucleico** (ARN). Ambos están formados por unidades monoméricas llamadas **nucleótidos**; por esta razón, en ocasiones se los designa como **polinucleótidos**. Cada nucleótido posee tres componentes fundamentales.

- Una **pentosa**: la ribosa en el ARN y la desoxirribosa en el ADN.
- Un **grupo fosfato** que le confiere acidez a la molécula. Este grupo está unido a uno de los carbonos del anillo de la pentosa y enlaza los nucleótidos entre sí.
- Una **base nitrogenada**, que es un compuesto cíclico formado por carbono, nitrógeno, hidrógeno y oxígeno (solo una de ellas, la adenina, no tiene oxígeno). Las bases nitrogenadas se agrupan en **purinas**, que constan de dos anillos (adenina y guanina) y en **pirimidinas**, las cuales poseen solamente un anillo (timina, citosina y uracilo). La adenina, la citosina y la guanina forman parte tanto del ADN como del ARN. La timina está presente solo en el ADN; y el uracilo, en el ARN.



Bases nitrogenadas.

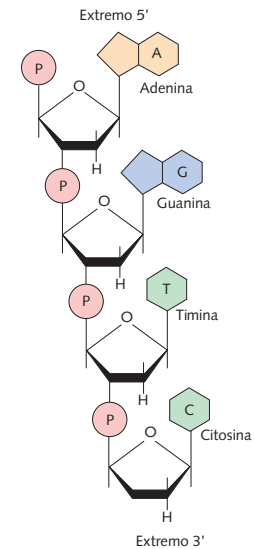
Los ácidos nucleicos están formados por largas cadenas lineales de nucleótidos que se unen a través de los grupos fosfato y los azúcares de los nucleótidos adyacentes. Esos enlaces se denominan **fosfodiéster**.

En el caso de la molécula de **ADN**, dos cadenas de nucleótidos se unen entre sí mediante los puentes de hidrógeno, que establecen las bases nitrogenadas para formar la estructura conocida como **doble hélice**. La unión entre las bases nitrogenadas sigue un patrón de complementariedad. Esto significa que la adenina solo puede unirse con la timina (por medio de dos puentes de hidrógeno), mientras que la citosina solo puede enlazarse con la guanina (mediante tres puentes de hidrógeno). Cuando el ADN se va a duplicar, un complejo enzimático abre la doble hélice. De esta manera, cada cadena de ADN funciona de molde para la síntesis de las nuevas cadenas de nucleótidos.

El **ARN** posee una sola cadena, ya que sus bases no se unen ni forman una doble hélice. Sin embargo, se ha descubierto que en algunos segmentos de la molécula pueden formarse pequeñas dobles cadenas.

La principal función del ADN es almacenar la información genética en su molécula y servir de patrón para que esa información pueda ser heredada a través del tiempo. De esta forma se garantiza la continuidad de la vida.

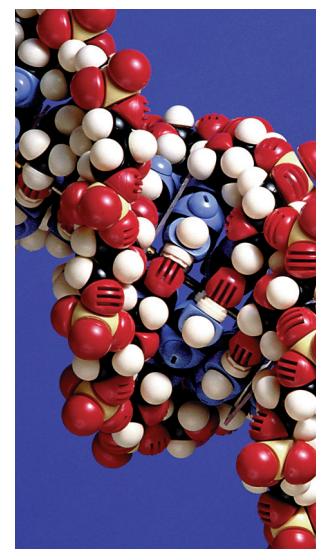
La función del ARN es servir como intermediario entre el ADN y la síntesis de proteínas, es decir, lleva el mensaje contenido en la información del ADN y lo codifica para que se sintetizen las proteínas que requiere el organismo.



Estructura primaria del ADN.
Secuencias de nucleótidos.

L Lección

Indica cuáles de las siguientes bases nitrogenadas forman parte del ADN y cuáles del ARN. **Clasifícalas** según sean púricas o pirimidínicas: uracilo, citosina, adenina, timina y guanina.



Modelo tridimensional de una molécula bicatenaria de ADN.

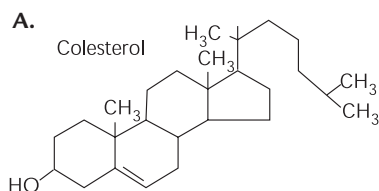


Lípidos

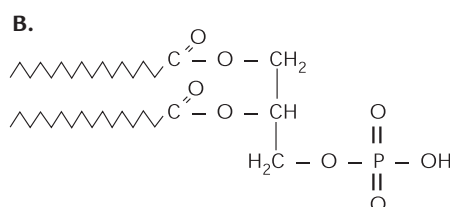
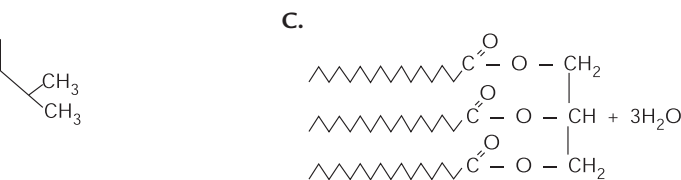
Los **lípidos** constituyen un conjunto muy heterogéneo de compuestos que comparten una propiedad: son solubles en solventes orgánicos y relativamente insolubles en agua. La razón de esta solubilidad relativa es que las moléculas de los lípidos poseen principalmente carbono e hidrógeno y pocos grupos funcionales que contienen oxígeno. El átomo de oxígeno es característico de los grupos funcionales **hidrofilicos**, por lo que los lípidos, al contener poco oxígeno, tienden a ser compuestos **hidrofóbicos**.

A continuación se presenta los principales lípidos de importancia biológica.

- **Esteroides.** Son compuestos complejos de carbono dispuestos en cuatro anillos unidos entre sí. Tres de los anillos poseen seis átomos de carbono y el cuarto tiene cinco. Los esteroides se diferencian entre sí por la longitud y la estructura de las cadenas laterales que se unen a los anillos. Entre los esteroides de importancia biológica están el **colesterol** (es un componente estructural de la membrana celular animal), las **sales biliares** (permiten la hidrólisis enzimática de las grasas en el intestino), las **hormonas de la corteza suprarrenal** (ayudan al organismo a manejar el estrés crónico) y las **hormonas reproductivas**; por ejemplo, la progesterona (prepara el útero para la anidación del embrión y estimula la formación de las mamas) y la testosterona (activa la espermatogénesis y confiere caracteres sexuales secundarios).
- **Fosfolípidos.** Constan de una molécula de glicerol unida a dos ácidos grasos y a un grupo fosfato y enlazada a un compuesto orgánico. Estas moléculas poseen un extremo hidrofílico (formado por glicerol, una molécula de fosfato y la base orgánica) y otro hidrofóbico (ácido graso). Los fosfolípidos son componentes de las membranas celulares presentes en todas las células del organismo.
- **Grasas neutras.** Son los lípidos más abundantes en los seres vivos. Están constituidos por una molécula de glicerol (alcohol de tres átomos de carbono) unido a un máximo de tres ácidos grasos (cadenas carbonadas de gran longitud que tienen un grupo carboxilo). Este tipo de lípidos también se conoce con el nombre de **triglicéridos**. La principal función de las grasas neutras es el almacenamiento energético; cuando se agotan los carbohidratos, constituyen la principal fuente de reserva de energía del organismo. Además, sirven como aislantes térmicos y protegen los órganos blandos.
- **Carotenoides.** Estas moléculas cuentan con cinco monómeros de carbono. Entre los carotenoides están los pigmentos vegetales rojizos y amarillentos que participan en la captación de la luz en la fotosíntesis. Los carotenoides se clasifican como lípidos porque son insolubles en agua y su consistencia es aceitosa.



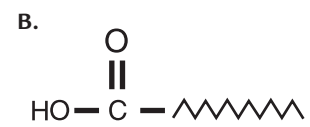
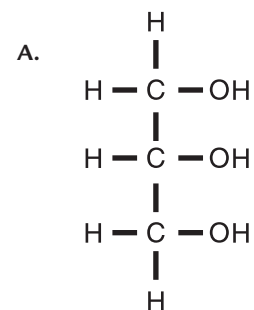
- Lípidos
A. Esteroide
B. Fosfolípido
C. Grasa neutra
D. Carotenoide



Glosario

hidrofilico. Compuesto que absorbe agua o es muy soluble en ella.

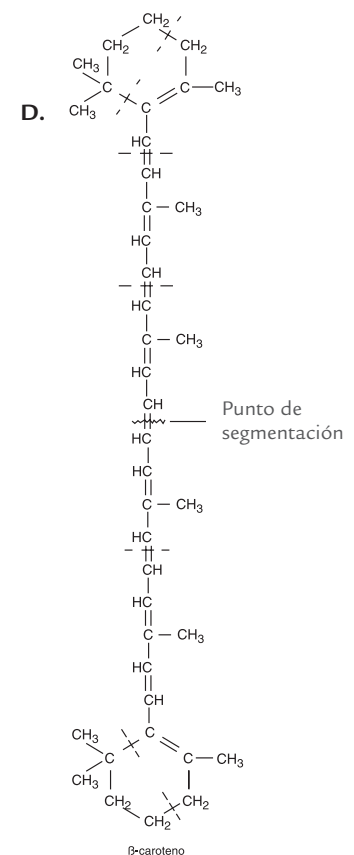
hidrofóbico. Sustancia que rechaza el agua o es insoluble en ella.



Componentes de las grasas neutras

A. Glicerol

B. Ácido graso



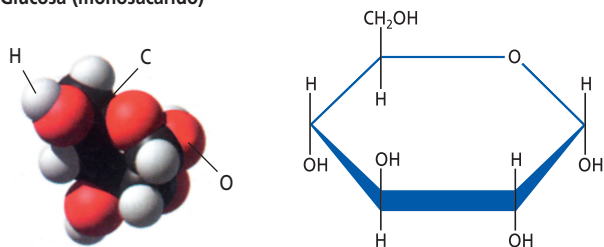
Las biomoléculas

Las biomoléculas pertenecen a cuatro tipos principales: 1) **glúcidos** o hidratos de carbono, 2) **lípidos** o grasas, 3) **proteínas** y 4) **ácidos nucleicos**.

Las biomoléculas más grandes, que están constituidas por un mayor número de átomos y tienen un peso molecular más elevado, se denominan **macromoléculas**. En estas, las unidades moleculares de menor dimensión son los **monómeros**, los cuales al unirse forman estructuras moleculares grandes y complejas: los **polímeros**.

Glúcidos o hidratos de carbono

Glucosa (monosacárido)

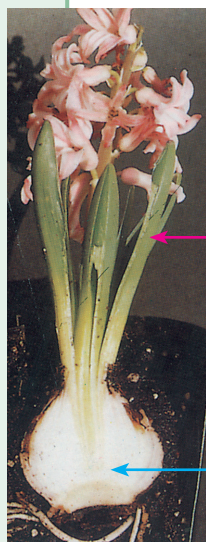


Modelo espacial

Fórmula estructural en forma anular

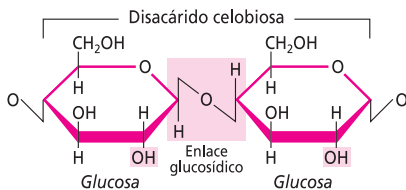
Los **glúcidos** (del griego *gleucós*, "dulce") son compuestos formados por carbono (C), hidrógeno (H) y oxígeno (O). Constituyen la primera reserva de la célula; esto significa que, ante un requerimiento de energía, son las primeras moléculas en degradarse. Pueden tener bajo peso molecular, como los **monosacáridos**, o bien formar compuestos más grandes por medio de enlaces covalentes (llamados **glucosídicos**): los **oligosacáridos** (de dos a diez monosacáridos unidos entre sí) o los **polisacáridos** (macromoléculas muy grandes, como el almidón, integrado por amilosa y amilopectina).

Glúcarido	Tipo	Funciones principales
Glucosa	Monosacárido ($C_6H_{12}O_6$)	Es el principal monosacárido y el que más abunda en la naturaleza. Interviene en la respiración celular (función energética).
Ribosa y desoxirribosa	Monosacáridos ($C_5H_{10}O_5$)	Integran los ácidos nucleicos.
Sacarosa	Disacárido	Formada por la unión de dos monosacáridos: la glucosa y la fructosa. Al escindirse se obtienen monosacáridos (función energética).
Glucógeno (en los animales) y almidón (en las plantas)	Polisacáridos	Formados por la unión de miles de moléculas de glucosa. Son fuentes de reserva energética.
Celulosa	Polisacárido	Formada por la unión de miles de moléculas de glucosa. Es el principal componente de las paredes de las células vegetales (función estructural).

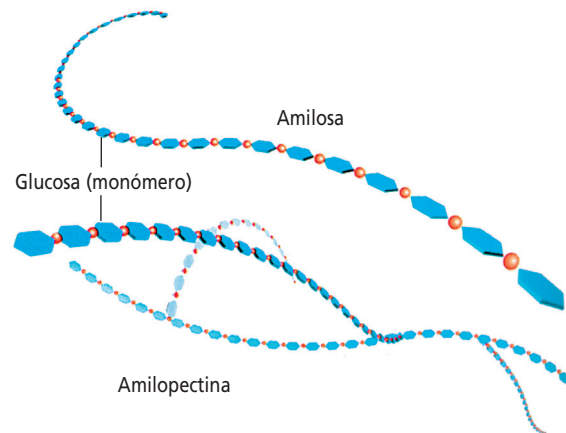
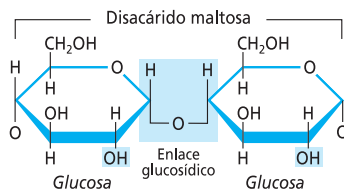


La **celulosa** y el **almidón** son polisacáridos constituidos por glucosa. La celulosa forma las paredes celulares y tiene la función de sostén. El almidón, que se acumula en los tallos y en las raíces, es la principal fuente de reserva energética de las plantas.

Molécula de celulosa



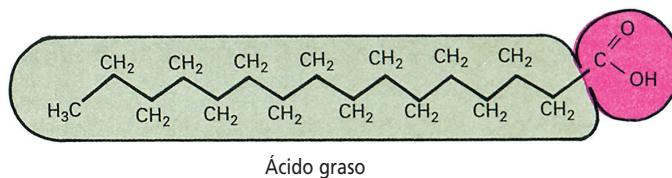
Molécula de almidón



Algunos polímeros, los denominados **homopolímeros**, están formados por la repetición de un único monómero; por ejemplo, el almidón —integrado a su vez por la amilosa y la amilopectina— tiene un único monómero: la glucosa.

Lípidos o grasas

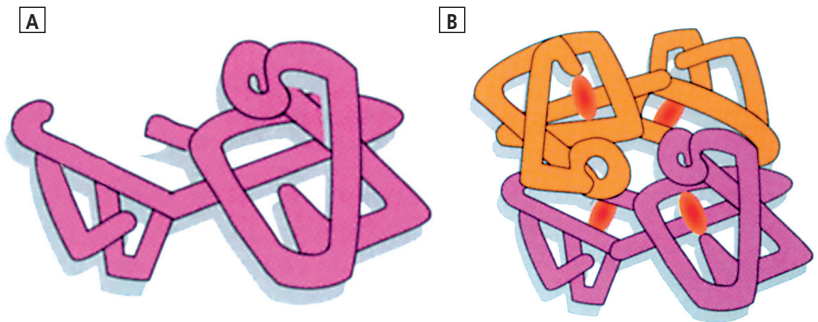
Los **lípidos** o **grasas** constituyen un conjunto muy heterogéneo de compuestos que comparten una propiedad: son insolubles en agua y solubles en solventes orgánicos (no polares). Están formados por átomos de carbono (C), hidrógeno (H) y oxígeno (O); pueden contener, además, fósforo (P) y nitrógeno (N). Entre los de mayor importancia biológica están los **triglicéridos** (grasas y aceites) con función de reserva y los **fosfolípidos**, similares a los anteriores (interviene un grupo fosfato), con función estructural.



Ácido graso

Proteínas

Las proteínas, así como los ácidos nucleicos, son moléculas de máxima importancia biológica porque el ordenamiento de los distintos monómeros en su estructura permite que estas biomoléculas sean utilizadas como vehículos de la información celular.



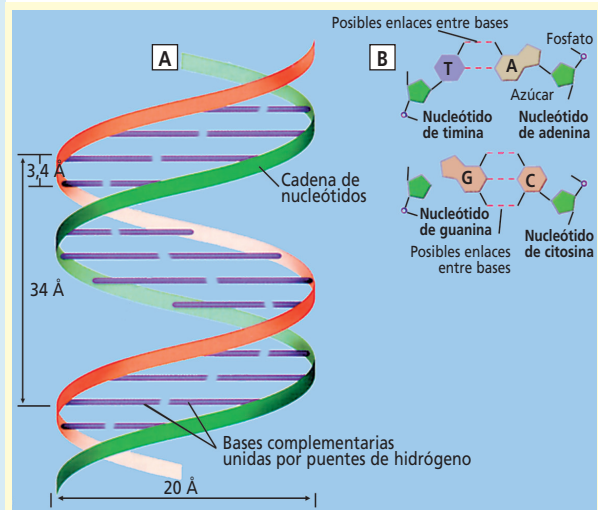
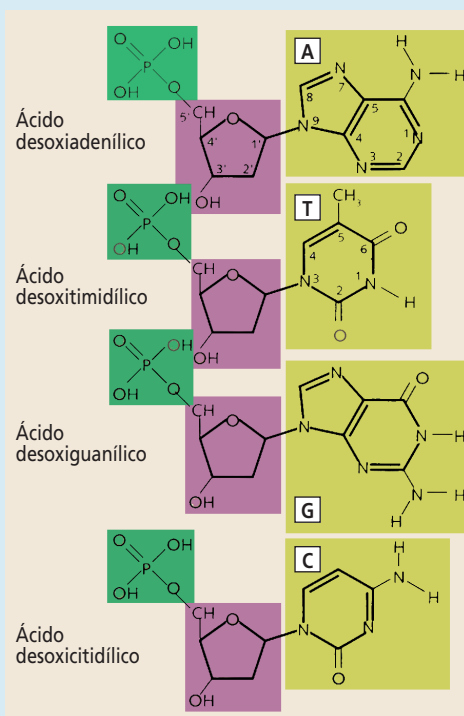
Hemoglobina. (A) Estructura terciaria (B) Estructura cuaternaria

Secuencia (de aminoácidos) de la enzima ribonucleasa. Las proteínas —tanto las estructurales como las enzimas—, al igual que los ácidos nucleicos, son **heteropolímeros**, es decir, polímeros en los que se encadenan moléculas unitarias muy diferentes a través de enlaces covalentes, llamados **enlaces peptídicos**. En el caso de las proteínas, los monómeros son **aminoácidos** (20 son los que forman las proteínas humanas). En la ilustración se identifican por colores 19 de ellos. La composición y el orden o secuencia de aminoácidos determinan la **estructura primaria** de una proteína. La disposición unidireccional en el espacio de los aminoácidos determina la **estructura secundaria** de la proteína, y su enrollamiento (tridimensional), su **estructura terciaria**. Las uniones a través de enlaces entre varias cadenas de aminoácidos establecen la **estructura cuaternaria** de muchas proteínas. No todas las proteínas presentan estructuras terciaria o cuaternaria. Las proteínas contienen el carbono (C), el hidrógeno (H), el oxígeno (O) y el nitrógeno (N), aunque también suelen contener azufre (S) y, menos frecuentemente, fósforo (P), hierro (Fe), cobre (Cu), magnesio (Mg), yodo (I) y otros elementos.

Ácidos nucleicos

El material genético de todas las células, tanto procariotas como eucariotas, es el ácido desoxirribonucleico (ADN), un heteropolímero que contiene tanta cantidad de información como las proteínas. Si bien el ácido ribonucleico (ARN) también está presente en las células, solo en algunos virus este actúa como molécula portadora de información genética exclusiva.

Ácidos nucleicos. Están formados por carbono (C), hidrógeno (H), oxígeno (O), nitrógeno (N) y fósforo (P). Los monómeros que los constituyen son los **nucleótidos**. Cada nucleótido se compone de una **base nitrogenada** —que puede ser una purina o una pirimidina—, un **azúcar pentosa** y un **grupo fosfato**. En el caso del ADN, las bases son la **adenina (A)**, la **citiosina (C)**, la **guanina (G)** y la **timina (T)**, y el azúcar es la **desoxirribosa**; en el ARN, en vez de la timina, presentan **uracilo (U)**, y el azúcar es la **ribosa**. A y G son purinas, mientras que T, U y C son pirimidinas.



Doble hélice del ADN. El ARN está constituido por una sola cadena; en cambio, el ADN consta de dos cadenas enfrentadas, cuyas bases están unidas por puentes de hidrógeno y forman una doble hélice (A). Las bases nitrogenadas constituyen los eslabones de cada cadena, y son complementarias de las que aparecen en la otra cadena. La guanina siempre se empareja con la citiosina, y la adenina siempre lo hace con la timina (B).

© Santillana

Síntesis de ADN

Las proteínas son fundamentales para el funcionamiento celular. Su síntesis se basa en una decodificación de la secuencia de nucleótidos del ADN.

Para organizar su estructura y poder funcionar, las células necesitan fundamentalmente de las proteínas. Cada una de las reacciones que ocurren en el organismo requiere de la intervención de una o más proteínas. Estas son sintetizadas de acuerdo con instrucciones contenidas en los genes, que no son otra cosa que pequeños fragmentos de ADN.

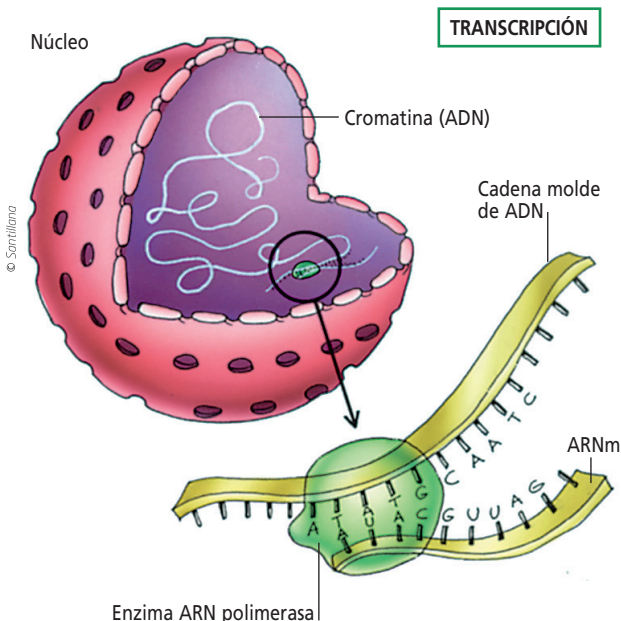
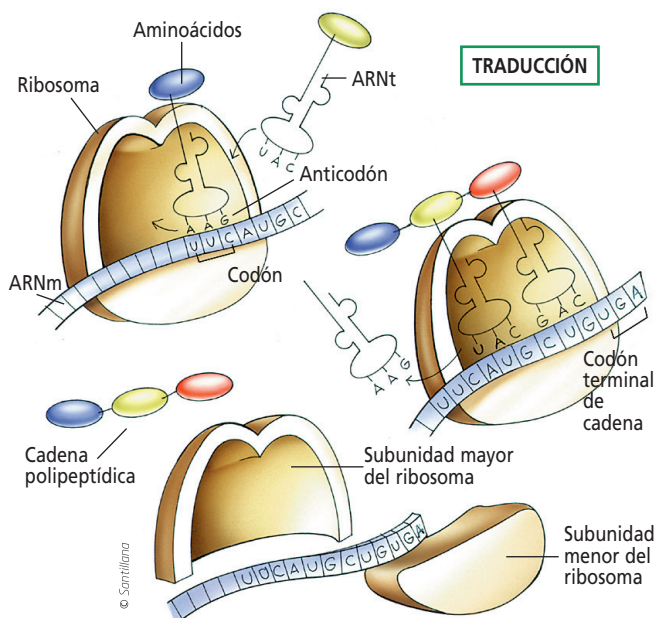
Aunque el ADN posee la información para la secuencia de aminoácidos de cada proteína, no puede abandonar el núcleo celular. Por lo tanto, debe ser transcrito (copiado) en **ARN mensajero (ARNm)**, en las bases complementarias a las que se encuentran en el ADN, esto es: adenina con timina, guanina con citosina, timina con uracilo, etc. Este proceso se denomina **transcripción**, y ocurre a través de la enzima ARN polimerasa, que es la que sintetiza la cadena de ARN.

Una vez producida la síntesis del ARNm, este pasa al citoplasma y allí se une a los ribosomas, donde tiene lugar la **traducción**. Esta secuencia es interpretada por el **ARN de transferencia (ARNt)**, el cual es específico para cada uno de los aminoácidos. Cada molécula de ARNt tiene tres bases consecutivas o **anticodón**, el cual consiste en una horquilla con tres nucleótidos complementarios que se enfrentan al **codón** del ARNm. De esta forma, el ARNt actúa como intermediario tomando del citoplasma los aminoácidos libres y llevándolos al ribosoma en el orden determinado por el ARNm.

Sucesivamente, se van enganchando los aminoácidos en largas cadenas y se sintetizan así proteínas de longitud variable.

Vale aclarar que existen varios codones para cada aminoácido. Por ejemplo, el aminoácido glicina es codificado por los codones GGU, GGC, GGA, GGG. En total, entonces, existen 64 codones, que en conjunto reciben el nombre de **código genético**. Este código es universal y lo poseen todos los seres vivos.

Los cambios en la secuencia del ADN provocan, a su vez, cambios en la estructura primaria de la futura proteína. En el caso de que se produzca una alteración en el anticodón (tripleto) o en el codón, se habla de mutación génica. Actualmente existen técnicas que aplican mutagénesis dirigida (inducida), las cuales tienen por objetivo diseñar proteínas más estables y más específicas para distintos fines.



Código genético

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

* Fin: terminales de cadena.

Phe: fenilalanina. Leu: leucina. Ile: isoleucina. Met: metionina. Val: valina. Ser: serina. Pro: prolina. Thr: teonina. Ala: alanina. Tyr: tirosina. His: histidina. Gln: glutamina. Asn: asparagina. Lys: lisina. Asp: ácido aspártico. Cys: cisteína. Trp: triptófano. Arg: arginina. Ser: serina. Gly: glicina.

Los cinco grupos básicos de alimentos

En la pirámide alimentaria, los alimentos se clasifican en cinco grupos, para facilitar su selección y su consumo adecuados.



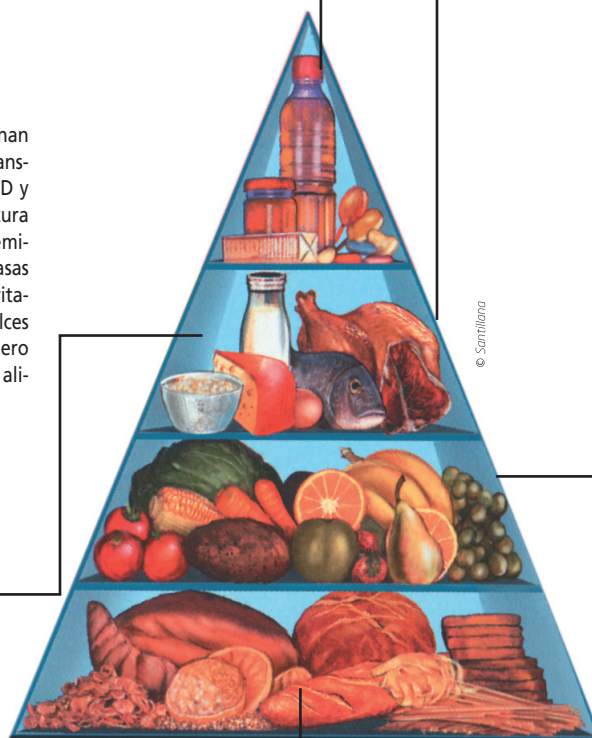
Grupo 5

Los aceites y las grasas proporcionan calorías, sirven como medio de transporte para algunas vitaminas (A, E, D y K), y ayudan a regular la temperatura del cuerpo. Las frutas secas y las semillas son valiosas, porque aportan grasas beneficiosas para la salud, fibras, vitamina E, magnesio y potasio. Los dulces y los azúcares brindan energía, pero pocos nutrientes básicos. Todos los alimentos de este grupo deben ser consumidos moderadamente.

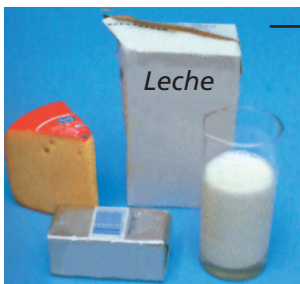


Grupo 4

Incluye las carnes rojas, las blancas, los huevos y los embutidos. Son una importante fuente de proteínas, vitaminas del complejo B, fósforo, cinc y selenio. Carnes como el hígado tienen un gran contenido de grasa, por lo que se debe moderar su consumo. Los pescados y los mariscos aportan un tipo de grasa que ayuda a bajar los niveles de colesterol en la sangre.

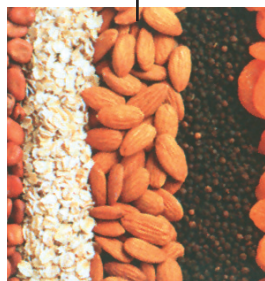


© Santillana



Grupo 3

Tanto la leche como sus derivados: natilla, helados, yogur, quesos, aportan proteínas, calcio, fósforo, vitaminas A, D y complejo B. Una selección adecuada de este grupo debe incluir productos descremados preferiblemente bajos en grasa.



Grupo 1

Los cereales y sus derivados son una buena fuente de calorías. Aportan gran cantidad de carbohidratos complejos, fibras, proteínas, vitaminas del complejo B, fósforo, magnesio, hierro, selenio y potasio. Cuando se consumen en forma integral (con su cáscara), son las fuentes más ricas de fibras, las que contribuyen al control del colesterol en la sangre.



Grupo 2

En este grupo se incluyen las frutas y las verduras. Incluye gran variedad de alimentos como: lechuga, zanahoria, camote, limón, mango, banano. Tanto las hortalizas como las frutas son ricas fuentes de vitaminas, minerales y fibras. Son excelentes fuentes de carbohidratos simples (azúcares) y complejos. Además aportan hierro y potasio.

Actividades

Identifica las principales características y funciones de las biomoléculas orgánicas.

1. **Completa** en tu cuaderno un crucigrama como el modelo.
 - a. Nombre de carbohidratos complejos como la celulosa y el glucógeno.
 - b. Macromolécula formada por aminoácidos.
 - c. Polímero de glucosa que constituye la pared celular en las plantas.
 - d. Base nitrogenada presente solo en el ARN.
 - e. Carbohidrato que las plantas utilizan como reserva de energía.
 - f. Lípidos de cuatro anillos entre los que se encuentran las hormonas.
 - g. Proceso en el cual se rompe la estructura primaria de las proteínas.
 - h. Nombre general que reciben los monómeros de las proteínas (plural).

a.	P													
b.		O												
c.		L												
d.			I											
e.		M												
f.		E												
g.		R												
h.		O												

2. **Contesta** si los siguientes enunciados son verdaderos o falsos. **Justifica** tus respuestas.

- a. Durante la formación de un enlace peptídico se desprende una molécula de agua.
- b. La sacarosa es un disacárido.
- c. Las proteínas son la principal fuente energética de los animales.
- d. El azúcar que forma el nucleótido del ADN es la ribosa.
- e. El sustrato se une a la enzima por el sitio catalítico.
- f. Todas las proteínas son enzimas.
- g. El glicerol es un componente de las grasas neutras.

Relaciona las biomoléculas con los alimentos donde están presentes.

3. **Indica** qué alimentos se deben incorporar a la dieta para asegurar la provisión de los siguientes nutrientes.

- a. Lípidos
- b. Proteínas
- c. Minerales
- d. Carbohidratos

Identifica el proceso de desnaturalización de las proteínas.

4. **Elige** las fotografías que representan el proceso de desnaturalización de proteínas.



Digestión de alimentos



Cocción de carnes



Limón agregado a la leche

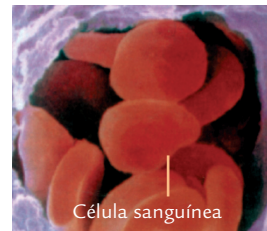


Clara de huevo batida

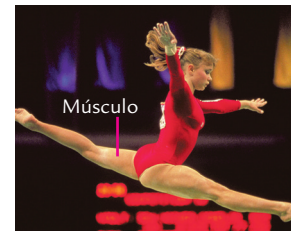
© Santillana

Explica las funciones biológicas de las proteínas.

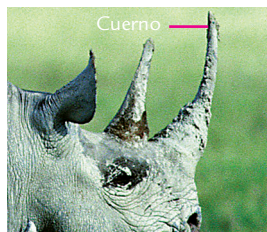
5. **Observa** las siguientes fotografías. Las estructuras señaladas contienen proteínas. **Comenta** en cada caso qué función cumple esa macromolécula. **Consulta** la tabla de los tipos de proteínas.



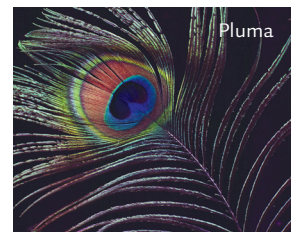
Célula sanguínea



Músculo



Cuerno



Pluma

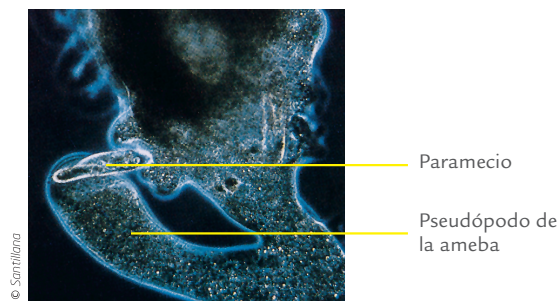
© Santillana

Proteína	Función	Tarea
Queratina	Estructural	Formación del pelo y las uñas
Inmunoglobulina	Defensa	Respuesta inmunológica
Hemoglobina	Transporte	Transporte de O ₂ en la sangre
Peroxidasa	Enzimática	Control de la velocidad de la reacción enzimática
Actina y miosina	Contráctil	Contracción muscular
Insulina	Hormonal	Control del nivel de glucosa en la sangre

Reconoce qué biomolécula es la encargada de la función de movimiento.

6. La mitología atribuye al dios Proteo la capacidad de cambiar de aspecto a voluntad. El nombre de un organismo unicelular, *Amoeba proteus*, se debe a que para desplazarse y alimentarse emite prolongaciones del citoplasma llamadas pseudópodos ('falsos pies'). Los estudios bioquímicos muestran que la acción conjunta de dos moléculas, la actina y la miosina, provoca la aparición de los pseudópodos. **Responde.**

- ¿A qué grupo de biomoléculas corresponden las sustancias mencionadas anteriormente?
- ¿Cómo se llaman los enlaces que se producen entre esas moléculas?
- ¿Cuál es el nombre de la unidad estructural que forma esas biomoléculas?
- ¿En qué tejidos se encuentran la actina y la miosina? ¿Qué función cumplen en esos tejidos?



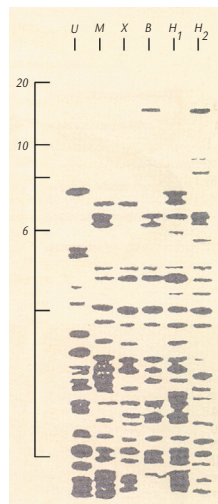
A. *Proteus* mientras se alimenta de un paramecio.

Aplica los conocimientos sobre los ácidos nucleicos para resolver problemas de genética.

7. En el ADN de cada persona, se visualizan unas bandas que corresponden a segmentos repetidos de nucleótidos. Se conoce como *huella genética* al patrón de bandas particular de cada individuo. Esta presenta algunas semejanzas entre familiares, y es idéntica en los hermanos gemelos homocigóticos.

El análisis de la huella genética se practica cuando hay que establecer la identificación personal, paternal o familiar.

- Determina** si el niño X es hijo de la madre M y hermano de B, H₁ y H₂.
- Indica** si todos son hijos del mismo padre.



Huellas genéticas.

Claves para la resolución

- Las bandas de las huellas de los hijos que no coinciden con las huellas de la madre proceden necesariamente del padre.
- Cuanto menor es el grado de parentesco, menor es el parecido entre las huellas.
- La huella U pertenece a un individuo ajeno a la familia y no se parece en nada a las demás.

Reconoce características del agua.

8. Determina si los enunciados son verdaderos o falsos.

- El agua tiene una elevada fuerza de cohesión entre sus moléculas debido a puentes de hidrógeno.
- El agua tiene una elevada constante dieléctrica. Por tener moléculas polares, es un gran medio disolvente de compuestos iónicos, como las sales minerales, y de compuestos covalentes polares, como los glúcidos.
- Los niveles de iones hidronio e hidroxilo que se encuentran en el agua son muy altos.
- Para elevar la temperatura del agua hay que aplicar poco calor.
- El agua aumenta su densidad a medida que disminuye su temperatura.
- Para pasar agua de estado líquido a gaseoso, se requiere romper todos los puentes de hidrógeno que tiene el agua, por lo que se necesitan más de 500 calorías para convertir un gramo de agua en un gramo de vapor.

9. Identifica la función que desempeña el agua en cada caso.

- Disuelve gases y nutrientes y es el medio en el que se realizan las reacciones químicas del organismo.
- El agua intracelular ejerce una presión que permite que las células que no tienen membrana rígida conserven su forma y su volumen.
- Interviene en muchas reacciones químicas, por ejemplo, en la hidrólisis durante la digestión.
- Desempeña una función de regulación debido a su elevado calor específico y a su elevado calor de vaporización. Por ejemplo, los animales al sudar, expulsan agua, la cual toma calor del cuerpo para evaporarse y, como consecuencia, este se enfría.
- Evita el desgaste en los sitios de rozamiento de los órganos que se mueven, como sucede en las articulaciones de las rodillas y los codos.
- Sirve para transportar sustancias nutritivas a las células, así como para llevar los residuos a los sitios de eliminación.

1. ¿Qué tipo de dieta se debe seguir si un análisis de sangre revela que el nivel de colesterol es alto?

Investiguen qué tipos de colesterol hay y cómo se denominan. ¿Cuáles son los problemas de salud relacionados con cada uno de ellos?

2. **Lean** el siguiente texto. **Respondan** a las preguntas.

La manera de alimentarse influye directamente en el desarrollo de ciertos tipos de cáncer. Tal es el caso del consumo de alcohol, que puede provocar cáncer de boca, hígado, faringe, esófago y de la parte superior de la laringe. En las mujeres con una dieta rica en calorías aumenta el riesgo de padecer cáncer de endometrio (mucosa del útero). El cáncer de estómago se atribuye a los alimentos ahumados o conservados en sal, porque contienen nitrosaminas (sustancias que aumentan el riesgo de contraer cáncer), en asociación con un consumo insuficiente de frutas y verduras frescas. Una dieta con un alto contenido de grasas aumenta el riesgo de padecer cáncer del intestino grueso, próstata y mamas.

- ¿Qué factores vinculados con el modo de vida contribuyen a aumentar el riesgo de contraer cáncer?
- Investiguen** cuáles son los tipos de cáncer más frecuentes en nuestro país. ¿Se manifiestan más a menudo en algún grupo de la población? ¿En cuál? ¿En qué se relaciona con la alimentación?
- Establezcan** medidas preventivas para disminuir el riesgo de contraer cáncer por una mala alimentación.
- Observen** la siguiente fotografía. **Indaguen** qué sustancias se adicionan a estos alimentos durante su elaboración. ¿Cómo afecta cada uno de esos compuestos a la salud de las personas?



La industria alimentaria se preocupa por los cambios que sufren los alimentos útiles para el ser humano.

3. **Analicen** el siguiente texto.

«Leonardo da Vinci (1452-1519), además de inventor, pintor, anatomista, fue un gran cocinero. Trabajó como jefe de cocina en la taberna “Los tres caracoles” de Florencia, donde también instaló luego una taberna, con su socio y amigo [el pintor] Sandro Botticelli, y además fue el cocinero encargado de los banquetes en la corte de Ludovico Sforza, en Milán.

Escribió en una ocasión: “Que si habéis de conservar la salud no debéis comer a menos que así os apetezca, y que siempre cenaréis con parquedad; masticad bien, y que todo lo que comáis sea sencillo y esté bien cocinado. Observad a Fazio Cardano; es el hombre más fuerte de la corte y, sin embargo, está comiendo los manjares más pesados. Observad a mi señor, que come con incansable apetito grandes cantidades de comida, y que todo lo traga sin masticar. Así ocurre siempre: toda regla tiene sus excepciones. A menos que yo esté equivocado”.

En otra oportunidad escribió en “De los platos sencillos”: “Esto que se extiende sobre la mesa de mi señor Ludovico [Sforza] es un escándalo a mis ojos. Todo es cantidad. Así es como comían los bárbaros. Mas, ¿cómo convencerlo de que esto es así cuando desdeña mi plato de nobles brotes de col y tampoco encuentra lugar en su mantel para mis ciruelas pasas con hermosas zanahorias? Porque hay más belleza en un solo brote de col y más dignidad en una pequeña zanahoria, que en una docena de sus cuencos dorados llenos a rebosar de carne y huesos; hay más sutileza en una vieja ciruela, más alimento en frijoles verdes”».

Fuente: *Notas de cocina* de Leonardo da Vinci (códex Romanoff de L. da Vinci). Ediciones Temas de hoy, 1996.

Da Vinci era adelantado a su tiempo, también en temas de nutrición. **Investiguen** las enfermedades que sufrían tanto los integrantes de las cortes como los sectores populares en la Edad Media y en el Renacimiento. **Compárenlas** con las que padece la gente en la actualidad.

4. **Busquen** información para responder las siguientes preguntas.

- ¿Qué son los aminoácidos esenciales y en cuáles alimentos se encuentran?
- ¿Qué ventaja para el ser humano tienen las vitaminas liposolubles respecto a las hidrosolubles?
- ¿Qué son la *bulimia* y la *anorexia*? ¿Cuáles son sus causas? ¿Qué consecuencias provocan?
- Si los lípidos dan mucha energía, ¿por qué los deportistas no los consumen en gran cantidad antes de una competencia?
- ¿Cuáles son las principales consecuencias de la desnutrición durante los primeros meses de vida?

Proteínas de la leche

Objetivos

Separar e identificar las proteínas de la leche.

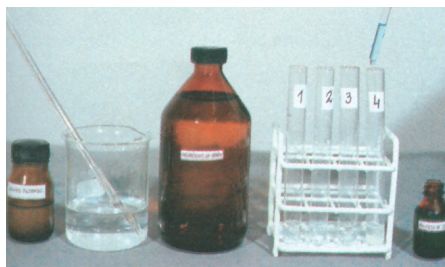
Materiales

Dos vaso de precipitación, cinco tubos de ensayo, balanza analítica, frasco con tapa, gradilla, pipeta de 10 ml, gotero, embudo, varilla, espátula, papel de filtro o filtro para café, soporte universal, agarradera para embudo, marcador para vidrio, 30 ml de leche descremada, ácido acético concentrado (CH_3COOH), 5 ml de solución de hidróxido de sodio (NaOH) al 25%, solución de sulfato de cobre (CuSO_4) al 2% y agua destilada.

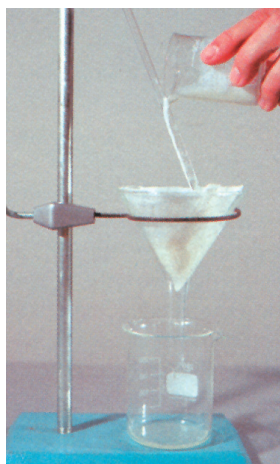
Procedimiento

Separación

1. **Pesen** el vaso de precipitación vacío. **Agrégenle** 30 ml de leche y **vuelvan** a pesarlo. **Determinen** el peso de la leche.
2. **Añadan**, con mucho cuidado, 50 gotas de ácido acético concentrado.



3. **Agiten** suavemente el vaso de precipitación. Luego, **déjenlo** reposar durante 5 minutos.
4. **Pesen** el papel de filtro. **Anoten** el peso.
5. **Armen** un dispositivo como el de la fotografía. **Filtren** la leche. **Ayúdese** con la varilla.
6. **Remuevan** los restos de leche que quedan en el vaso de precipitación. **Agreguen** 3 ml de agua destilada y **vuelvan** a filtrar. **Repitan** el procedimiento. **Guarden** el líquido filtrado en un frasco cerrado.
7. **Esperen** a que escurra todo el líquido. **Dejen** que el papel filtro que contiene la muestra se seque al aire libre durante toda la noche, de ser posible, en un lugar cálido.
8. Una vez que esté seco, **pésenlo**. **Calculen** la masa de proteína; para ello, **resten** el peso del papel filtro.



9. **Calculen** la concentración de masa de proteína en la leche. Ese valor se obtiene al dividir los gramos de soluto (proteínas) por los gramos de leche. **Calcula** la relación gramos/litro de proteínas en la leche.

Identificación

1. **Rotulen** cinco tubos de 1 a 5.
2. **Resuspendan** la muestra. Para ello, **tomen** una punta de espátula de la muestra y **pónganla** en un tubo de ensayo. **Adiciónenle** 1 ml de agua. Luego, **agiten** suavemente hasta diluirla.
3. **Preparen** cada tubo según el cuadro que se muestra a continuación.

	Blanco	1 ml de agua
Testigo 1		
Muestra 1		
Testigo 2		2 ml de sustancia resuspendida
Muestra 2		1 ml de sustancia resuspendida

4. **Agreguen** a los tubos 1, 3 y 5, 1 ml de NaOH al 25% y luego tres gotas de CuSO al 2%. **Anoten** los resultados.



5. **Elaboren** un cuadro que muestre los resultados.

Conclusiones

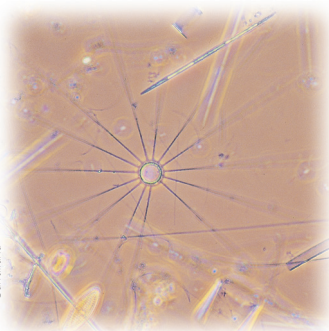
- a. ¿Qué piensan que ocurrió en el paso A2 cuando agregaste ácido acético?
- b. ¿Por qué se elige leche descremada?
- c. La reacción que realizó para la identificación de proteínas se denomina *xantocrómica*. **Busquen** la etimología de la palabra y **relaciónenla** con el resultado.
- d. ¿Qué son los tubos testigo y blanco? ¿Cuál es la importancia de incluirlos en el experimento?
- e. ¿Creen que el residuo seco retenido en el papel de filtro corresponde a la proteína? ¿Por qué?
- f. ¿Cuál sería la consecuencia de no analizar el líquido del filtrado?

Unidad 2

La célula

Destreza con criterio de desempeño:

Describir las **funciones de relación, reproducción y nutrición celular**, desde la indagación científica y la argumentación de sus resultados, estableciendo relación entre las estructuras que las realizan y las moléculas que participan.



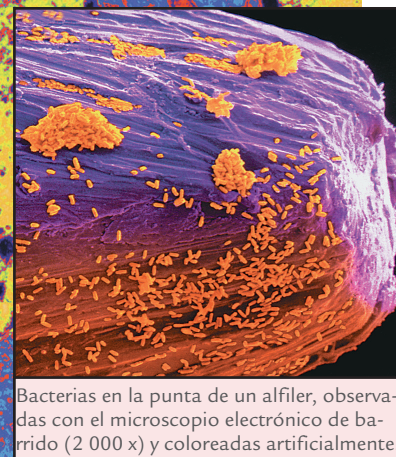
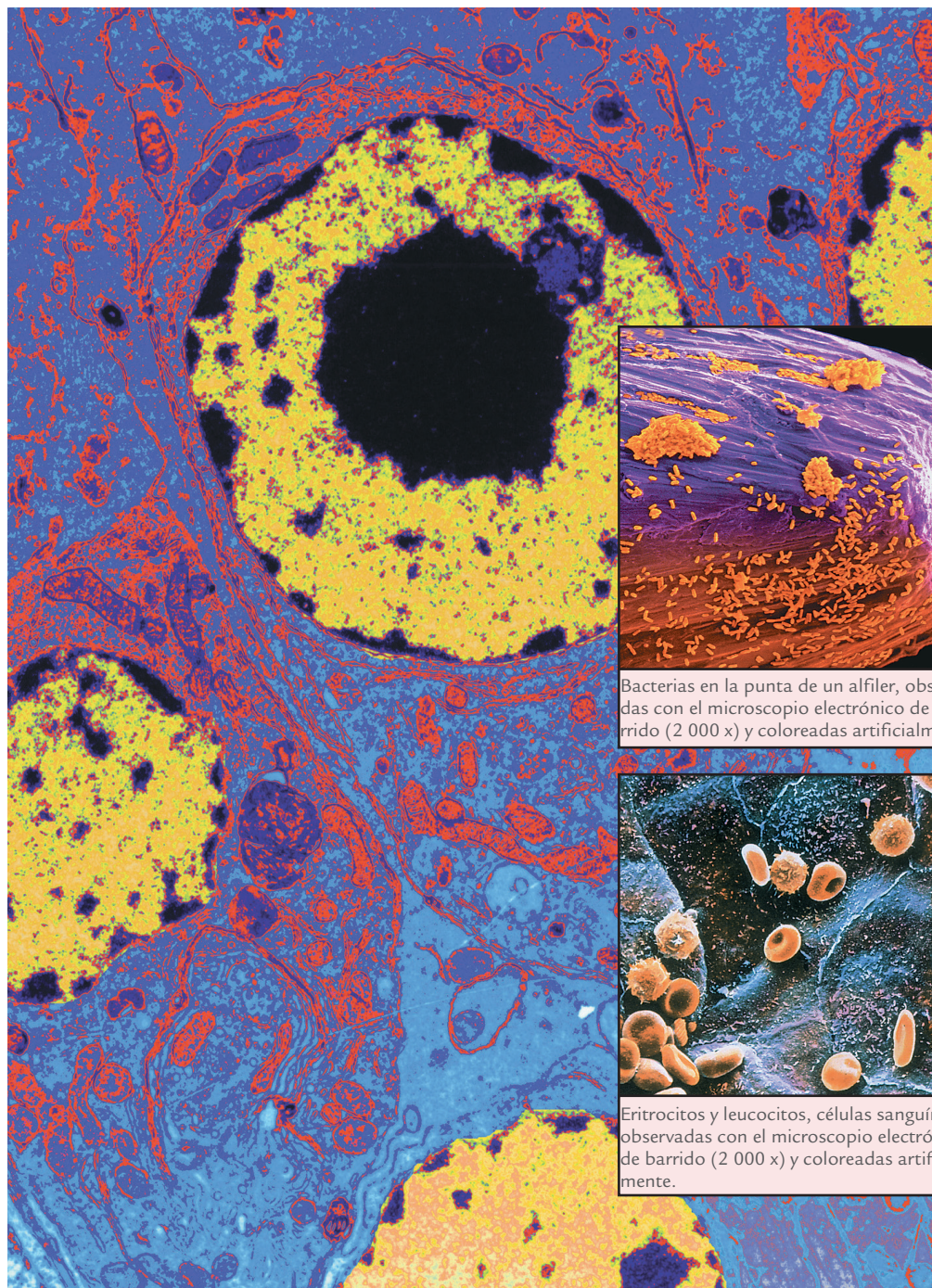
© Santillana

La conocida expresión «la familia es la célula de la sociedad» hace referencia a una estructura que, multiplicada ininidad de veces, constituye el armazón de la sociedad en la que se inserta. En ese contexto, podremos comprender, entonces, el concepto de célula como la unidad de estructura y función de todos los seres vivos.

Conocimientos previos

- ¿Qué es la *célula*?
- ¿Cuáles son las diferencias entre células animales y vegetales?
- ¿Cómo se nutre la célula?
- ¿Qué es mitosis y meiosis?

Células vistas con el microscopio electrónico de transmisión (4 300 x) y coloreadas artificialmente.



Bacterias en la punta de un alfiler, observadas con el microscopio electrónico de barrido (2 000 x) y coloreadas artificialmente.



Eritrocitos y leucocitos, células sanguíneas observadas con el microscopio electrónico de barrido (2 000 x) y coloreadas artificialmente.

© Santillana

La teoría celular

En el funcionamiento de la organización familiar, sus integrantes desempeñan diferentes roles y asumen distintos niveles de responsabilidad, para conformar una unidad funcional. De igual manera, en la célula, ciertas estructuras (los orgánulos) desempeñan funciones diferentes y hacen posible una organización armónica y eficiente. Además, células con diferentes atributos de reúnen y forman los tejidos de los organismos pluricelulares.

Con palabras similares, en 1838, Theodor Schwann (1810-1882) —zoólogo y fisiólogo alemán— y Matthias Jakob Schleiden (1804-1881) —botánico de la misma nacionalidad— presentaron sus trabajos acerca de la importancia de las células en la constitución de los seres vivos (tanto animales como vegetales), en la denominada *Teoría celular*. Así revalorizaron la labor pionera del científico inglés Robert Hooke (1635-1703).

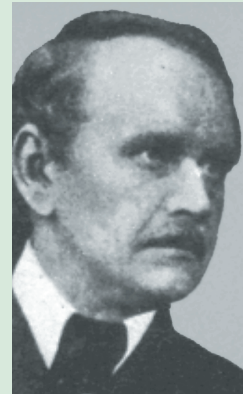
Schleiden estaba al tanto de los trabajos del botánico escocés Robert Brown (1773-1858), quien descubriera el movimiento de las partículas que se encuentran en una suspensión líquida, llamado en su honor «movimiento browniano». Brown también observó granos de polen y otros tipos celulares de las plantas e identificó, por primera vez, el núcleo celular. Schleiden reconoció la gran impor-

tancia de esta estructura en la reproducción celular, pero creía que las células nuevas brotaban de la superficie nuclear, lo que no es así.

Por su parte, Schwann introdujo el término *metabolismo* para referirse a todos los cambios químicos de las células y de los tejidos vivos, e inició los estudios de fisiología celular. Afirmó, además, que los organismos pluricelulares están formados por células. Diferenció los tejidos por tipos según la disposición de las células que los constituyen y, posteriormente, descubrió las células que forman parte de la vaina de los nervios, denominadas después en su honor «células de Schwann». También fue el pionero de una joven ciencia, la Embriología, al establecer que el huevo está formado por una sola célula que se desarrolla y crea un organismo completo.

En 1839, Schwann, influido por el trabajo de Schleiden, publicó investigaciones microscópicas de acuerdo con la estructura y el crecimiento de las células en las plantas y los animales.

A partir de la *Teoría celular*, y de los muchos hallazgos de Schwann y Schleiden, quedaron definidos los antecedentes de varios principios hoy reconocidos por todos los científicos.



Matthias Schleiden.

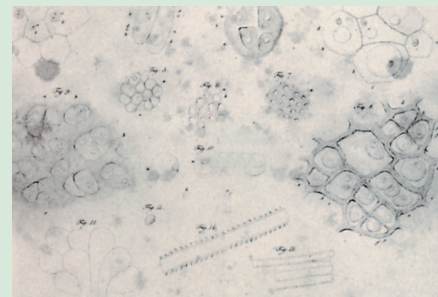


Ilustración del libro de Schwann que muestra estructuras celulares.

- Todos los organismos vivos están formados por una o más células.
- Las reacciones químicas, los procesos liberadores de energía y las reacciones de biosíntesis se desarrollan dentro de las células.
- Las células se originan de otras células.
- Las células contienen información hereditaria de los seres vivos de los cuales provienen, la cual pasa de una generación a otra en forma sucesiva.

Análisis del trabajo científico

1. **Opinen** acerca de la afirmación: «Todas las células son iguales».
2. ¿Cuáles fueron los aportes concretos de Schleiden y de Schwann a la Biología celular? **Expliquen**.
3. **Observen** las fotografías de diferentes tipos celulares tomadas con el microscopio electrónico. ¿Cómo explican las diferencias de tamaño?
4. **Observen** la fotografía de las células vistas con el microscopio electrónico de transmisión. ¿Distinguen algún orgánulo?
5. **Traten** de identificar los componentes comunes de las células de todos los seres vivos. ¿Existen estructuras que no pueden verse ni siquiera con el microscopio óptico más potente y que requieran el uso del microscopio electrónico? ¿Cuáles?

La célula: vida en su mínima expresión

La fotografía de la derecha muestra células de tejido vegetal observadas con el microscopio electrónico, en la que se aprecian los detalles más finos de su estructura. ¿Cómo llegó a definirse la célula como «la unidad de estructura y función»?

Célula (del latín *cellula*, diminutivo de *cella*, 'hueco, compartimiento' es el término que Robert Hooke —el primer investigador que la identificó— le dio a cada una de las «celdas» del corcho que observó con su microscopio óptico. Si bien las células observadas por Hooke estaban vacías, porque eran de tejido muerto, el término fue adoptado para designar la menor porción de materia que cumple con las funciones vitales, es decir, la **unidad de estructura y función**.

El trabajo de los científicos del siglo XIX permitió definir los alcances de la *Teoría celular*. Y el desarrollo de técnicas de laboratorio del siglo XX —la microscopía electrónica—, permitieron un mejor conocimiento de la estructura y la función celulares.

Una célula puede definirse como la mínima organización supramolecular, que cumple con todas las características de los seres vivos (estas son, entre otras, la capacidad de vivir aisladas, la autorregulación, la autoperpetuación y la evolución).

Pero si la célula es una unidad de estructura y función, es decir, si todas las células poseen los mismos elementos estructurales y cumplen las mismas funciones, ¿por qué algunas son tan diferentes de otras? Para responder esta pregunta, analicen la ilustración de los distintos tipos celulares que constituyen los tejidos mayoritarios de un animal superior.

La diferencia está dada por el distinto **grado de especialización** que alcanza cada una. Si bien todas tienen una composición química y estructuras similares, algunas permanecen indiferenciadas y otras se especializan para cumplir funciones determinadas. Por ejemplo, las neuronas son las células especializadas en la transmisión del impulso nervioso; las fibras musculares lisas, en la contracción de los músculos de las vísceras (estómago, intestino, etc.); los eritrocitos o glóbulos rojos, en el transporte del oxígeno, etc.

Por otra parte, la estructura de los orgánulos celulares y la presencia o ausencia de algunos de ellos, así como las variaciones en la composición química celular, también dependen de la especialización estructural y funcional.

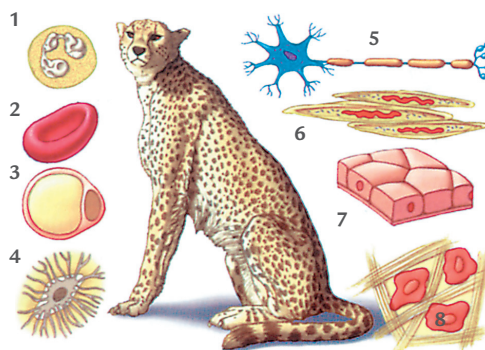
A pesar de las múltiples diferencias y de la existencia de organismos unicelulares y pluricelulares, todos los seres vivos están formados por células.



Célula vegetal observada con el ME.

T Tarea

Busca información sobre los aportes de diferentes científicos en el desarrollo de la *Teoría celular*.



1. Leucocito (célula sanguínea)
2. Eritrocito (célula sanguínea)
3. Adipocito (célula que almacena grasa)
4. Osteocito (célula ósea)
5. Neurona (célula nerviosa)
6. Fibra muscular lisa
7. Células de la piel
8. Células del tejido conjuntivo

Ti Trabajo individual

Explica por qué, según la *Teoría celular*, la célula es la unidad morfológica, fisiológica y genética de todos los seres vivos.

FUE NOTICIA

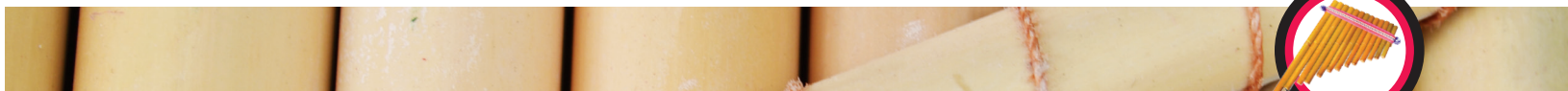
Premio Nobel para la neurona

Sucedió en Suecia, en 1906...

El 10 de diciembre de 1906, en el Auditorio de la Real Academia de Música, de Estocolmo «Suecia», el Premio Nobel de Medicina y Fisiología fue compartido por los doctores Santiago Ramón y Cajal (español) y Camillo Golgi (italiano). Ambos profesores universitarios recibieron este galardón por sus investigaciones sobre el sistema nervioso. Si bien se le adjudica a Ramón

y Cajal el descubrimiento de la neurona y la descripción de su estructura, esto fue posible por las técnicas de laboratorio ideadas por Camillo Golgi.

Según palabras de Ramón y Cajal: «La otra mitad del premio ha sido justificadamente adjudicada al ilustre profesor de Pavia Camillo Golgi, el creador del método con el cual he logrado mis más notables descubrimientos».



Organismos eucariontes y procariontes

Todas las células están formadas por:

- Una **membrana plasmática** o **celular**, conocida también como *plasmalema*, compuesta por una capa doble de fosfolípidos en la que están inmersas diversas proteínas.
- Una **matriz citoplasmática**, o **citoplasma**, consistente en un gel casi líquido (compuesto por agua), en el que están inmersas moléculas y macromoléculas libres, como glúcidos, lípidos, aminoácidos y proteínas.
- **Material genético**, o **cromatina** (del griego *chroma*, 'color'), que les permite autoduplicarse y transmitir a su descendencia las características de la especie, y que está formado por ácido desoxirribonucleico (ADN) asociado a proteínas (histonas). En algunas células, el material genético se encuentra libre en el citoplasma (células procariotas), y en otras, en el núcleo (células eucariotas).

La presencia de un **núcleo celular** es la característica fundamental de las células eucariotas.

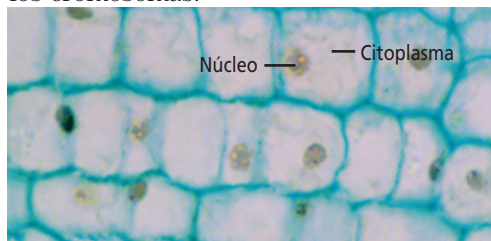
Células eucariotas

Presentan varios agregados moleculares en el citoplasma, que se ordenan de una manera específica y dan lugar a los **orgánulos** (por ejemplo, las mitocondrias) y al núcleo. Este está formado por un **carioplasma** (sustancia viscosa en estado de gel, con ácidos nucleicos, aminoácidos, nucleótidos, proteínas, glucógeno, etc.) y rodeado por una doble membrana: la **carioteca** o **envoltura nuclear**. En el interior del núcleo se distinguen también uno o más **nucléolos** y gran cantidad de ácido nucleico (ARN), ya que es el sitio donde se construyen las subunidades de los ribosomas.

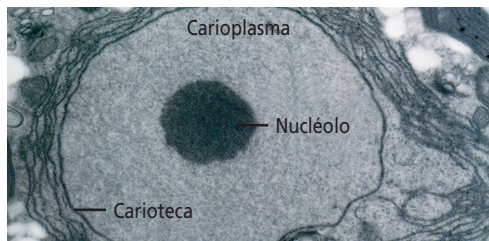
En 1831, Robert Brown descubrió el núcleo y declaró: «Es una característica normal de las células vegetales».

Los organismos eucariontes son todos los seres pertenecientes a los tradicionales reinos: **Protista** (los protozoos, la mayoría de las algas y los hongos celulares), **Fungi** (los hongos verdaderos), **Plantae** (comprende tanto las plantas o metafitas como, según algunos investigadores, las algas verdes antecesoras) y **Animalia** (animales verdaderos o metazoos).

Durante la división de las células eucariotas, la cromatina se condensa y se forman los cromosomas.



Con el microscopio óptico (MO), el núcleo se distingue como un punto voluminoso, más denso que el resto del citoplasma.

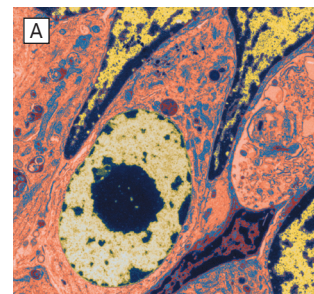


Con el microscopio electrónico de transmisión (MET), es posible distinguir su forma esférica u ovoidal y las estructuras que lo constituyen, en especial, el nucléolo.

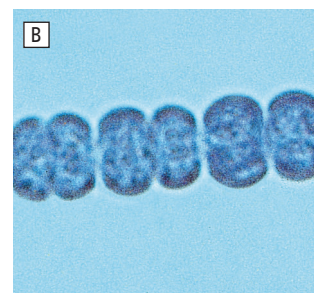
Células procariotas

Son más pequeñas que las eucariotas (menos de 2 μm o 10 \AA) y no poseen núcleo celular ni otros orgánulos especiales, pero sí ribosomas. La cromatina generalmente no está unida a histonas y forma **cromosomas circulares**.

Los organismos procariotas pertenecen a los reinos **Archaea** (arquibacterias) y **Bacteria** o **Monera** (bacterias y algas azules, o cianobacterias).



A: Célula eucariota.



B: Células procariotas.

Glosario

eucariota (del griego *eu*, 'bien', y *karyon*, 'nuez, núcleo'). Célula de más de 1 μm de diámetro, con un núcleo verdadero y que, además de la membrana plasmática, contiene diversos orgánulos, como los plastos y las mitocondrias. Las células vegetales tienen además de membrana celular, pared celular, estructura de la cual carecen las células animales.

procariota (del griego *pro*, 'antes o delante de', y *karyon*, 'nuez, núcleo'). Célula sin núcleo, cuya única membrana es la plasmática; es decir, carece de orgánulos celulares con excepción de los ribosomas, los cuales sin embargo tienen una estructura diferente de la de las células eucariotas. Muchas células procariotas poseen paredes por fuera de la membrana, y su composición química es distinta a la de las células vegetales.

Orgánulos de las células animal y vegetal

Los **orgánulos** de las células eucariotas están limitados por unidades de membrana que repiten el modelo de la membrana plasmática. Pero en las células procariotas, pese a que no existe compartimentalización del citoplasma para formar orgánulos, hay distintos **agregados macromoleculares** asociados a la membrana plasmática que tienen funciones similares.

En la siguiente ilustración, se muestran las características de una célula animal.

Membrana plasmática (A). Constituye una barrera semipermeable, que delimita la entrada y salida de las sustancias de la célula. Tiene un espesor de 75 Å y está compuesta por una doble capa de fosfolípidos, con proteínas y carbohidratos que la atraviesan o están unidos a su superficie. Este modelo de membrana se denomina **mosaico fluido**.

Núcleo (B). Orgánulo rodeado por una envoltura nuclear (carioteca), en la cual se encuentra el material genético (ADN) que determina las características del organismo.

Retículo endoplasmático (C). Se observa como un conjunto de sacos aplanados. El **retículo endoplasmático liso (REL)** sintetiza lípidos y su superficie es lisa; mientras que el **retículo endoplasmático rugoso o granular (REG)**, conocido también como *ergastoplasma*, presenta ribosomas adosados e interviene en la síntesis de proteínas extracelulares.

Aparato de Golgi (D). Está constituido por sacos aplanados. Recibe los productos sintetizados en el retículo, los empaqueta y los distribuye por la célula o los secreta al medio extracelular.

Mitocondria (E). Estructura que consta de una cavidad limitada por una doble membrana. La membrana interna está plegada (forma crestas) y, por

lo tanto, aumenta notablemente su superficie para la captación de oxígeno, ya que en este orgánulo se lleva a cabo la respiración celular. La matriz mitocondrial contiene un tipo especial de ADN.

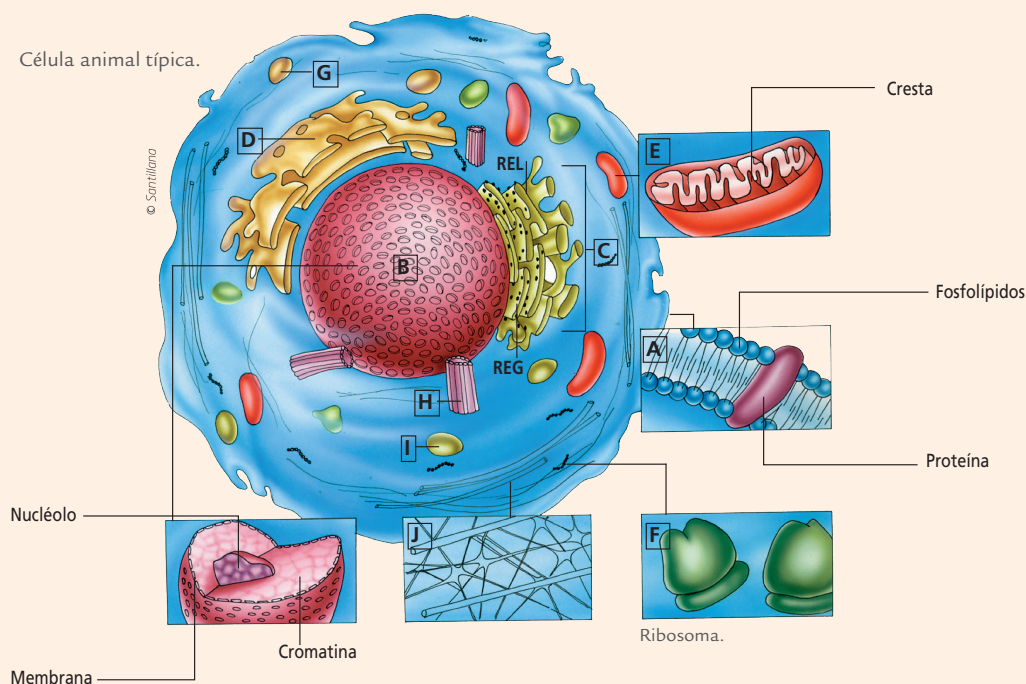
Ribosoma (F). Estructura esférica de ARN formada por dos subunidades, donde se sintetizan las proteínas. Si está asociado al REG, las proteínas que fabrica son transportadas a la membrana plasmática o afuera de la célula. En cambio, si está libre, fabrica proteínas intracelulares.

Lisosoma (G). Vesícula que se origina a partir del aparato de Golgi. Contiene enzimas, y en él tiene lugar la digestión celular.

Centriolo (H). Estructura par, cilíndrica, constituida por proteínas. Interviene en la reproducción celular.

Vacuola (I). Esta estructura tiene forma de bolsa y contiene los nutrientes o los desechos celulares.

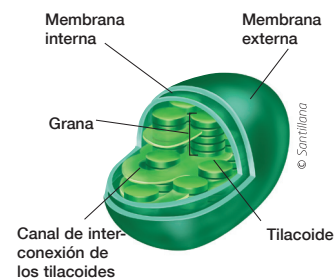
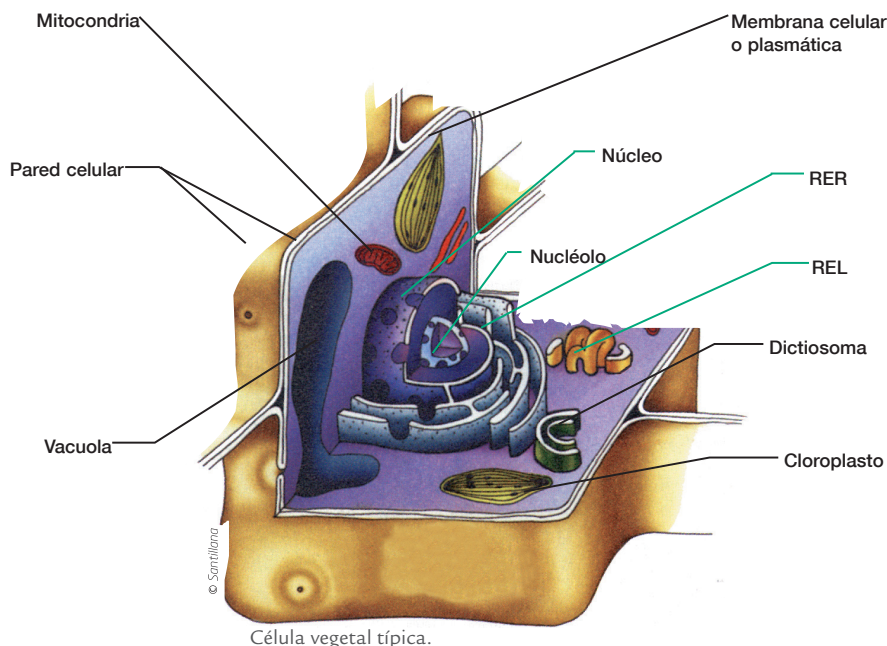
Citoesqueleto (J). Consta de microfilamentos, filamentos intermedios y microtúbulos, todos de composición proteica, que constituyen una red en el citoplasma. Su función es la resistencia mecánica, el mantenimiento de la estructura celular y la formación de canales de circulación de sustancias intercelulares.



La célula vegetal se diferencia de la anterior, fundamentalmente, en que tiene **cloroplastos**; además, se caracteriza por la ausencia de lisosomas y de centriolos; y la presencia de grandes vacuolas, de **leucoplastos** (orgánulos en los cuales se acumula almidón), de dictiosomas en vez de Aparato de Golgi y de una **pared celular** compuesta por celulosa y pectinas. A continuación se describen estas estructuras.

Tc Trabajo cooperativo

En grupos, **utilicen** materiales reciclados y **elaboren** una maqueta de la célula animal y vegetal. **Presenten** sus trabajos al resto de grupos, con una explicación de la función de cada uno de los organelos.



Estructura interna de un cloroplasto. La membrana interna presenta sacos apilados denominados *tilacoides*. Las agrupaciones de tilacoides se conocen como *grana*. El estroma es el espacio interno delimitado por la membrana. En él se encuentran las enzimas fotosintéticas.

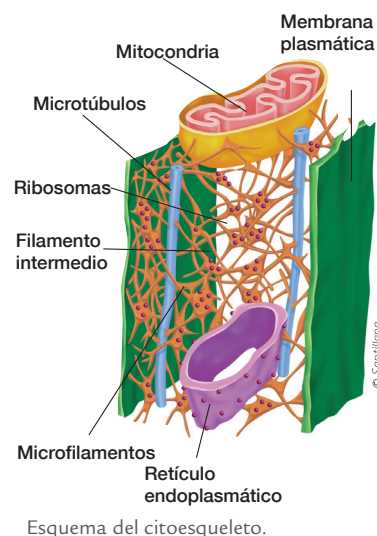
Ti Trabajo individual

Dibuja una mitocondria y un cloroplasto. **Identifica** sus partes y **establece** semejanzas y diferencias entre estas dos organelas.

- **Vacuola.** Organela con forma de saco y de tamaño variado. En algunas células vegetales, ocupa un amplio espacio en el citoplasma. Da soporte a las células; también, almacena los desechos que estas no pueden excretar. Además, mantiene constante la cantidad de agua intracelular.
- **Plastidios.** Grupo de organelas presentes en las células fotosintéticas. Todos los plastidios están delimitados por una doble membrana. Existen distintos tipos:
 - Cloroplastos.** Al igual que las mitocondrias, poseen su propio material genético (ADN plastidial). Contienen un pigmento de color verde, llamado *clorofila*, que capta la energía lumínica en la fotosíntesis. La fotosíntesis permite a las células con cloroplastos elaborar su propio alimento.
 - Leucoplastos.** Estas organelas carecen de pigmento. Se localizan principalmente en raíces y tubérculos, en donde almacenan almidón.
 - Cromoplastos.** Contienen pigmentos (amarillos, anaranjados o rojos) que proporcionan a las flores y a los frutos sus colores característicos. Esos pigmentos también intervienen en la captación de la energía solar durante la fotosíntesis.
- **Pared celular.** Es una estructura común en diversos organismos, con la función de proteger y dar forma a la célula. En las bacterias está constituida por peptidoglucanos (compuestos formados por carbohidratos y proteínas complejas). En los hongos es de quitina. En las plantas, está formada por celulosa.

Citoesqueleto

A inicios del siglo XX, se pensaba que el citoplasma era una solución viscosa y homogénea en la cual flotaban las organelas. En 1976, Keith Robert Porter (1912-1997) demostró la existencia de una red de filamentos de naturaleza proteica, llamada *citoesqueleto* (esqueleto interno de la célula). Sus funciones son mantener la estructura celular y brindarle resistencia mecánica, formar canales de circulación de sustancias intracelulares, participar en el movimiento celular, sostener y mover las organelas y movilizar los cromosomas durante la división celular.



Membrana celular o citoplasmática

Las **membranas celulares** constituyen el límite entre la célula y el medio que las rodea. Regulan el paso de sustancias hacia dentro y fuera de la célula, captan cambios externos y responden a ellos. Sirven como superficie para reacciones químicas y poseen estructuras especializadas, que permiten la comunicación entre células.

Desde comienzos del siglo pasado, se plantearon modelos que intentan explicar la organización estructural de la membrana celular. En la actualidad, el modelo más aceptado es el propuesto en la década de 1970 por S. J. Singer y G. L. Nicholson. Los estudios realizados por ambos investigadores los llevaron a suponer que la membrana está constituida por una doble capa lipídica. Sugieren que los fosfolípidos y el colesterol originan una matriz en la que se anclan las otras moléculas de la membrana, donde se encuentran inmersas diferentes proteínas que forman una especie de mosaico.

La doble capa de fosfolípidos tiene dos zonas bien diferenciadas:

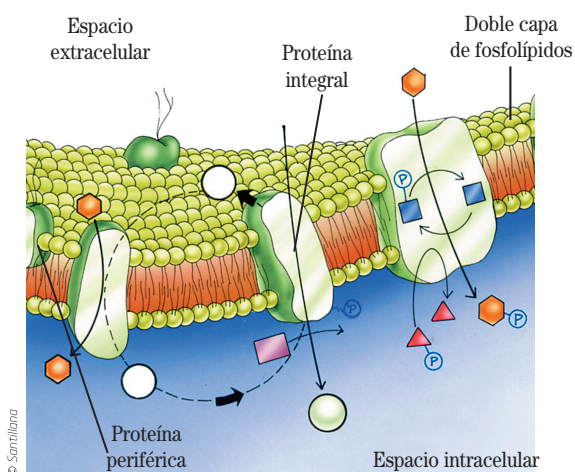
- **Hidrofílica.** Esta región se caracteriza por concentrar las cabezas polares de los fosfolípidos. Aquí se ubican los grupos que contienen oxígeno. Las cabezas polares están en contacto con el medio acuoso extracelular y el citoplasma.
- **Hidrofóbica.** Es un área hidrocarbonada en la que están las colas no polares de los fosfolípidos. Las colas no polares quedan de frente en el interior de la membrana plasmática.

El modelo reconoce dos tipos básicos de proteínas de membrana:

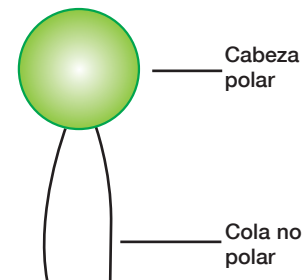
- **Integrales o intrínsecas.** Se anclan completamente a la capa lipídica. La separación de una proteína integral implica la destrucción de la membrana a la que está unida.
- **Periféricas o extrínsecas.** Son péptidos que se unen parcialmente a la membrana por medio de partes expuestas de las proteínas integrales. Con sencillos tratamientos químicos, se separan fácilmente de la membrana sin que cambie la estructura.

Las funciones de las proteínas membranales son variadas: unen células entre sí, las fijan al citoesqueleto, reciben y transmiten señales entre células adyacentes y transportan selectivamente moléculas.

El estado fluido de los lípidos permite a los componentes de la membrana moverse rápidamente en el plano de la membrana. Otras moléculas, como el colesterol y los carbohidratos, se ubican asimétricamente en la bicapa de manera que sus dos lados lucen diferentes. Por todos esos hallazgos, este modelo se conoce como de **mosaico fluido**.



Modelo de mosaico fluido.



La parte del fosfolípido donde se localiza el grupo fosfato constituye la cabeza polar, mientras que la cola no polar es el resto de la molécula.

L Lección

1. **Enumera** las diferencias entre las células *procariota* y *eucariota*.
2. **Analiza y responde:** ¿Cómo puede un protozoo realizar todas las funciones vitales de un ser vivo si solo posee una célula?
3. **Responde:** ¿Qué es la *membrana celular*?

TIC

T Tarea



Visita la siguiente página web Investiciencias, para profundizar la información relacionada con la membrana plasmática: goo.gl/U5Jju



Transporte a través de la membrana celular

Las sustancias que se mueven hacia adentro o hacia afuera de la membrana, pueden hacerlo con o sin gasto de energía.

1. Transporte pasivo (ruta libre). El pasaje se realiza sin gasto de energía.

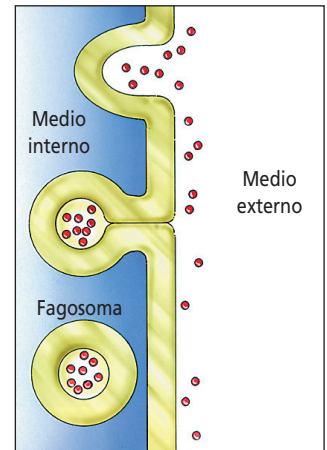
- Cuando las sustancias se desplazan a favor de un gradiente de concentración (por ejemplo, gases como el O_2 o el CO_2 , iones y pequeñas moléculas liposolubles), se trata de transporte por **difusión**. Cuando es el agua la que debe atravesar la membrana, el proceso se denomina **ósmosis**.

Los procesos de difusión y ósmosis tienen como finalidad igualar las concentraciones de la sustancia en cuestión dentro de la célula y fuera de ella.

- Cuando el transporte se realiza a través de proteínas transportadoras especiales, como los **carriers** o **permeasas**, se habla de **difusión facilitada**.

2. Transporte activo (pago de peaje). El pasaje se realiza con gasto de energía, cuando las sustancias se mueven en contra de un gradiente de concentración.

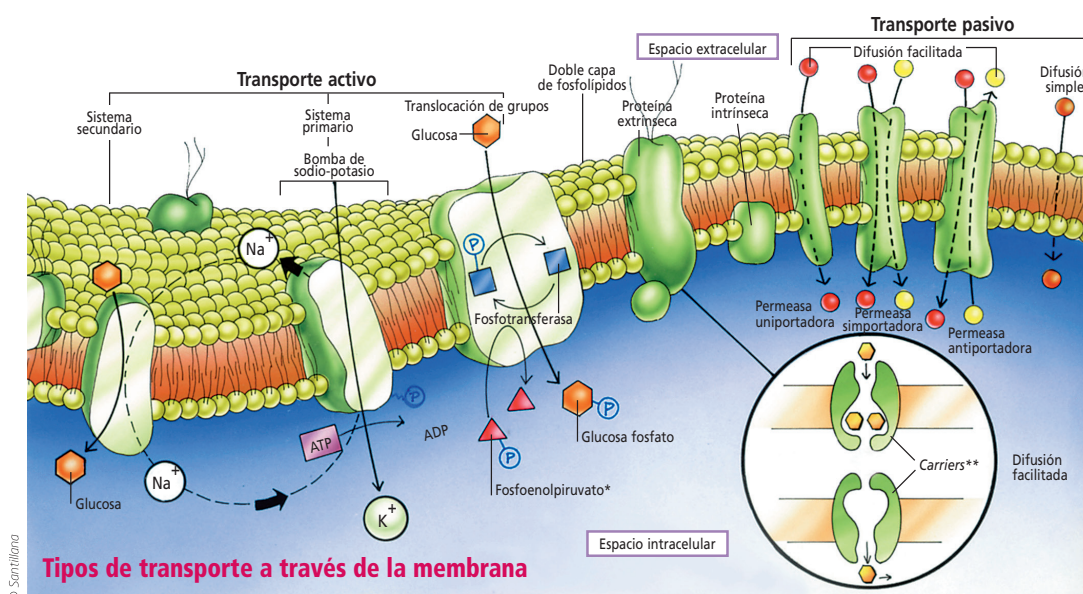
- Según el origen de la energía que se emplea en esta actividad, existen sistemas de transporte **primarios** (cuando proviene directamente de la rotura del ATP) o **secundarios** (si proviene de una diferencia de potencial eléctrico que se genera en un sistema primario). Un ejemplo del primero lo constituye la **bomba de sodio-potasio**, que mantiene elevado el Na^+ extracelular y el K^+ intracelular y regula el potencial de membrana. Además, el pasaje de glucosa a través de la membrana está asociado a la bomba de sodio-potasio, por lo que constituye un sistema secundario.
- Cuando las moléculas que atraviesan la membrana se alteran químicamente, en general por fosforilación, se habla de **translocación de grupos**.
- Cuando las moléculas son de gran tamaño, el mecanismo se denomina **transporte en masa**; la membrana se invagina para incorporar material (**endocitosis**) o para expulsarlo (**exocitosis**).



El proceso esquematizado corresponde a una endocitosis (si se trata de un material sólido, se habla de **fagocitosis**; y si es un líquido, de **pinocitosis**).

Investiga

Para observar el proceso de ósmosis, tres muestras de sangre humana son sometidas a una prueba en el laboratorio. Si se añade agua destilada, una solución saturada de sal y una solución isotónica a cada una de las muestras, **indica** qué les sucede a los glóbulos rojos y por qué.



*El fosfoenolpiruvato actúa como dador de fosfato, el cual fosforila a la molécula de glucosa por la acción de la enzima fosfotransferasa.

**Se supone que los carriers giran hacia uno y otro lado de la membrana y que cambian de forma al transportar distintos iones y moléculas.

Para comprender las formas de transporte a través de la membrana, es necesario revisar su estructura. En la actualidad, el denominado **modelo del mosaico fluido**, propuesto por S. Singer y G. Nicolson (1971), considera a la membrana como una **doble capa de fosfolípidos** en la que se encuentran incluidas las **proteínas globulares**, tanto **intrínsecas** (incluidas por completo en la capa lipídica) como **extrínsecas** (parcialmente incluidas en dicha capa).

Nutrición celular

La energía y la materia utilizada en las diferentes reacciones que ocurren en las células para mantenerse vivas son obtenidas a través de un proceso denominado **nutrición celular**.

Las células se pueden nutrir de dos formas, dependiendo del tipo de materia y energía que utilizan en el proceso.

- **Nutrición heterótrofa.** Las células incorporan materia orgánica e inorgánica. Para realizarlo, las células heterótrofas emplean la energía química almacenada en los enlaces de la materia orgánica que incorporan. Todos los animales, hongos y protozoos realizan alimentación heterótrofa.
- **Nutrición autótrofa.** Las células autótrofas adquieren materia inorgánica mediante procesos de intercambio a través de la membrana; y utilizan energía luminosa para convertir la materia inorgánica en orgánica, a través de un proceso denominado *fotosíntesis*. La nutrición autótrofa es propia de las plantas, algas y cianobacterias.

Relación con el medio

Las células se relacionan con el medio que las rodea. Son capaces de captar variaciones de las condiciones ambientales y reaccionar ante las mismas. En la membrana celular, se localizan los mecanismos de captación y de transmisión de información sobre los cambios en el medio intracelular. A las variaciones en el medio exterior capaces de producir una respuesta en la célula se les llama **estímulos**. Estos pueden ser de tipo químico, térmico o luminoso, entre otros.

Las respuestas de las células a los diferentes estímulos pueden ser muy diferentes y pueden manifestarse en cambio de forma, movimiento, cambios en el metabolismo y secreciones, entre otras.

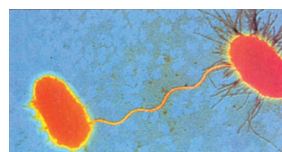
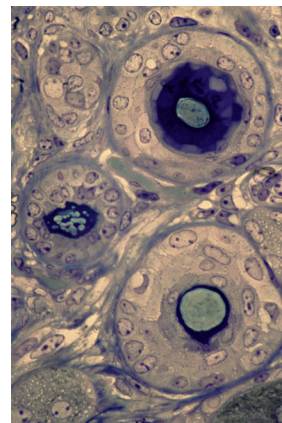
Las respuesta de movimiento ante un estímulo se llama **tactismo**. Así, podemos hablar de **tactismo positivo** si la célula se acerca hacia el estímulo y de **tactismo negativo** si la célula se aleja de él. Si el estímulo que provoca el movimiento es la luz se denomina **fototactismo**, si es químico o térmico, se habla de **quimiotactismo** y **termotactismo**, respectivamente.

El movimiento celular se realiza mediante el uso de tres tipos de estructuras.

- **Pseudópodos:** Son evaginaciones o depresiones que se forman en el citoplasma, y crean la impresión de falsos pies. Los protozoarios denominados *amebas* utilizan este tipo de movimiento.
- **Flagelos:** Son estructuras en forma de látigo, presentes en la parte externa de la membrana celular. Las euglenas son protozoarios que emplean este tipo de movimiento.
- **Cilios:** Son estructuras que parecen pequeñas cerdas y se distribuyen en el margen de la membrana celular. Estos realizan un movimiento circular que permite a las células desplazarse.

Ante cambios del medio muy desfavorables, algunas células pueden adoptar un estado de vida latente mediante el enquistamiento, que consiste en la formación de una cubierta resistente segregada por la propia célula. Esta característica puede observarse en protozoarios y bacterias de vida parásita.

En los organismos pluricelulares, la comunicación entre las diferentes células que lo componen es posible gracias a la producción y recepción de estímulos químicos (neurotransmisores u hormonas). En estos organismos, los sistemas de comunicación intercelular se basan en la liberación de moléculas mensajeras (estímulos o señales intracelulares) que actúan sobre células específicas llamadas *células dianas*.



Estructuras que permiten el movimiento celular.

Tarea

Elabora una tabla en donde establezcas las semejanzas y diferencias entre la nutrición heterótrofa y autótrofa.

Ciclo celular



El ciclo celular abarca el conjunto de eventos que ocurren en una célula desde su origen hasta su división. Incluye todas las actividades de crecimiento, metabólicas y de división de la célula. Debido a que el ADN nuclear tiene la información necesaria para el funcionamiento celular, el núcleo controla este proceso.

En este ciclo se distinguen dos etapas: la **interfase**, que comprende generalmente tres fases: G1, S y G2; y la **división celular**, compuesta por la mitosis o meiosis y la citocinesis. La duración de cada ciclo celular varía de célula a célula, pero por lo general dura de 8 a 24 horas en las células eucariotas que se encuentran en crecimiento activo.

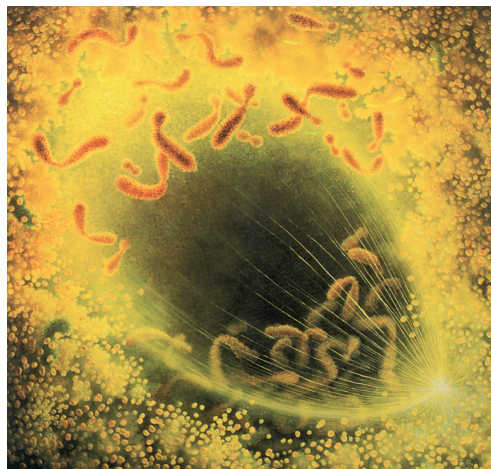
Interfase

La interfase es la etapa del ciclo celular en la que ocurre la síntesis de sustancias necesarias, el crecimiento de la célula y la duplicación del ácido desoxirribonucleico. Se la suele dividir en tres fases.

- **De crecimiento (G1).** Ocurre el crecimiento de la célula y al final se observa un aumento en la concentración de las enzimas requeridas para la síntesis de ADN.
- **De síntesis (S).** Ocurre la duplicación del ADN.
- **Segunda fase de crecimiento (G2).** Se produce el aumento en la síntesis de proteínas, como preparación para iniciar la mitosis.

Reproducción celular

Analicen la fotografía de una célula en proceso de división y la ilustración de una doble hélice de ADN, mientras se abre y se duplica. ¿Qué estructuras pueden identificar en la fotografía? ¿Cómo se distribuyen estas en la célula que se divide? ¿Cómo se llama este proceso? ¿Cómo relacionan la duplicación del ADN con la división celular?



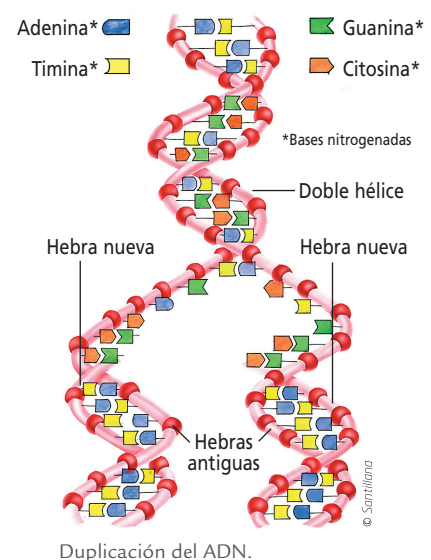
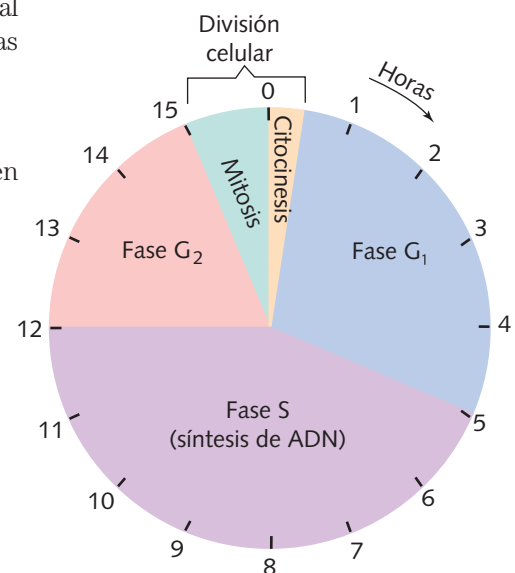
División celular observada con el microscopio electrónico de transmisión (MET) y coloreada artificialmente.

La **reproducción celular** consiste, básicamente, en la división de la célula. Pero, para que cada célula hija reciba todos los elementos necesarios para su funcionamiento, es necesaria la duplicación previa de los orgánulos y, fundamentalmente, del material genético o ADN.

Investiga

Se conocen como **agentes cancerígenos** los factores que aumentan la probabilidad de que una persona desarrolle cáncer si se expone a ellos. Las radiaciones ultravioleta, el tabaco y ciertas sustancias químicas son agentes cancerígenos.

Indaga qué medidas pueden disminuir el efecto de los agentes cancerígenos.



Duplicación del ADN.

La duplicación de los componentes celulares y la posterior distribución equitativa entre las células hijas constituyen el **ciclo celular**. Este proceso es comandado por el núcleo, ya que el ADN, que se halla dentro de este, regula la formación, el crecimiento, el funcionamiento y la reproducción celulares.

¿De qué manera la molécula de ADN puede producir copias de sí misma sin perder su conformación? La clave reside en que las bases nitrogenadas que constituyen los nucleótidos del ADN son complementarias, por lo que cada hebra puede actuar como un molde para fabricar otra nueva. Para duplicarse, el ADN separa sus dos hebras y, por medio de las enzimas adecuadas, se van insertando los nucleótidos complementarios en cada una de las hebras separadas. Este modelo de duplicación del ADN, denominado **hipótesis semiconservativa**, fue propuesto por James Watson (1928–) y Francis Crick (1916–2004), científicos que también descubrieron la estructura tridimensional del ADN.

Una vez duplicado el ADN, los filamentos de cromatina se condensan en unas estructuras compactas, llamadas **cromosomas**. Cada cromosoma, entonces, está compuesto de una hebra espiralizada de ADN, unido a histonas (proteínas); además, está formado por dos brazos idénticos, las **cromátidas** hermanas, las cuales se unen por medio del **centrómero**.

La reproducción celular incluye dos tipos diferentes de divisiones: la mitosis y la meiosis.

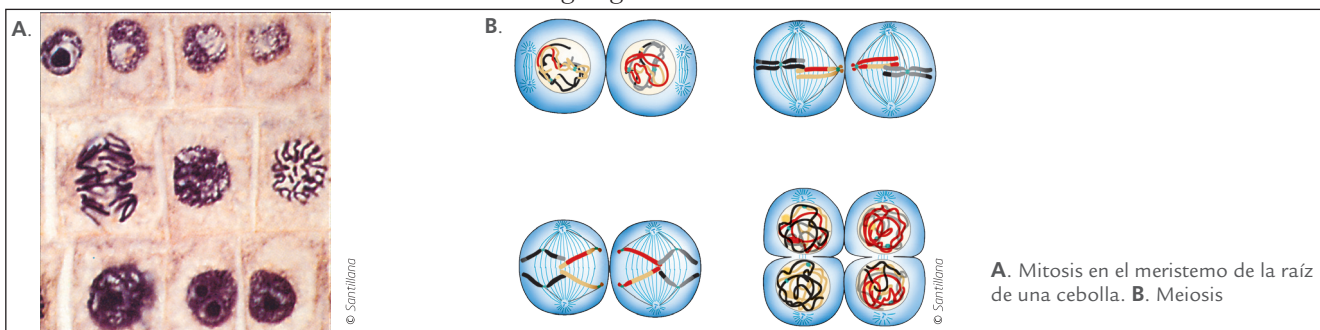
La **mitosis** (del griego *mitos*, 'hilo' y *-osis*, sufijo que indica 'proceso') es la reproducción celular que permite obtener, a partir de una célula madre, dos células hijas. Estas son exactamente iguales a la que les dio origen, es decir, reciben una copia exacta del ADN de la célula madre y tienen el mismo número de cromosomas.

La **meiosis** (del griego *meioun*, 'hacer más pequeño') es la reproducción celular por la cual, a partir de una célula madre, se obtienen cuatro células hijas o gametos (células sexuales), que tienen la mitad del número de cromosomas. En el caso de las hembras, de las cuatro células, solamente una madura en óvulo, el resto degenera. En el caso de los machos, las cuatro células se convierten en espermatozoides.

En los animales, la meiosis se lleva a cabo únicamente en las células diploides ($2n$) de los órganos sexuales o **gónadas**; y en las plantas verdes, en las células $2n$ de los **esporangios** o estructuras productoras de esporas.

La división celular es un fenómeno estrictamente regulado. Las células reciben señales que les indican cuándo dividirse y cuándo no. Sin embargo, algunas pueden comenzar a hacerlo en forma desordenada. Esa proliferación celular descontrolada da origen a masas de células que crecen sin parar y que se llaman **tumores**.

Un **tumor benigno** se produce cuando las células tumorales permanecen juntas y forman una única masa. Un **tumor maligno** sucede si esas células invaden otros tejidos o viajan por el torrente sanguíneo hacia otras partes del cuerpo, donde forman ahí tumores secundarios o metástasis. Al tumor maligno generalmente se lo llama **cáncer**.



A. Mitosis en el meristemo de la raíz de una cebolla. B. Meiosis

Glosario

diploide (del griego *diplós*, 'doble'). Célula u organismo con un número doble de cromosomas. Se lo simboliza $2n$.

haploide (del griego *haplos*, 'simple, único'). Célula u organismo con la mitad del número de cromosomas que un diploide. Se lo simboliza n .

Trabajo cooperativo

Si los gametos tienen la mitad del número de cromosomas respecto al resto de las células del cuerpo, ¿mediante cuál proceso de división celular se originan? Expliquen.

Lección

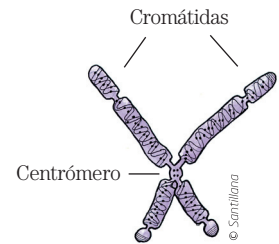
Responde las siguientes preguntas: ¿Cuántos juegos de cromosomas tienen los gametos? ¿Cuántos juegos tienen las restantes células del cuerpo, o somáticas, en un organismo pluricelular? ¿Cuál es el producto de la fusión de los gametos?



Mitosis

La mitosis ocurre en todas las células somáticas de los organismos multicelulares. En ellos, participa en la regeneración de masas celulares o de tejidos, el crecimiento y la cicatrización de heridas, entre otras cosas. En los seres unicelulares, constituye la forma de reproducción. La mitosis produce una división equitativa de la célula progenitora en dos células hijas con la misma dotación cromosómica. Aunque es un evento continuo, se divide en fases para facilitar su estudio.

- **Profase.** Se empieza a formar el huso mitótico (estructura proteica). El ADN comienza a condensarse y se forman los cromosomas, con dos cromátidas (brazos) hermanas cada uno. Cada centriolo migra a los polos opuestos de la célula. Por último, los cromosomas se fijan al huso.
- **Metafase.** Las fibras del huso ubican los cromosomas en el ecuador de la célula. Esta es la etapa en la que más claramente se observan los cromosomas.
- **Anafase.** Las cromátidas hermanas de cada cromosoma se separan y se dirigen hacia los polos opuestos de la célula. Ahora cada cromátida se considera un cromosoma no duplicado.
- **Telofase.** Cada juego de cromosomas se desenrolla y alarga. Se reensambla la envoltura nuclear, desaparece el huso mitótico y reaparecen los nucléolos.



Los cromosomas están compuestos por una hebra espiralizada de ADN unida a histonas. Las dos cromátidas hermanas del cromosoma se unen por medio del centrómero.

TIC

T Tarea

Visita esta página electrónica para ver animaciones del proceso de mitosis. Luego, en tu cuaderno, **dibuja** sus fases.

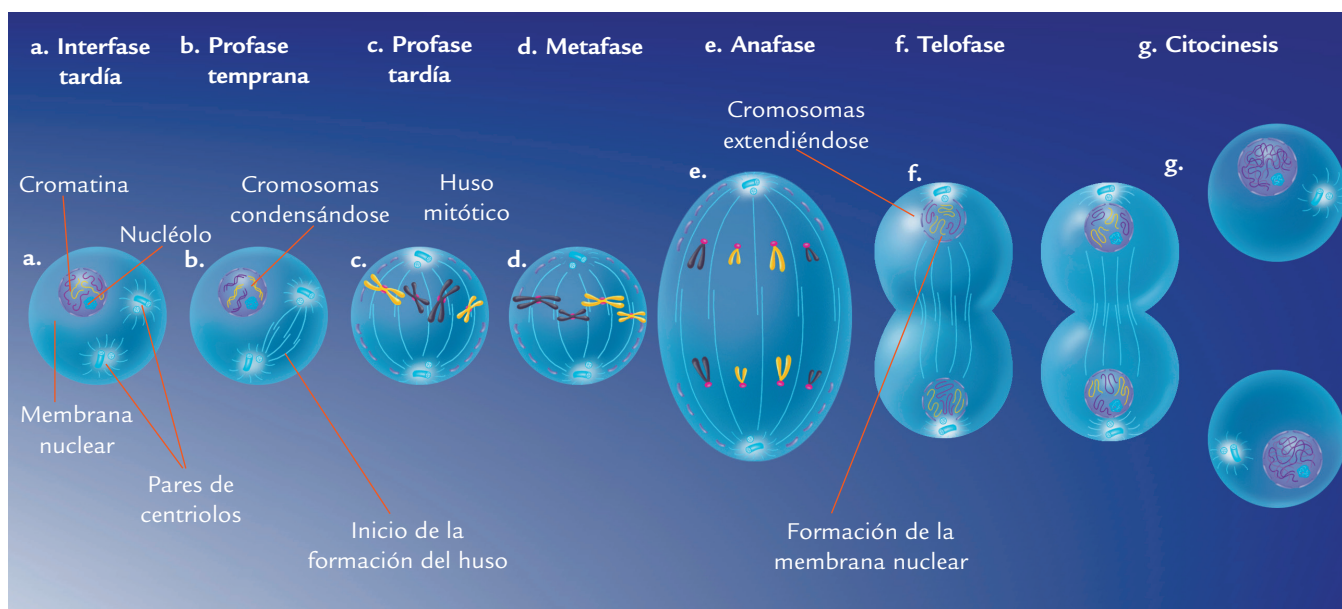
goo.gl/4i515 y goo.gl/KKE5e

Citocinesis

La citocinesis es la división del citoplasma. Ocurre al finalizar la mitosis y produce la separación de las dos células hijas. La división citoplasmática se inicia en las células animales con un acinturamiento de la célula madre. Después, ese surco se profundiza gradualmente hasta que se separan por completo las dos células.

En las células vegetales, la división ocurre al formarse una separación en la región ecuatorial llamada placa celular. Esa estructura es perpendicular a la pared celular. Cada célula hija forma una membrana de su lado de la **placa celular**.

Mitosis y citocinesis en una célula animal.

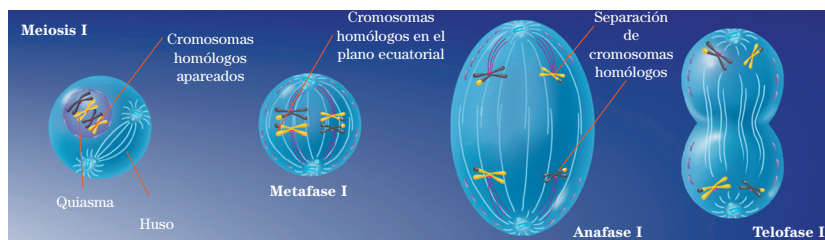


Meiosis

El proceso de la **meiosis** ocurre solamente en las estructuras sexuales de los organismos encargados de la producción de los gametos. Consta de dos etapas principales: meiosis I, en la que ocurre el entrecruzamiento y se divide la célula por primera vez; y meiosis II en la que se generan cuatro células haploides a partir de dos diploides.

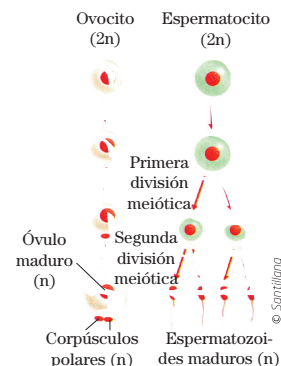
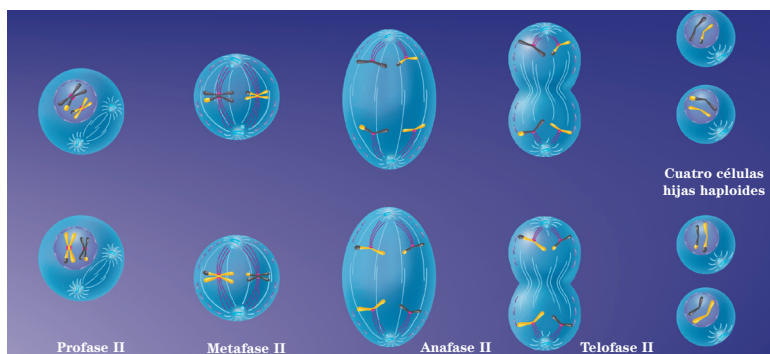
Meiosis I

- **Profase I.** La membrana nuclear desaparece, las fibras del huso comienzan a aparecer y el ácido desoxirribonucleico (ADN) se empaqueta y forma los cromosomas, constituidos por dos cromátidas hermanas, unidas por el centrómero. Los cromosomas homólogos se unen longitudinalmente, en grupos de cuatro, las tétradas; las cromátidas homólogas se entrecruzan e intercambian fragmentos de ADN, con lo cual se recombina el material genético.
- **Metafase I.** Las fibras del huso ya están formadas y los cromosomas se disponen en el ecuador de la célula. Cada cromosoma se ubica en la placa ecuatorial junto con su homólogo, al que sigue unido por el centrómero.
- **Anafase I.** Los cromosomas homólogos son arrastrados a ambos extremos de la célula. Cada cromosoma del par homólogo migra independientemente del otro. Este fenómeno, conocido como *segregación cromosómica*, junto con el entrecruzamiento de las cromátidas, es de gran importancia porque determina que los descendientes sean genéticamente distintos de sus progenitores.
- **Telofase I.** Con esta fase finaliza la primera división meiótica; las fibras del huso y los cromosomas desaparecen por la descondensación del ADN. La reorganización de la membrana nuclear y el momento en que se produce la citocinesis I dependen de la especie.



Meiosis II

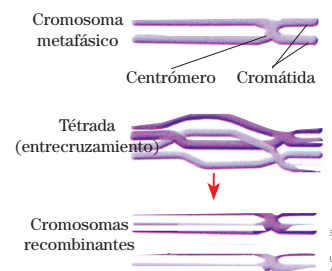
- **Profase II.** Desaparece la membrana nuclear, se reinicia la formación de las fibras del huso, el ADN vuelve a empaquetarse y se reconstituyen los cromosomas.
- **Metafase II.** Los cromosomas, compuestos por dos cromátidas hermanas, se alinean en el plano ecuatorial.
- **Anafase II.** Las cromátidas hermanas se separan; se obtienen cromosomas simples, que migran hacia los polos opuestos.
- **Telofase II.** Desaparecen las fibras del huso; la membrana nuclear se reorganiza y los cromosomas desaparecen al condensarse el ADN.
- **Citocinesis II.** Se obtienen cuatro células haploides, diferentes entre sí.



La meiosis es igual a la mitosis de una célula haploide, pero no existe una duplicación previa del ADN. Como se parte de dos células, el resultado final de la meiosis II son cuatro células hijas haploides (n).

Tarea

1. **Explica** qué es el ciclo celular y cuáles son sus etapas.
2. **Elabora** una tabla comparativa entre *mitosis* y *meiosis*.

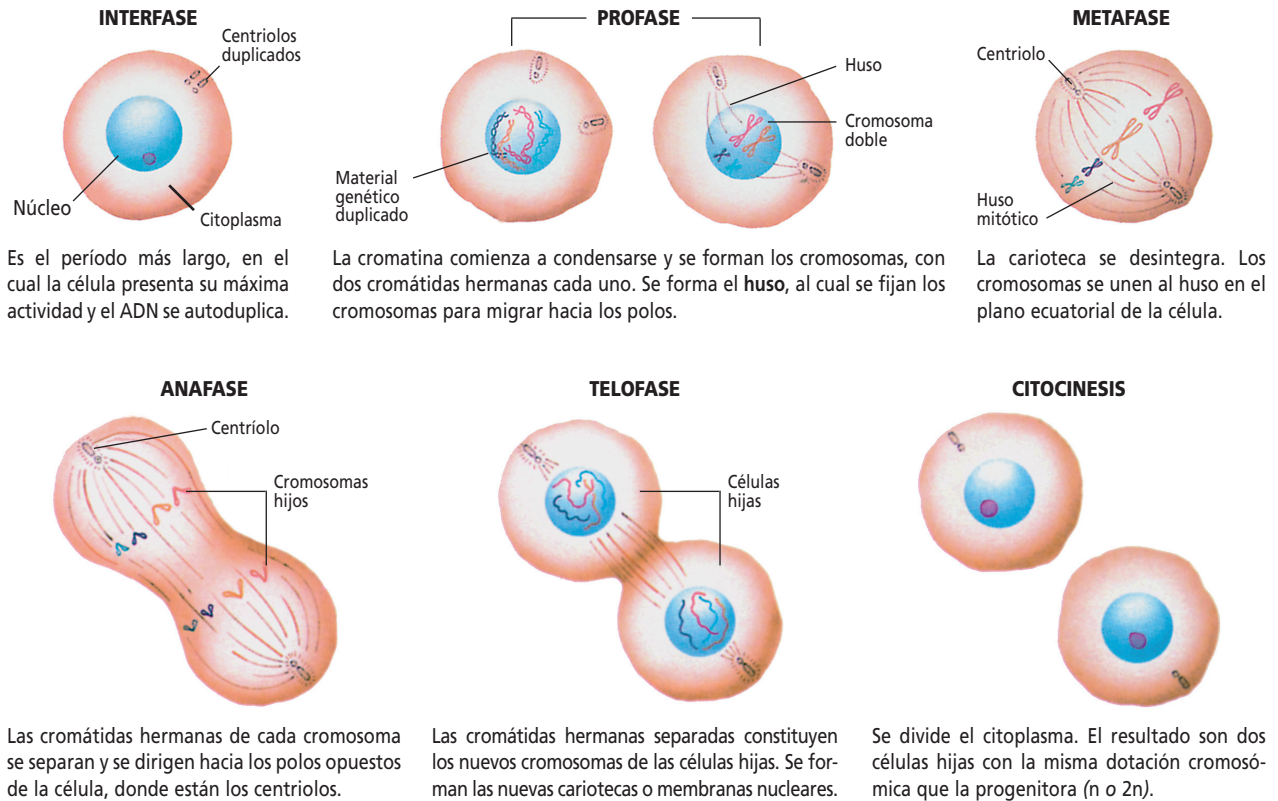


El entrecruzamiento es uno de los mecanismos más importantes en la obtención de diferencias genéticas entre las células resultantes.

Mitosis y meiosis

En un individuo haploide (n) o diploide ($2n$), la mitosis produce una división equitativa de la célula progenitora en dos células hijas, con la misma dotación cromosómica.

MITOSIS



La meiosis solo se da en individuos diploides ($2n$) y consta de una **etapa reduccional, o meiosis I**, en la que se duplica el ADN, se produce el entrecruzamiento y se divide la célula; y una **etapa ecuacional, o meiosis II**, en la que la separación de las cromátidas hermanas de las células de la etapa anterior culmina en la formación de cuatro células hijas.

MEIOSIS I

PROFASE I

Se divide, a su vez, en cuatro etapas, en las que los procesos fundamentales son:

- el **apareamiento de los cromosomas homólogos** (cromosomas maternos y paternos de igual morfología y similar información genética), que constituyen una **tétrada** (dos cromosomas es decir, cuatro cromátidas hermanas), y
- el **entrecruzamiento** o **crossing-over**, intercambio de la información genética entre las cromátidas de los cromosomas homólogos. Luego, estos comienzan a separarse.

METAFASE I

Los cromosomas apareados se alinean en el plano ecuatorial.

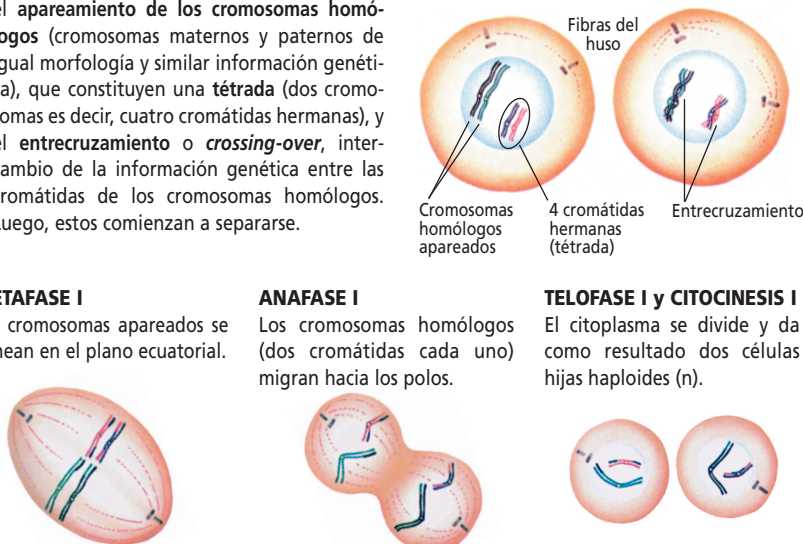
ANAFASE I

Los cromosomas homólogos (dos cromátidas cada uno) migran hacia los polos.

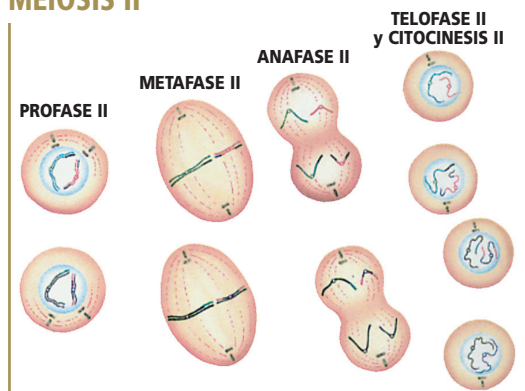
TELOFASE I y CITOCINESIS I

El citoplasma se divide y da como resultado dos células hijas haploides (n).

© Santillana



MEIOSIS II



Esta etapa es igual a la mitosis de una célula haploide, pero no existe una duplicación previa del ADN. Como se parte de las dos células, el resultado final de la meiosis II son cuatro células hijas haploides (n).

Identifica las características de las células procariotas, eucariotas, animales y vegetales.

1. Elige las alternativas correctas entre las siguientes selecciones múltiples. **Justifica** tu elección.

I. En la célula procariota...

- no hay membrana nuclear pero hay nucléolos.
- el ADN es cerrado, circular y no está unido a histonas.
- los ribosomas son iguales que en las eucariotas y están asociados al retículo endoplasmático granular.
- no hay nunca una pared celular.
- no existen organelas celulares.
- no puede realizarse la fotosíntesis por la ausencia de cloroplastos.
- la membrana plasmática presenta pliegues que tienen complejos enzimáticos similares a los de las organelas.

II. En la célula eucariota vegetal...

- hay un núcleo con nucléolos y varias moléculas de ADN.
- los cloroplastos se encargan de la fotosíntesis.
- los ribosomas se asocian siempre al retículo endoplasmático.
- la división es por mitosis.
- la pared celular siempre está formada por lípidos.
- la membrana plasmática consiste en una doble capa de fosfolípidos.
- no existen lisosomas.

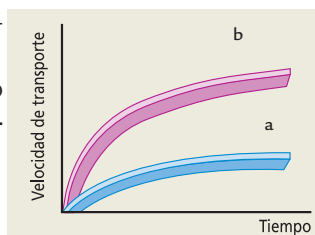
III. En la célula eucariota animal...

- los lisosomas intervienen en la fagocitosis.
- no existe complejo de Golgi.
- hay plastidios y mitocondrias.
- el ARN es el material genético.
- las vacuolas ocupan gran parte de la célula.
- las mitocondrias se autoduplican porque tienen ADN y ribosomas.
- la meiosis que ocurre en las células diploides de las gónadas produce los gametos.

Analiza y reconoce el tipo de transporte que ocurre a través de la membrana.

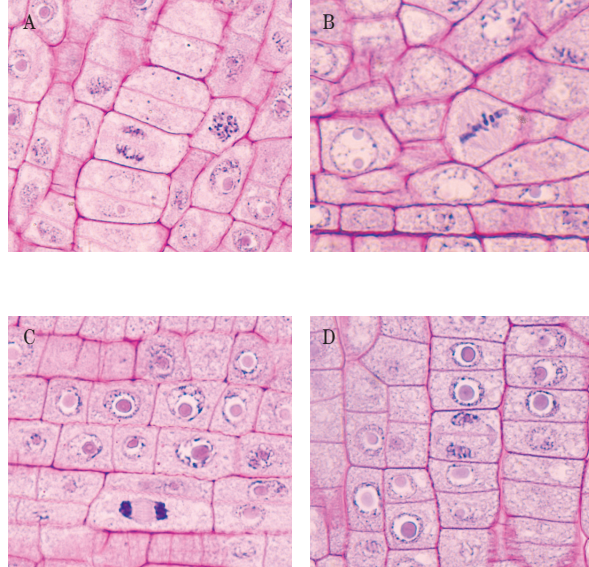
2. Analiza el siguiente gráfico. Una de las curvas pertenece a una sustancia liposoluble y la otra, a una hidrosoluble. Ambas ingresan en la célula a favor de un gradiente de concentración.

- ¿A qué sustancia corresponde cada curva?
- ¿Por qué mecanismo son transportadas? **Justifica** tus respuestas.



Identifica las fases de la mitosis.

3. Observa las fotografías. **Identifica** las distintas fases de la mitosis representadas. Luego, **haz** una descripción breve de cada una.



Explica las funciones de las organelas celulares.

4. Elabora un diagrama para explicar las fases de la meiosis. Luego, **haz** una tabla comparativa entre la *mitosis* y la *meiosis*.

5. Menciona las funciones de las siguientes organelas.

- Ribosomas
- Mitocondrias
- Retículo endoplasmático
- Complejo de Golgi
- Vacuolas
- Pared celular
- Lisosomas

Explica los fundamentos de la *Teoría celular*.

6. Explica, con tus propias palabras, cuáles son los fundamentos básicos de la *Teoría celular*.

Reconoce las funciones de relación, transporte y reproducción celular.

7. Completa los siguientes enunciados.

- La mínima organización supramolecular que cumple todas las características de los seres vivos es la _____.
- Cuando la célula expulsa productos de desecho o secreciones como el moco, se habla del proceso denominado _____.
- La etapa del ciclo celular en que la célula pasa la mayor parte de su tiempo es la _____.
- Los cromosomas se forman durante la división de las células eucariotas cuando se condensa la _____.

Establece diferencias entre *mitosis* y *meiosis*.

8. ¿Qué diferencias existen entre la *mitosis* y la *meiosis*? **Enfoca** tu respuesta en los siguientes aspectos:

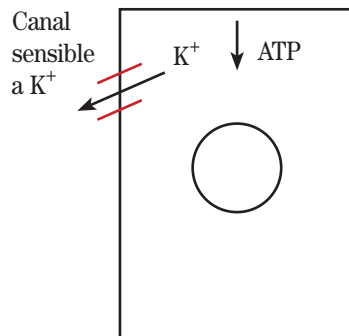
- Células en las que se dan.
- Mecanismos que ocurren a nivel de profase.
- Número y tipo de células que generan.

Establece diferencias entre el transporte activo y pasivo.

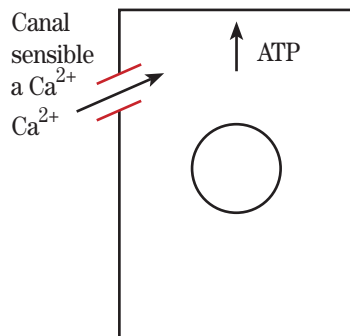
9. **Menciona** las diferencias que existen entre el transporte pasivo y el activo. **Cita** ejemplos de cada uno de ellos.

Aplica los conocimientos sobre el transporte activo para resolver problemas.

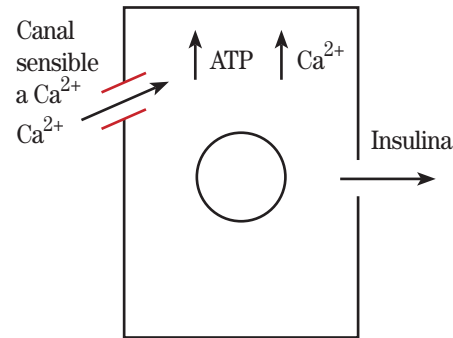
10. La insulina es una hormona que controla la concentración de glucosa en la sangre. Las células productoras de esta hormona poseen canales iónicos sensibles al ion potasio (K^+), cuyo funcionamiento depende de la concentración intracelular de ATP (adenosintrifosfato). Cuando la concentración de ATP es baja, los canales están abiertos y el ion potasio sale de la célula.



Luego de la ingesta de alimentos, aumenta la concentración de glucosa en la sangre y se sintetiza más ATP en las células. Si la concentración de ATP es alta, se cierran los canales para el paso de K^+ y se abren canales permeables al ion calcio (Ca^{2+}).



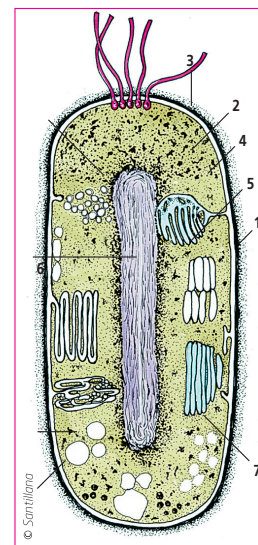
El aumento de la concentración de Ca^{2+} en las células productoras de la insulina favorecen que esta hormona se libere al torrente sanguíneo.



- Responde** las preguntas: ¿Por qué crees que se da la liberación de la insulina al torrente sanguíneo?
- ¿Qué tipo de transporte se ilustra a través de este ejemplo? ¿En qué órgano del ser humano ocurre este proceso?

Indaga información sobre organismos procariotes.

11. En la siguiente ilustración de una célula procariota tipo, se incluyen elementos pertenecientes a diferentes células procariotas que desempeñan funciones especiales.



- Cápsula o vaina mucilaginosas.** Segregada por la célula, su presencia determina la capacidad de infección activa de las bacterias patógenas.
- Pared celular o protoplasto.** Compuesta por mureína, proteínas y lípidos, esta pared rígida y delgada es segregada por la célula.
- Flagelo simple.** Apéndice locomotor de estructura simple, formado por filamentos enrollados de proteína.
- Membrana plasmática o plasmalema.** Formación constante e indispensable, con estructura, composición y funciones similares a las de la célula eucariota.
- Mesosoma.** Repliegue de la membrana, considerado el lugar de unión del ADN y relacionado con su proceso de duplicación.
- Ribosomas y polirribosomas.** Cuerpos esféricos asociados a la síntesis de las proteínas celulares.
- Laminillas o lamelas.** Contienen pigmentos que captan la luz (fotosintetizadores) o elementos respiratorios. No delimitan cavidades aisladas.
- Cromosoma bacteriano.** Formado por una sola molécula de ADN circular, carece de proteínas asociadas y se encuentra libre en la matriz.
- Matriz celular.** Contiene todos los elementos señalados.

10. **Estructuras respiratorias.** En las bacterias aeróbicas, aparecen adosadas al lado interno de la membrana plasmática. Desempeñan las funciones de las crestas mitocondriales.

- Explica** qué similitudes encuentras entre los elementos señalados en la célula procariota y los orgánulos de las células eucariotas animales o vegetales.
- Investiga** qué diferencias existen entre una bacteria anaerobia, una bacteria aerobia, una cianobacteria y una arqueobacteria.

1. Técnicas para la preparación de células y tejidos vivos

Para la aplicación de técnicas histológicas se puede seleccionar tejidos que permitan ver y comparar con facilidad distintos tipos celulares.

Objetivo

Preparar tejidos vivos para su observación con el microscopio óptico.

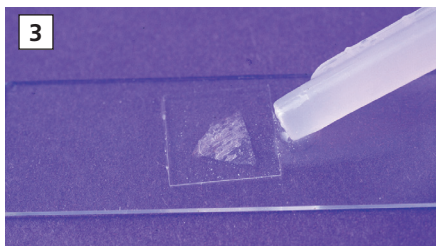
Materiales

Hojas; hojas delgadas de cebolla; tallos; raíces de rabanito; pulpa de tomate; tubérculo de papa; tallos de alfalfa; agua estancada; médula de saúco; solución de Lugol; un micrótopo; hilo de rafia; un bisturí; una pinza; vasos de precipitado; un mechero de Bunsen; un trípode; un gotero; hebras de algodón; portaobjetos y cubreobjetos; un microscopio óptico.

Procedimiento

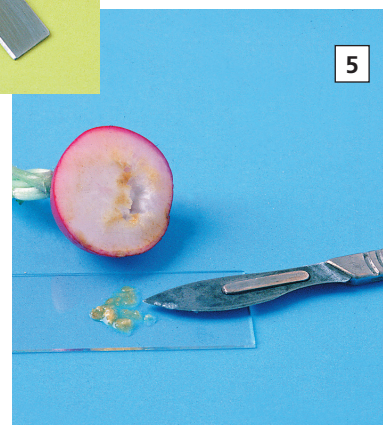
I. Desprendimiento de la epidermis vegetal y derivados

1. Con el bisturí, **practiquen** un corte en V sobre las catáfilas de cebolla. Con ayuda de la pinza, **levanten** el vértice y **halen** hacia el lado opuesto.
2. **Apoyn** el material sobre el portaobjeto y **corten** hasta que el tejido quede transparente.
3. **Agreguen** unas gotas de agua y **tapen** con el cubreobjeto, hasta eliminar todo el aire.



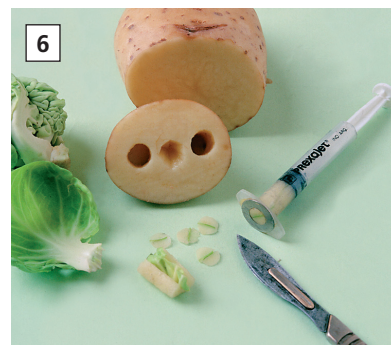
II. Técnica de raspado (para observar inclusiones y algunos plástidos)

4. **Hagan** un corte tangencial sobre el parénquima seleccionado (si se trata de un parénquima amilífero, **agreguen** unas gotas de Lugol antes de continuar).
5. **Raspen** con el bisturí para obtener un poco de material. **Apliquen** y **extiéndanlo** sobre el portaobjeto.



III. Cortes transversales o longitudinales (en vegetales)

6. **Seleccionen** el material que van cortar e **inclúyanlo** en un cilindro de médula de saúco (pueden reemplazarlo por papa). **Introdúzcanlo** en el micrótopo y **practiquen** varios cortes con el bisturí.
7. Con ayuda de un pincel, **retiren** el material de la médula de saúco o la papa y **trasládenlo** al portaobjeto. Si van a utilizar algún colorante, **aplíqueno** ahora.
8. **Agreguen** agua y **tapen** con el cubreobjeto.





Observación de los preparados

- En todos los casos, después de aplicar la técnica elegida, **lleven** los preparados al microscopio con una intensidad baja de luz o **cubran** con un cristal de color el orificio de la platina.
- Representen** en un papel el campo óptico y **registren** el aumento. **Dibujen** lo que observan.

Conclusiones

- ¿Qué características principales tienen las células y los tejidos observados y dibujados?
- ¿Distinguen algún orgánulo celular determinado? ¿Cuál?
- ¿Cómo pueden visualizar la matriz celular, la membrana plasmática y el núcleo?

2. Observación del proceso de ósmosis

Como resultado del gradiente de concentraciones a ambos lados de la membrana plasmática, el agua tiende a entrar o a salir de la célula por ósmosis. Si la célula y el medio tienen la misma concentración de sales, el agua que entra y que sale es equivalente, y ambas soluciones tienen la misma presión osmótica. Son **isomóticas** e **isotónicas**.

Cuando la solución del medio extracelular tiene una concentración mayor de sales, es **hiperosmótica** e **hipertónica**, y el agua sale de la célula; mientras que si la solución del medio extracelular tiene una concentración menor de sales, es **hiposmótica** e **hipotónica**, y el agua entra en la célula.

Objetivo

Comprobar el proceso de ósmosis.

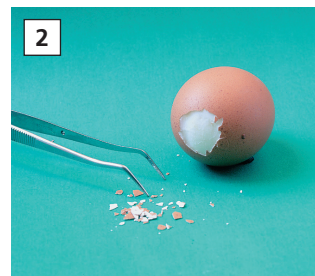
Materiales

Un huevo fresco; una pinza; un vaso de precipitado; una cuchara; almidón; agua; solución de lugol.

Procedimiento

- Con ayuda de la pinza, **casquen** el huevo lo más cerca posible del extremo más fino.
- Golpeen** la cáscara por el extremo opuesto y **retiren** la clara y la yema, pero **eviten** romper la fina membrana coclear que hay por dentro.
- Coloquen** en el vaso de precipitado agua y lugol. **Registren** el color.
- Dentro de la cáscara del huevo, **pongan** una cucharadita de almidón. **Registren** el color.
- Sumerjan** la cáscara del huevo en la solución. **Esperen** unos minutos. **Observen** y **registren**.

Nota: Recuerden que el lugol es un reactivo que cambia al color violeta en presencia del almidón.



Conclusiones

- ¿Qué permeabilidad tiene la membrana coclear o de la cáscara?
- ¿Qué sustancias la atraviesan?
- ¿Cuál o cuáles no logran hacerlo?
- El medio celular, ¿es hipertónico, hipotónico o isotónico respecto del extracelular?
- ¿Las sustancias se movilizan a favor o en contra del gradiente de concentración?
- A continuación, **completen** las siguientes frases:
El proceso observado se llama ; consiste en el desplazamiento de, a través de una membrana Es una forma de transporte, porque

Explica las razones por las cuales el agua es fundamental en los procesos celulares.

0.5 puntos 1. Describe la estructura de la molécula del agua. Enumera cuatro propiedades físico-químicas del agua y relacionalas con sus funciones biológicas.

0.5 puntos 2. Explica el concepto de *punto de hidrógeno* e indica mediante un dibujo cómo se forman estos en el caso del agua.
¿Qué repercusiones tienen estos en las propiedades físicas y químicas del agua?
¿En qué forma afectan estos a los seres vivos?
Razona tu respuesta.

Establece relación entre los bioelementos y biomoléculas con su función biológica en la célula, reconociendo sus unidades constitutivas.

0.5 puntos 3. Define *bioelemento* y *biomolécula*. Cita cuatro ejemplos de bioelementos y cuatro de biomoléculas e indica la importancia biológica de cada uno de los ejemplos.

0.5 puntos 4. Elabora un mapa conceptual sobre la composición de la materia viva utilizando los siguientes conceptos: *bioelemento*, *bioelemento primario*, *principio inmediato orgánico*, *bioelemento secundario* y *principio inmediato inorgánico*.

0.5 puntos 5. Indica a qué tipo de glúcido pertenecen los siguientes ejemplos (monosacáridos, disacáridos o polisacáridos) y su función en los seres vivos.

- | | |
|------------------|--------------|
| a. Desoxirribosa | a. Glucógeno |
| b. Maltosa. | b. Fructosa |
| c. Sacarosa | c. Celulosa |
| d. Lactosa | d. Ribosa |
| e. Glucosa | e. Quitina |

0.5 puntos 6. Explica las diferencias, respecto a estructura, propiedades y funcionalidad biológica, entre *triacilglicéridos* y *fosfolípidos*.

0.5 puntos 7. Dibuja el enlace peptídico entre dos aminoácidos.

0.5 puntos 8. Escribe qué función desempeñan las siguientes proteínas.

- Glucoproteínas
- Colágeno
- Queratina
- Hemoglobina
- Enzimas
- Inmunoglobulinas
- Insulina
- Transferina

0.5 puntos 9. Establece semejanzas y diferencias entre la estructura de alfa-hélice y la de lámina plegada de una proteína.

0.5 puntos 10. A continuación, aparecen unas secuencias nucleotídicas:

Secuencia 1: AUG CGU CGA GAC UGC ACA ACA UAG

Secuencia 2: ATT TCA CGA ATC CGA TGA GCA TAG

Responde: ¿A qué tipo de macromoléculas pertenece cada una de las secuencias mostradas?

Establece la relación entre las funciones de las estructuras celulares y las moléculas que participan.

0.5 puntos 11. Explica los principios fundamentales de la *Teoría celular*.

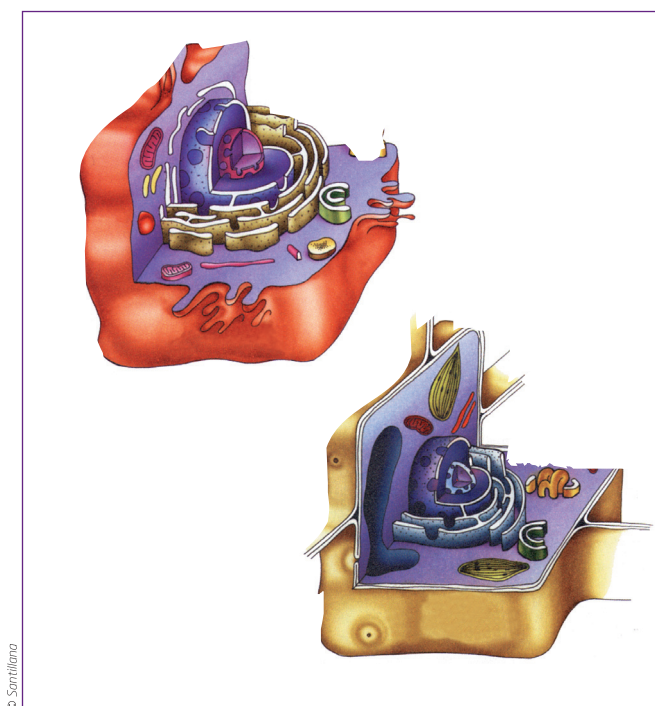
0.5 puntos 12. Explica la estructura y función de la membrana celular.

0.5 puntos 13. Indica diferencias entre las *mitocondrias* y los *cloroplastos*.

0.5 puntos 14. Responde qué es base nitrogenada?



- 0.5 puntos** 15. Observa las figuras de las células a continuación e indica cuál es una célula animal y cuál vegetal. Señala las organelas que las diferencian y explica su función.



Describe las función de respiración, reproducción celular y relación.

- 0.5 puntos** 16. Explica en qué consisten los siguientes mecanismos de transporte a través de la membrana.

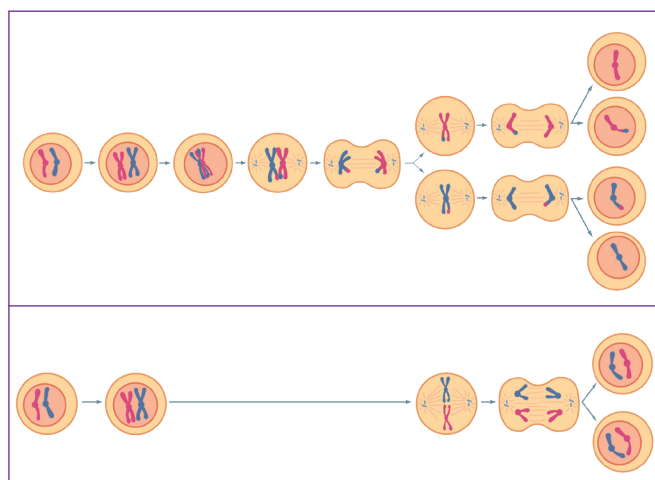
- Difusión
- Ósmosis
- Endocitosis
- Exocitosis
- Transporte activo

Coevaluación

Formen grupos y elaboren sus propios modelos de las moléculas de ADN y ARN. Para ello, **produzcan** recortables de los grupos fosfato, azúcares y bases nitrogenadas y, luego, **júntenlos** de manera que se armen estas macromoléculas.

- 0.5 puntos** 17. Responde: ¿Cuál es la diferencia entre nutrición autótrofa y heterótrofa?

- 0.5 puntos** 18. Analiza los siguientes esquemas e identifica qué tipo de reproducción celular representa cada uno.



Ahora, responde.

- ¿Qué diferencias observas entre los dos tipos de reproducción celular representados en este esquema?
- ¿Cuál de los dos tipos de reproducción celular relacionarías con el crecimiento de los seres vivos? ¿Cuál de los dos procesos, con la reproducción sexual?

- 0.5 puntos** 19. Una célula de 74 cromosomas experimenta la reproducción celular. **Calcula:** ¿Cuántos cromosomas tendrán las células hijas al final de la mitosis? ¿Cuántos tendrán al final de la meiosis?

Autoevaluación (Metacognición)

Responde las siguientes preguntas.

- ¿Qué temas de este bloque te resultaron más fáciles de aprender? ¿Por qué?
- ¿Cuáles temas o contenidos necesitas estudiar más detalladamente?
- ¿Cómo piensas hacerlo?
- ¿Cómo piensas que los conocimientos adquiridos pueden ser útiles en la vida cotidiana?

Educación para la salud (nutrición, higiene, trastornos alimenticios)

Fast food en contra de slow food

Pasaron los milenios, se sucedieron civilizaciones, y la dieta humana siguió cambiando. Hasta hace poco, una tendencia hacía furor en la juventud: la *fast food* o comida rápida, basada en hamburguesas con alto contenido de lípidos y cucuruchos de papas fritas, que se comen virtuosamente con la mano. Pero, a partir de 1986, en Italia comenzó a surgir la contracara a esta cultura alimentaria: la *slow food* o comida lenta. ¡Es la nueva tendencia! Defiende una mejor alimentación, respeta las tradiciones regionales y promueve el comer pausadamente. Si les preguntan, ¿ustedes, de qué lado están...? Para poder elegir, no hay nada mejor que una buena información.

En la década del treinta, durante el siglo XX, se inauguró la carrera por elaborar comida de manera rápida, poco costosa y abundante, sin importar el contenido graso. La *fast food* pareció ser la solución de la mujer moderna: su rico sabor, la facilidad para adquirirla y su bajo costo fue una combinación muy difícil de rechazar. Este tipo de comida solucionó y soluciona las necesidades alimentarias de diversos grupos poblacionales, como los adolescentes, las familias con

niños pequeños y los trabajadores que disponen de poco tiempo para almorzar.

Ahora bien, ¿qué sucede con el valor nutricional de la comida rápida? Esa es otra historia. Por su elevado porcentaje de grasas saturadas, colesterol, hidratos de carbono y sodio, además de su falta de fibras y vitaminas, no favorece en nada a la salud.

Además de su pobre valor nutricional, se suma el riesgo de contraer la enfermedad **síndrome urémico hemolítico (SUH)** por comer hamburguesas mal cocidas. Esta afección se caracteriza por un mal funcionamiento renal, anemia hemolítica y bajo número de plaquetas. Los síntomas son diarrea, poca producción de orina, hipertensión y problemas neurológicos que pueden dejar secuelas permanentes.

Esta patología afecta principalmente a los niños y es causada por la *Escherichia coli enterohemorrágica*, bacteria presente en la carne molida mal cocida y en la leche mal pasteurizada. Una de las formas de eliminar a la bacteria es cocinar la hamburguesa de forma homogénea, tanto en la superficie como en su interior, hasta alcanzar una temperatura de 70 °C. Además de cocinar

bien la carne, otra de las medidas preventivas —utilizada también para otras enfermedades— es la correcta higiene de las manos y de los alimentos que se van a consumir.

Volvamos a las nuevas tendencias. Como contrapartida a la filosofía gastronómica de la *fast food*, como ya mencionamos, surgió una nueva corriente: la *slow food*, que cuenta con numerosos adeptos en el país y en todo el mundo. Este movimiento, enemigo de la comida vulgarmente llamada «chatarra», propone no solo una manera más natural de comer sino que también sugiere tomarse **un tiempo para disfrutar de la comida**. La idea es utilizar productos frescos, elaborar comida casera, no apurar la cocción y eliminar el uso del *freezer*. Podemos sintetizar el espíritu de este movimiento con la siguiente frase: «La alimentación debe ser buena, limpia y justa».

Luego de lo que han leído, les reiteramos la pregunta: ¿ustedes, ¿de qué lado están?

Fuentes:
<http://www.encuentro.gov.ar/nota-676-Sindrome-uremico-hemolitico.html>
 Lucha contra el síndrome urémico hemolítico,
<http://www.lusuh.org.ar/>
 Sociedad argentina de pediatría,
<http://www.sap.org.ar/>



El caracol, símbolo de la lentitud, es usado como emblema de la *slow food*.



Por su alto contenido graso, la *fast food* aumenta el colesterol, genera sobrepeso y afecta el hígado.

Actividades

1. Todos los seres humanos requieren los mismos nutrientes básicos en cantidades adecuadas para los procesos celulares. A diferencia de los organismos que producen su propio alimento, como las plantas, los animales deben ingerir los alimentos para disponer de las cantidades necesarias de nutrientes. **Investiguen** en qué cantidades se debe consumir proteínas, carbohidratos, lípidos, agua, minerales y vitaminas.
2. **Investiguen** a qué se denominan *grasas saturadas* y en qué alimentos se encuentran. ¿Qué diferencias químicas tienen con las grasas insaturadas? **Citen** ejemplos de cada una de ellas.
3. **Diseñen** una receta y un eslogan que pertenezca a la tendencia *fast food* y otra a la *slow food*.



Nuevos alimentos: probióticos, prebióticos y nutraceuticos, entran en escena

Con el correr del tiempo, los consumidores tendremos que acostumbrarnos a ver en las góndolas de los supermercados etiquetas con los siguientes términos: probiótico, prebiótico, simbiótico y nutraceutico.

A este nuevo grupo de alimentos, que han sido enriquecidos con un nutriente para mejorar alguna de las funciones del organismo o para disminuir el riesgo de enfermar, se los denomina genéricamente **alimentos funcionales** (AF).

El concepto de *funcionalidad* nace cuando los investigadores comienzan a comprender mejor la relación que tiene la composición química de los alimentos con la salud de las personas que lo ingieren.

Los **probióticos**, según la definición establecida en 2001 por la Organización Mundial de la Salud (OMS), son alimentos que poseen microorganismos vivos que, administrados en la cantidad adecuada, proporcionan beneficios en salud al receptor, más allá de los efectos nutricionales que naturalmente este contiene.

Las bacterias presentes en los probióticos, además, limitan el crecimiento y la colonización en el intestino de bacterias potencialmente patógenas, por lo que previenen de enfermedades. Actualmente, se disponen en yogures (llamados bio-yogures), leches fermentadas y quesos.

Los **prebióticos** contienen ingredientes que no son digeribles por el consumidor, pero sirven de fuente de energía para el crecimiento o la actividad de microorganismos específicos de la microflora intestinal, que tienen la propiedad de mejorar la salud del hospedador, como por ejemplo, la fibra; más precisamente, los fructooligosacáridos

(FOS), hidratos de carbono formados por cortas cadenas carbonadas. Los enlaces de estos compuestos no son hidrolizados por las enzimas del intestino delgado, por lo que no son absorbidos y pasan directamente al intestino grueso, en el que sirven de alimento para las bacterias saprofitas beneficiosas para nuestra salud, como las bifidobacterias.

Los **simbióticos** son una nueva variedad, una mezcla de alimentos prebióticos y probióticos.

Es común que se utilice la denominación **nutraceutico** como sinónimo de *alimento funcional*. Sin embargo, la concepción más difundida de un producto nutraceutico lo define como una sustancia de origen natural, que puede aislarse desde un alimento y que tiene un efecto beneficioso sobre la salud humana, tanto en la prevención como en el tratamiento de enfermedades. En otras palabras, se trata del componente que le otorga funcionalidad al alimento.

Los productos nutraceuticos se presentan generalmente en cápsulas y como polvos. Por ejemplo, la semilla de quinua se utiliza en preparados para combatir situaciones de déficit nutricional gracias a su elevado contenido proteico.

Un alimento funcional debe cumplir, entre otras, con las siguientes características:

- Ejercer un efecto positivo sobre la salud o sobre una función biológica en particular.
- Los efectos positivos sobre la salud deben basarse en una sólida justificación científica.
- Su IDA (Ingesta Diaria Alimentaria) debe ser rigurosamente calculada por expertos, y su consumo en exceso no debe dañar la salud ni disminuir el valor nutritivo del alimento.

En la elaboración de los alimentos funcionales interviene la **Biotechnología**; crea alimentos seguros, sanos, variados y equilibrados. Algunos ejemplos que se están ensayando son:

- huevos con menos colesterol;
- leche con mejor biodisponibilidad de calcio;
- maíz y soja con alto contenido en aminoácidos esenciales;
- cultivos con contenido modificado de ácidos grasos que permitan la producción de aceites más saludables.

Para finalizar, podemos decir que el consumo de los alimentos funcionales mejora el estado de salud, más allá de la nutrición básica. Asimismo, previene y disminuye el riesgo de contraer enfermedades, y su consumo no posee efectos nocivos.

Fuentes:

Revista *Química Viva*, N.º 1, año 4, mayo de 2005.

<http://www.alimentosargentinos.gov.ar>
[Consultado en julio de 2009].



Producto lácteo fermentado con lactobacilos activos *L. casei* (alimento probiótico.)

Actividades

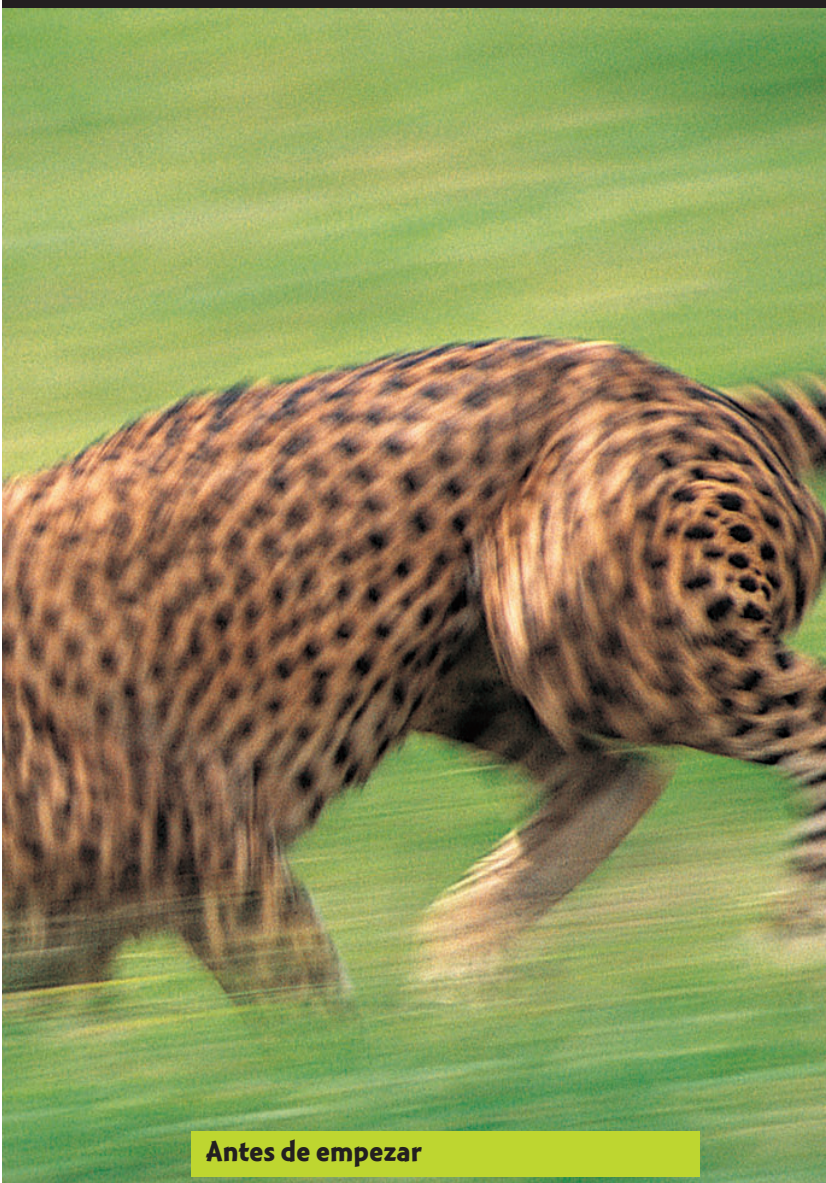
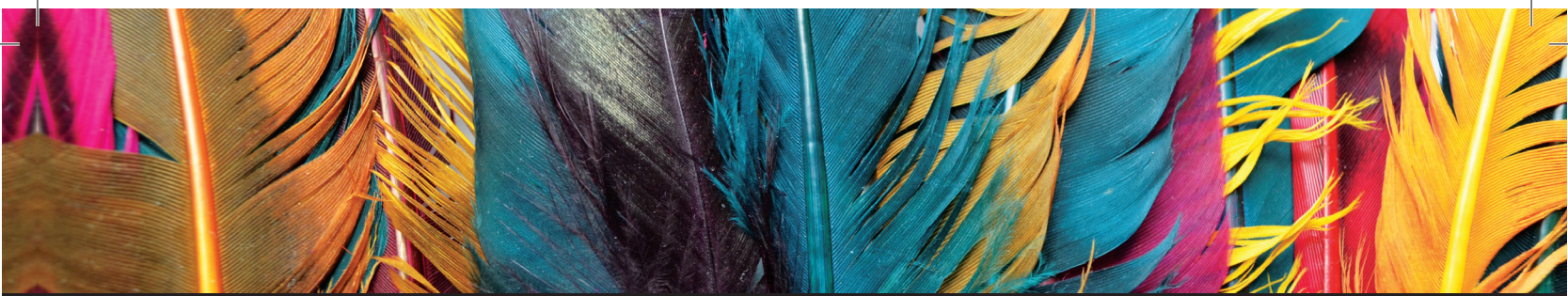
1. Luego de leer esta página, **reúnanse** en grupos y **hagan** una lista de los beneficios que trae el consumo de alimentos funcionales.
2. **Investiguen** qué alimentos probióticos hay en el país y dónde se fabrican.
3. **Investiguen** en qué consiste la intolerancia a la lactosa y cómo la leche probiótica modifica esta patología.
4. **Averigüen** en qué facultades e institutos se estudia Bioquímica aplicada a los alimentos. ¿Qué relación existe entre la Biotechnología y los alimentos funcionales?
5. **Indiquen** las diferencias que existen entre los alimentos funcionales, y entre estos y los alimentos transgénicos.

Bloque

2

Biosíntesis





© Sentiliana

Antes de empezar

Observa la imagen y **contesta**.

- ¿Por qué no sería posible la vida si no hubiese reacciones químicas en las células que constituyen los seres vivos?
- Las reacciones químicas que se producen en el interior de las células, ¿se están produciendo constantemente o solo en determinadas circunstancias?
- ¿Qué diferencia hay entre el anabolismo y el catabolismo?
- ¿En qué orgánulos celulares tiene lugar la fotosíntesis y la respiración celular?

En el interior de las células tiene lugar un complejo sistema de reacciones químicas necesarias para la supervivencia de la célula y del organismo entero. Este conjunto de reacciones se llama metabolismo, el cual ocurre gracias al catabolismo y al anabolismo.

En el catabolismo, las moléculas complejas se transforman en otras más sencillas, liberando energía. Un ejemplo de esto es la respiración celular, gracias a lo cual todos los organismos tienen la energía necesaria para realizar sus funciones vitales. En el anabolismo, en cambio, a partir de moléculas más simples y de energía se sintetizan otras más complejas. Esto ocurre durante la fotosíntesis que realizan las algas y plantas, y gracias a lo cual es posible la vida en nuestro planeta. La fotosíntesis es el proceso por el cual se convierte la energía luminosa en energía química, que se utiliza para la síntesis de moléculas orgánicas.

Objetivos educativos

- Explicar los procesos metabólicos, desde el análisis del flujo entre la materia y la energía que se da en los seres vivos, como evidencia del cumplimiento de leyes físicas y químicas.
- Realizar cuestionamientos de las causas y consecuencias del quehacer científico, aplicando pensamiento crítico-reflexivo en sus argumentaciones.
- Utilizar habilidades de indagación científica de forma sistemática en la resolución de problemas
- Integrar conocimientos de la Biología a diferentes situaciones de su vida cotidiana que le permita mantener una buena calidad de vida.
- Mantener principios éticos con respecto al desarrollo científico y tecnológico, como evidencia de lo aprendido hacia el desarrollo del Buen Vivir.
- Ser un ciudadano proactivo, consciente de la necesidad de conservar la naturaleza como heredad para el futuro del planeta.



Tocado de plumas de los pueblos indígenas amazónicos.

Unidad 2.1

Los sistemas biológicos

Destreza con criterio de desempeño:

Relacionar las leyes de la termodinámica con la transformación y flujo de energía en las células, desde la interpretación de diagramas y el análisis de los elementos que participan en dichos procesos.



La vida es una incansable búsqueda del orden. Desde la más pequeña de las células hasta el más grande de los ecosistemas dependen del intercambio de materia y energía con su entorno para alcanzar el ansiado objetivo. Ante la menor perturbación, se producirá instantáneamente un cambio, que intentará restablecer el orden perdido.

Conocimientos previos

¿Qué es la energía?

¿Qué leyes termodinámicas rigen el Universo?

¿Cómo fluye la energía en los ecosistemas?



© Santillana



Primeras investigaciones acerca del flujo de la energía

Joseph Black (1728-1799), químico y físico francés, fue el primero en observar que, al poner en contacto dos cuerpos iguales, uno más caliente que el otro, después de unos minutos estos experimentaban cambios: el cuerpo caliente se enfriaba y el frío se calentaba. Black dedujo que una sustancia había pasado del cuerpo caliente al frío, un fluido imponderable, sin peso e invisible, al que llamó fluido calórico. «¡Cuidado con el calórico!», advertía a sus discípulos. Y explicaba que los cuerpos calientes poseían mayor cantidad de calórico que los fríos.

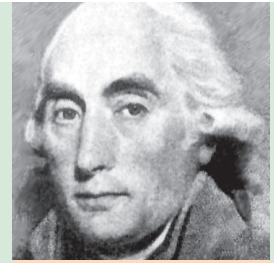
En 1799, el físico norteamericano Benjamin Thompson, conde de Rumford (1753-1814), una vez finalizadas sus investigaciones, concluyó que «lejos de ser una sustancia, ¡el calor es movimiento!» Este científico realizó varios experimentos para probar la producción de calor por medio de la fricción: al taladrar un cilindro hueco de bronce notó que se desprendía gran cantidad de calor. Para sus discípulos —los caloristas—, el calor era producido por el calórico emanado de las virutas, las cuales se desprendían de la gran masa del metal tras haber sido taladrada.

Thompson no podía creer que el gran aumento del calor fuera consecuencia de las virutas. Entonces diseñó la siguiente experiencia: taladró bajo el agua una masa metálica y comprobó, ante el asombro de todos los presentes, que el agua comenzaba a hervir y seguía hirviendo mientras se hacía la perforación. Escribió entonces: «Era increíble nuestra sorpresa. Se calentaba y hervía tanta cantidad de agua fría sin la presencia de fuego». Llegó a la conclusión de que el calor se había producido como consecuencia del movimiento de frotación de la mecha sobre el metal y sugirió que se trataba esencialmente del movimiento de pequeñísimas partículas de materia. Sin embargo, la cinética (movimiento) del calor tardó más de medio siglo en ser aceptada.

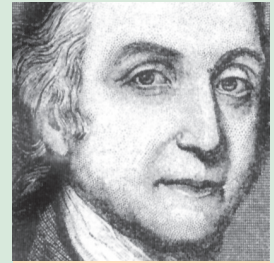
Humphrey Davy (1778-1829), distinguido químico inglés —quien había descubierto dos nuevas sustancias, el potasio y el sodio—, observó que si frotaba dos trozos de hielo iguales obtenía agua. Es decir, de nuevo, a partir de un trabajo (frotamiento) tenía lugar una producción de calor que hacía que el hielo se fundiese y se convirtiera en agua líquida. Esta era otra evidencia en contra del calórico.

El calor es energía en tránsito. El primer científico que utilizó la palabra energía con un significado moderno fue el médico y físico inglés Thomas Young (1773-1829), en 1807. Este llegó a la conclusión de que el calor es solo una de las tantas formas que puede adoptar la energía, palabra que proviene del griego y significa «que tiene la virtud de realizar trabajo».

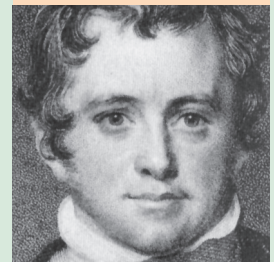
El movimiento, la luz, el sonido, la electricidad, la materia, son solo unos pocos ejemplos de las diferentes formas que puede adoptar la energía.



Joseph Black



Benjamin Thompson



Humphrey Davy



Thomas Young

Análisis del trabajo científico

1. ¿Cuál fue la hipótesis que formularon los caloristas para explicar la experiencia de Benjamin Thompson? ¿Cuál fue la hipótesis formulada por Thompson para explicar el mismo fenómeno? ¿Cuál de ambas hipótesis tiene hoy validez? **Fundamenten** sus respuestas.
2. ¿Por qué en el texto se afirma que el experimento de Davy fue otra evidencia en contra del calórico? **Argumenten**.
3. Estas primeras investigaciones acerca del flujo de la energía se llevaron a cabo con la energía térmica. Por eso, el estudio de los intercambios de energía y la capacidad de esta para realizar un trabajo recibieron el nombre de «termodinámica».

De acuerdo con las experiencias realizadas por estos científicos, **expliquen** por qué se puede definir la termodinámica como «la ciencia del trabajo y del calor».

4. Durante el curso de las investigaciones del siglo XIX se comprobó que cualquier tipo de energía puede transformarse en otro tipo diferente. En el mundo biótico, por ejemplo, una luciérnaga convierte la energía química de la materia orgánica que ha incorporado en energía cinética (cuando bate sus alas), en calor, en destellos de luz y en impulsos eléctricos que se desplazan a lo largo del cuerpo. **Busquen** otros ejemplos de transformaciones de energía que ocurran en los seres vivos.

La termodinámica rige el Universo

¿Cuál es el motor del Universo? ¿Cómo es el mecanismo de regulación de la materia y la energía del cosmos para mantenerse constante desde la explosión inicial o *Big Bang* hasta nuestros días? Para dilucidar estos interrogantes, los científicos comenzaron a estudiar este gran sistema.

Si se considera el Universo, las transformaciones que suceden en él se deben al «poder» de la energía. Esta no se halla distribuida uniformemente, sino que se nivela de manera espontánea desde zonas en que su concentración es más elevada hacia otras donde su concentración es menor, para alcanzar la uniformidad.

Este fenómeno, extrapolado a un sistema más acotado, en el laboratorio, fue estudiado por primera vez por el físico alemán Rudolf Clausius (1822-1888) en 1850. Este científico observó que cualquier diferencia de energía tiende a igualarse a largo plazo: si se pone en contacto un objeto caliente con otro frío, el calor fluye desde la zona más caliente hacia la más fría, hasta que ambos quedan a la misma temperatura. El movimiento azaroso de las partículas que componen los sistemas materiales tiende a igualar la temperatura de ambos cuerpos.

Clausius generalizó este concepto a todas las formas de energía que hay en el Universo. Propuso, entonces, que la energía del Universo está siendo degradada y, en consecuencia, la cantidad de energía útil está decreciendo en forma constante. Este concepto se desarrollará más adelante.

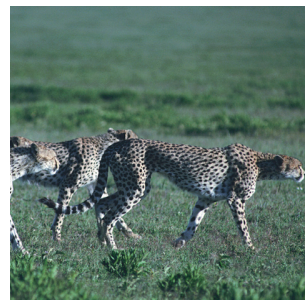
Ahora bien, hemos planteado que, para estudiar los intercambios de materia y energía, los científicos utilizan sistemas, pero no hemos definido qué son.

Los **sistemas** son conjuntos de elementos organizados que interactúan entre sí; permiten el intercambio mutuo de energía y materia.

El objetivo principal del estudio de los sistemas es analizar el intercambio de materia y energía que mantienen con el medio que los rodea. De acuerdo con la manera en que ocurre el flujo de materia y energía, los sistemas —físicos, químicos o biológicos— se clasifican en: aislados, abiertos y cerrados.



Sistemas aislados: no intercambian materia ni energía con el medio. Por ejemplo, el agua que se encuentra en un termo perfectamente tapado. El único sistema natural aislado que se conoce es el Universo: ni materia ni energía salen ni entran del sistema. Según la teoría del *Big Bang*, la materia y la energía presentes en el Universo en el momento de la explosión inicial son todas las que habrá siempre.



Sistemas abiertos: intercambian materia y energía con el medio. Una célula, una planta y una población de guepardos son ejemplos de sistemas abiertos.



Sistemas cerrados: no intercambian materia con el medio, solo energía. Por ejemplo, una lámpara incandescente.

T Tarea

1. **Explica** qué es la energía y cuál es su relación con la termodinámica.
2. **Indica** en qué unidades se mide la energía.
3. **Enumera** las leyes de la termodinámica.

G Glosario

energía (del griego *enérgeia*, ‘actividad’, ‘fuerza’, ‘acción’, ‘trabajo’). Capacidad de los sistemas para realizar un trabajo.

termodinámica (del griego *thermós*, ‘calor’, y *dynamis*, ‘fuerza’). Estudio del calor y su relación con otras formas de energía.

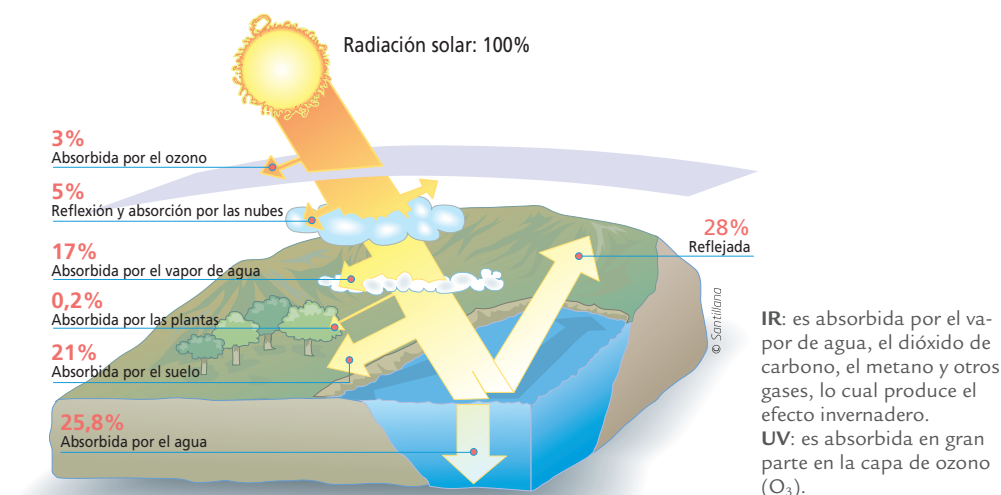
El Sol, fuente de energía de los sistemas biológicos



La energía radiante del Sol es la principal forma de energía que recibe nuestro planeta. Esta se presenta como ondas electromagnéticas, de distinta longitud, que se pueden manifestar en tres formas: la radiación visible, la radiación ultravioleta y la infrarroja.

- **Radiación visible o luz:** puede ser percibida por los seres humanos y, en muchos casos, descomponerse en radiaciones monocromáticas que van del violeta al rojo. Constituye el 42% de la energía emitida por el Sol y es la aprovechada en el proceso de fotosíntesis.
- **Radiación ultravioleta (UV):** tiene una menor longitud de onda y no puede ser percibida por las personas, aunque sí por algunos seres vivos como las abejas. Representa el 9% del total, pero es una radiación muy energética. Por lo tanto, produce la ruptura de algunos enlaces químicos y la desorganización de las moléculas, lo cual provoca alteraciones en los organismos.
- **Radiación infrarroja (IR):** tampoco puede ser percibida por las personas pero sí por otros seres vivos, como las serpientes de cascabel; tiene una longitud de onda mayor que la de la luz visible. Produce agitación térmica y calor, y representa un porcentaje del 49% de la energía solar total.

Para la radiación solar, la atmósfera funciona como un filtro que deja pasar ciertas ondas, de determinada longitud y refleja o absorbe otras, según se observa en la ilustración.



La radiación solar se pierde en su recorrido hasta la superficie terrestre, a la que llega únicamente el 47% de los rayos que logran atravesar la atmósfera. La radiación absorbida por el suelo y el agua es responsable de la circulación del aire atmosférico y de las corrientes marinas.

Investiga

Busca información y responde: ¿Qué es el ozono? ¿En qué consiste el efecto invernadero? ¿Qué consecuencias para los seres vivos tienen la destrucción de la capa de ozono y el aumento del efecto invernadero? ¿Cómo se relacionan estos fenómenos, respectivamente, con la capacidad de absorción de las radiaciones ultravioleta e infrarroja?

Trabajo cooperativo

Formen grupos y elaboren un cartel para explicar qué porcentajes de la radiación solar llegan a la superficie terrestre luego de atravesar diferentes capas.

FUE NOTICIA

Arequipa soporta la radiación solar más alta del mundo

Sucedió en Perú, 2008...

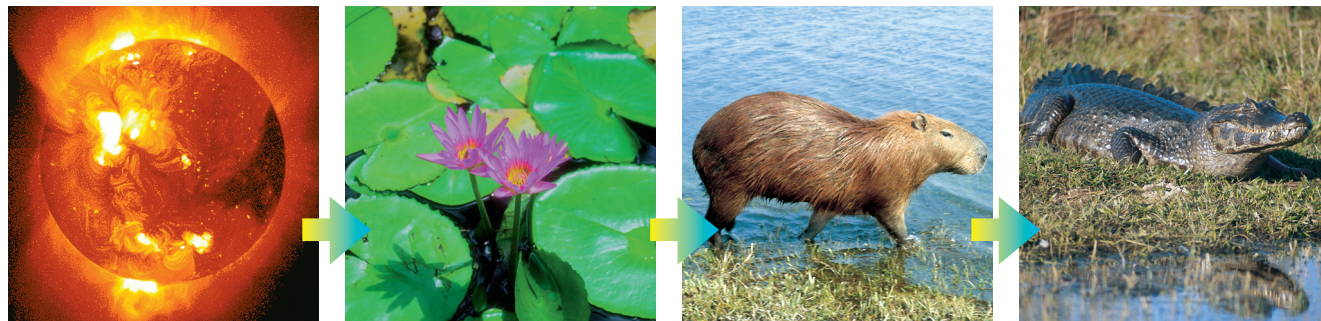
La fuerte radiación solar en Arequipa ha obligado al gobierno a tomar algunas medidas, entre las cuales se cuenta que el Senamhi (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú) difunda diariamente a la población, a través de los medios locales de comunicación, el índice de radiación solar en esta ciudad.

Los científicos opinan que es de fundamental importancia que los ciudadanos tomen conciencia sobre los efectos nocivos de la radiación y que tomen precauciones al respecto. Algunas de las medidas ampliamente recomendadas que protegen de la radiación ultravioleta son el uso diario de protector solar, camisas de manga larga y, en general, vestimentas livianas de colores claros.

Esta campaña de prevención surge luego de que en noviembre de este año se ha registrado uno de los índices más altos de radiación ultravioleta (13,5), siendo lo normal, en esta zona, de 11 a 12 y, en la región mediterránea, de 9 a 10.

Un sistema termodinámico abierto: la biósfera

Las siguientes fotografías representan la dirección del flujo de energía en una cadena trófica sencilla de un ecosistema de estero o pantano:



© Lucio Contigiani

¿Cuál es la fuente primordial de energía de la Tierra? ¿En qué sentido tiene lugar el flujo energético? ¿Qué transformaciones de la energía se producen?

Para contestar estas preguntas, vamos a analizar las características de la biósfera y de los sistemas más pequeños que la integran.

La **biósfera**, o «esfera de vida», es el sistema natural abierto más grande del planeta, y recibe un flujo de energía solar constante. Esta ganancia de energía, gracias a la cual los seres vivos llevan a cabo todas las funciones vitales, representa para el medio una pérdida de energía equivalente.

Otros sistemas abiertos más pequeños, pero no por ello menos importantes, son los **ecosistemas**, los **organismos** y las **células**. Si cualquiera de estos sistemas dejara de intercambiar materia y energía con su entorno, perdería su estructura y su organización e, inexorablemente, perecería.

Todos los organismos, ya sean unicelulares o pluricelulares, se relacionan con el medio intercambiando materia y energía —toman nutrientes, pierden calor, producen desechos, etc.—. Pero para poder llevar a cabo sus actividades necesitan transformarlas. Estas transformaciones de materia y energía siguen las leyes de la termodinámica, es decir tienden al equilibrio, y son posibles gracias al complejo camino bioquímico que siguen una vez que ingresan en la célula.

Una ganancia neta de la energía absorbida resulta en el crecimiento, mientras que una pérdida neta mantenida, conduce a la muerte. Mientras la entrada de energía iguale por lo menos a su pérdida, existe un constante estado de equilibrio.

El conjunto de reacciones a través de las cuales los seres vivos intercambian, transforman y utilizan la energía y la materia se conoce como **metabolismo**. El metabolismo celular presenta reacciones químicas **anabólicas**, o de síntesis, y reacciones químicas **catabólicas**, o de degradación.

- En las reacciones anabólicas, la energía potencial de los productos es mayor que la de los reactivos, es decir, requieren un aporte de energía del medio para llevarse a cabo. Por tal motivo se denominan **endergónicas**.
- Por el contrario, en las reacciones catabólicas, como la energía potencial de los productos es menor que la de los reactivos, liberan energía al medio. Por esa razón se denominan **exergónicas**.

La energía liberada en las reacciones químicas exergónicas puede utilizarse para volver a fabricar sustancias complejas a partir de sustancias simples o para realizar distintos tipos de trabajo; también puede almacenarse o bien, volver al medio en forma de calor.

En conclusión, los organismos crecen como consecuencia de un predominio de los procesos anabólicos. En la adultez se presenta un equilibrio entre ambos tipos de procesos y, durante la vejez, aumentan los procesos catabólicos en detrimento de los anabólicos.

L Lección

1 Clasifiquen los siguientes procesos según sean endergónicos o exergónicos:

- una piedra que cae
- la síntesis del almidón
- un río de alta montaña se descongela y corre por la ladera
- la respiración celular
- la digestión

Ti Trabajo individual

Elabora una tabla en donde puedas comparar y caracterizar el anabolismo del catabolismo.

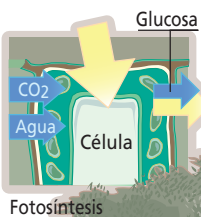
El flujo de la energía en la cadena trófica

Referencias

→ Energía

→ Materia

1 La energía lumínica proveniente del Sol ingresa en forma de luz y es captada por los **organismos autótrofos o productores** durante la fotosíntesis. En este proceso, solo se utiliza entre el 1 y el 3% de la luz que llega a la Tierra pero es suficiente para producir 120 000 millones de toneladas de materia orgánica (**biomasa**) por año en todo el mundo.



2 En la fotosíntesis, la materia inorgánica del ambiente —agua y dióxido de carbono— se transforma en materia orgánica gracias a la energía lumínica, la cual se transforma, a su vez, en energía química.

3 Una parte de la energía química de las plantas pasa a los **organismos heterótrofos**, otra parte a los descomponedores y otra se libera al ambiente durante la respiración celular.

4 Los organismos heterótrofos, como los animales y el ser humano, al alimentarse obtienen materia orgánica y energía química. Esta está contenida en los enlaces carbono-carbono de las biomoléculas que forman la materia orgánica, con las cuales elaboran sus propios nutrientes.

5 Los **animales herbívoros** (consumidores de primer orden) invierten la energía aportada por los productores en la respiración celular o la transfieren a los descomponedores, al enterrarse sus cadáveres en el suelo.

6 Cuando los herbívoros comen las plantas y huyen de los predadores, transforman la energía química en cinética y térmica. Finalmente, transfieren parte de su energía a los carnívoros, al ser su fuente de alimento.

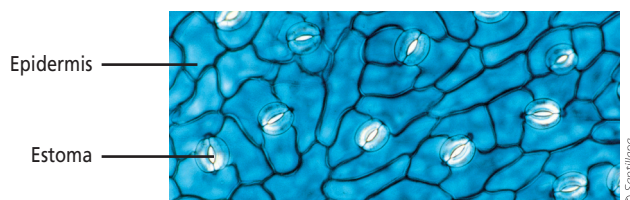
7 Los **animales carnívoros** reciben la energía química de los herbívoros y también la invierten en la respiración celular mientras que, al saltar sobre su presa, transforman la energía química en energía cinética.

8 Los **organismos descomponedores** solo invierten la energía química en la respiración.

9 En todas las etapas hay liberación de calor.

El antagonismo: respiración y fotosíntesis

Si analizan la siguiente fotografía obtenida con un microscopio óptico y el esquema correspondiente, advertirán que en la epidermis vegetal existen unas estructuras clave que permiten el intercambio gaseoso en la respiración y la fotosíntesis.

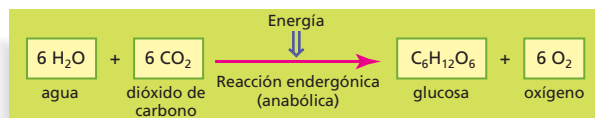


La luz es el factor que desencadena el proceso de intercambio gaseoso. Al abrirse los estomas por la mañana, se produce una entrada de dióxido de carbono (CO_2) que se acelera a medida que se consume el que fue producido en el interior de la hoja durante la respiración nocturna. El oxígeno (O_2), subproducto de la fotosíntesis, también se libera a la atmósfera a través de los poros estomáticos.

El químico inglés Joseph Priestley (1733-1804) fue quien abordó, por primera vez, el problema del intercambio gaseoso: observó que al dejar una vela encendida y un ratón bajo una campana de vidrio, «se dañaba el aire», y que si se ponía una planta, lo «purificaba». Pero recién en 1941, un grupo de científicos de la Universidad de California llegó a la irrefutable conclusión de que el gas liberado a la atmósfera por los vegetales es el oxígeno, y que este proviene de la fotólisis del agua.

La **fotosíntesis** es el proceso mediante el cual la energía ingresa en el ecosistema. Es imprescindible en el mundo biótico porque se llevan a cabo dos transformaciones fundamentales:

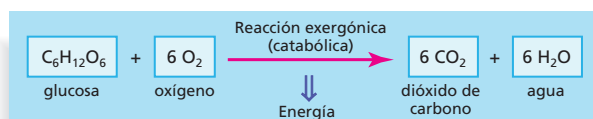
- La materia inorgánica se transforma en materia orgánica.
- La energía solar se transforma en energía química.



En la fotosíntesis, los organismos autotrófos como algunas bacterias, las algas y vegetales captan, por medio de la **clorofila**, la energía de los fotones de la luz blanca o visible, y transforman el dióxido de carbono y el agua en moléculas orgánicas de glucosa.

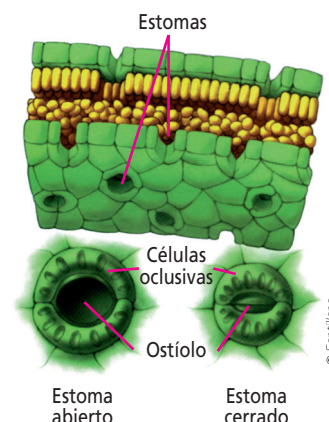
La fotosíntesis consta de dos etapas: la **etapa fotoquímica** y la **etapa biosintética**. La primera se realiza en presencia de la luz, mientras que la segunda, si bien no depende directamente de esta, sí lo hace en forma indirecta, ya que, para llevarse a cabo necesita de los productos que se han generado en la etapa fotoquímica.

Todas las células vivas, incluso las fotosintéticas, pueden convertir esa energía almacenada en movimiento, electricidad, etc. Pero, ¿cuál es el proceso que permite extraer la energía de los enlaces químicos de las moléculas con las que podrán realizar ese trabajo? Este proceso es la **respiración celular** o **metabolismo oxidativo de las moléculas orgánicas**.



La respiración es un proceso catabólico que ocurre cuando la energía contenida en los enlaces químicos de las moléculas orgánicas se convierte en energía utilizable.

Algunos procesos respiratorios requieren de la presencia de oxígeno y otros no. En el primer caso, la respiración se denomina **aeróbica**, y en el segundo, **anaeróbica**.



En la gran mayoría de las plantas, las hojas presentan sobre la cara inferior, o abaxial, los **estomas**, unas estructuras que permiten el intercambio gaseoso. Un estoma está formado por dos células, las **células oclusivas**, que delimitan la abertura, llamada **poro estomático** u **ostíolo**.

Tarea

La respiración y la fotosíntesis, ¿son procesos opuestos o complementarios? ¿Cuál es la dirección del intercambio gaseoso en ambos procesos? ¿Crees que es acertado el nombre de respiración inversa que se da a la fotosíntesis? **Justifica** tu respuestas.

Glosario

fotólisis. Descomposición química por la acción de radiaciones luminosas.

El Universo tiende al desorden



Como habrán observado, el mundo biótico se manifiesta de acuerdo con las leyes termodinámicas: cada vez que es posible, la energía se transforma, nunca se pierde; cada vez que es posible, la energía fluye hasta que el sistema alcanza un estado de mayor estabilidad. La **primera ley de la termodinámica** explicaría la razón por la cual, en el Universo, la energía se mantiene constante, es decir, siempre se conserva:

«La energía no se crea ni se destruye, solo se transforma. El Universo conserva la energía: si hay un incremento en la energía interna de un sistema, debe haber un descenso equivalente en la energía de su entorno, y viceversa».

En el lenguaje termodinámico, azar y desorden son sinónimos de estabilidad. Todos los sistemas tienden hacia un estado de **mayor estabilidad** o, lo que es lo mismo, hacia un estado de **mayor desorden**.

Por ejemplo, si dejamos caer una gota de tinta en un recipiente con agua, veremos que la tinta se dispersa hasta que toda el agua queda coloreada. ¿Qué hace diferentes al estado inicial del final? En el primero, las moléculas de tinta ocupan una porción pequeña del espacio, mientras que en el segundo se mueven por todo el recipiente. En este último caso, el desorden es mayor que en el primero (de la misma manera que un montículo de polvo en un rincón de la habitación representa un mayor orden que todo el polvo desparramado por el piso).

Este es un ejemplo de lo que ocurre en cualquier sistema: el desorden tiende a aumentar espontáneamente. Este desorden se denomina **entropía**. Para mantener el orden se requiere un «gasto» de energía (piensen, si no, en la energía que invertimos para barrer el piso de la habitación).

Esta tendencia de los sistemas hacia el desorden es expresada por la **segunda ley de la termodinámica**:

«La entropía de un sistema aislado aumenta con el tiempo o, en el mejor de los casos, permanece constante, mientras que la entropía del Universo, como un todo, crece inexorablemente hacia un máximo».

Veamos ahora otro ejemplo. Cuando se quema madera, se libera dióxido de carbono y agua y la energía química se transforma en calor. Si se colocan estos compuestos en un recipiente cerrado y con el calor apropiado, no se convierten otra vez en madera, es decir, que esta última reacción no es termodinámicamente favorable. ¿Por qué? La entropía de la madera sin quemar es menor que la de los productos de la combustión.



Glosario

entropía El término entropía (del griego *en*, 'en' y *trópos*, 'girar') fue introducido por el físico alemán Clausius en 1850. Es la medida física que indica el desorden de un sistema.

Tarea



Visita esta página web sobre termodinámica goo.gl/aRBYX. Navega por la página para que realices los ejercicios propuestos para la primera y la segunda ley de la termodinámica.

Lección

Responde la siguiente pregunta: A veces se describe la vida como una lucha constante contra la segunda ley de la termodinámica. ¿Cómo tienen éxito los organismos en esta lucha sin violar dicha ley?

Todas las máquinas productoras de trabajo que ha construido el ser humano hasta el presente obedecen al principio de la conservación de la energía. Cuando una máquina realiza un trabajo, lo que en realidad hace es transformar una clase de energía en otra, tratando de obtener la máxima productividad.

Actividades

Identifica conceptos esenciales relacionados con la termodinámica y el metabolismo.

1. Para cada una de las siguientes afirmaciones hay tres opciones, designadas a, b y c. **Elige** la correcta.

I. Sistemas abiertos son:

- aquellos que intercambian materia y energía con el medio.
- aquellos que intercambian energía con el medio, pero no materia.
- aquellos que no intercambian ni energía ni materia con el medio.

II. La biosfera es...

- un sistema termodinámico cerrado.
- un sistema termodinámico abierto.
- Ninguna de las anteriores.

III. La radiación infrarroja es absorbida en la atmósfera...

- por la capa de ozono.
- por los iones de la atmósfera.
- por los gases de efecto invernadero.

IV. Una planta que fotosintetiza.

- transforma la energía química en mecánica.
- transforma la energía lumínica en cinética.
- transforma la energía lumínica en química.

V. ¿Cuál de las siguientes combinaciones es correcta?

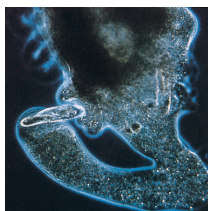
- Reacciones anabólicas y de degradación
- Reacciones catabólicas y exergónicas
- Reacciones anabólicas y exergónicas

VI. ¿Cuál de las siguientes afirmaciones corresponde a la fotosíntesis?

- La fotosíntesis es un proceso catabólico.
- La fotosíntesis consiste en el metabolismo oxidativo de las moléculas orgánicas.
- La fotosíntesis consta de una etapa fotoquímica y de otra biosintética.

Diferencia los sistemas abiertos y aislados.

2. **Clasifica** en abierto o aislado cada uno de los sistemas que se ilustran en las fotografías. **Justifica**.



a. Un organismo unicelular.



b. Una planta.



c. Una selva.



d. El Universo.

Diferencia el catabolismo del anabolismo y las reacciones endergónicas de exergónicas.

3. **Clasifica** cada uno de los siguientes ejemplos en endergónico, exergónico, catabólico o anabólico. ¿Qué sucede con la entropía en cada caso? ¿Qué reacciones se hallan termodinámicamente favorecidas? ¿Por qué?

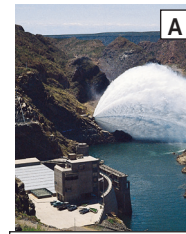
- ✓ Fotosíntesis
- ✓ Síntesis del almidón
- ✓ Formación de proteínas celulares
- ✓ Respiración celular
- ✓ Digestión
- ✓ Síntesis de glucógeno hepático

Identifica y ejemplifica las transformaciones de energía.

4. **Busca** dos ejemplos de las siguientes transformaciones energéticas:

- energía lumínica → energía química
- energía química → energía eléctrica
- energía lumínica → energía eléctrica
- energía cinética → energía eléctrica
- energía química → energía cinética

5. **Analiza** las siguientes fotografías e **indica** qué transformaciones podrían tener lugar en los sistemas ilustrados.



Represa hidroeléctrica



Planta



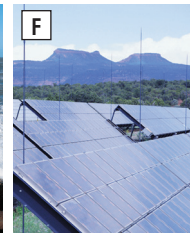
Delfines



Generador eólico



Marea



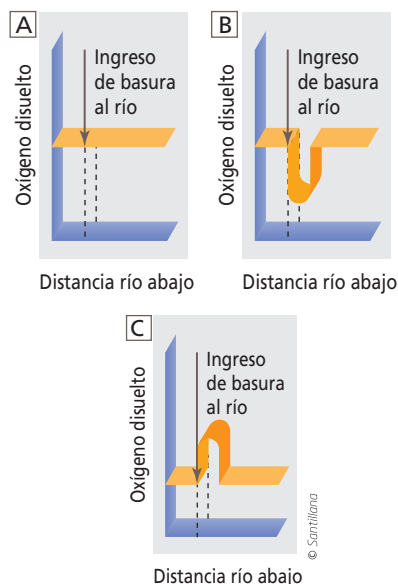
Paneles solares

Diferencia la fotosíntesis de la respiración celular.

6. **Copia y completa** el siguiente cuadro sobre las diferencias entre fotosíntesis y respiración aeróbica.

Características	Fotosíntesis	Respiración aeróbica
Procesos		
Dependencia de la luz		
Reactivos		
Productos		
¿Consume o libera energía?		
¿Proceso anabólico o catabólico?		
Ecuación general		

7. Teniendo en cuenta la relación que existe entre fotosíntesis y respiración, ¿cuál de los tres gráficos mostrados a continuación de esta página indica los efectos de la contaminación por basura orgánica en la cantidad de oxígeno disuelto en el río? **Justifica** tu elección.



Responde.

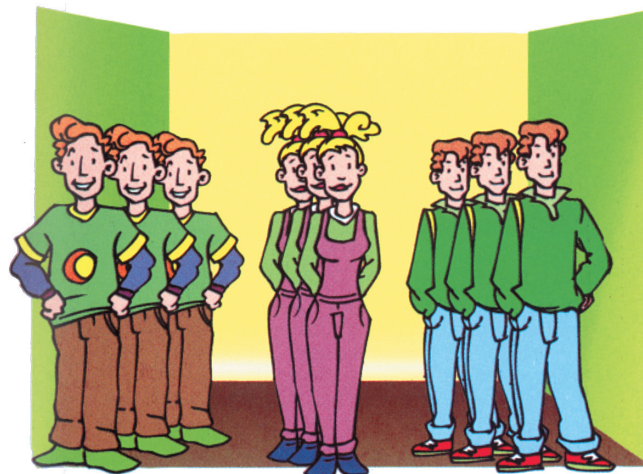
- ¿Por qué los organismos aeróbicos mueren al cabo de un tiempo río abajo?
- ¿Qué consecuencias tiene para los seres vivos el aumento de CO_2 asociado a la contaminación industrial?

Aplica las leyes de la termodinámica en la vida cotidiana.

8. Lee y analiza el siguiente texto.

«Imaginemos nueve personas ordenadas en un cuadrado (tres columnas de tres personas, separadas uniformemente las filas y las columnas). A esta disposición podemos calificarla de ordenada porque es simétrica. Si los nueve dan al mismo tiempo un paso hacia adelante, permanecerán en formación, y la disposición seguirá siendo ordenada [...] pero supongamos que a cada uno se le dice que tiene que dar un paso [...] dejándole que elija la dirección. Puede ser que todos ellos, sin mutuo acuerdo, decidan dar un paso hacia adelante, y en ese caso se mantendrá el orden. [...] Pero la probabilidad de que los nueve hombres decidan independientemente avanzar hacia adelante es de 1 en 262 144. [...] como se ve, el orden tiene una probabilidad diminuta, y sabemos que en el momento en que se dé la libertad para moverse, bastará un solo paso para romper el cuadrado y disminuir la cantidad de orden» . Isaac Asimov, «Cien preguntas básicas sobre la ciencia», España, Alianza, 1999.

- Compara** el relato con lo que sucede en el Universo.
- ¿A cuál de las leyes de la termodinámica hace referencia el texto? **Explica**.



Organiza la información relacionada con la termodinámica

9. **Haz** en tu cuaderno un diagrama conceptual vinculando correctamente los siguientes términos.

metabolismo – materia y energía – moléculas complejas – moléculas simples – anabolismo – catabolismo – endergónico – exergónico – fotosíntesis – respiración celular – proceso favorecido por la entropía – proceso no favorecido por la entropía.

10. En la Tierra, la proporción de gases invernadero en la atmósfera es la justa para mantener una temperatura media de 16°C . Se calcula que sin una atmósfera gaseosa de esas características, la temperatura media sería de -17°C . **Responde**.

- La liberación de gases industriales y de los caños de escape de automóviles, ¿aumenta o disminuye el efecto invernadero?
- ¿Cómo explicarían, entonces, que se estén registrando récords históricos de baja temperatura en algunos rincones del planeta?

Indaga sobre organismos que habitan en condiciones adversas.

11. En 1977, un grupo de científicos a bordo del sumergible Alvin descubrió, a gran profundidad, a donde no llega la luz, un importante conjunto de animales invertebrados, entre ellos unos extraños gusanos tubícolas de más de dos metros de longitud. Todos ellos se encontraban cerca de chimeneas que proyectaban chorros de agua negra, muy rica en sulfuro de hidrógeno, a más de 350°C (corriente hidrotermal). A pocos kilómetros de las chimeneas ya no había sulfuro y desaparecía cualquier indicio de vida.

Explica la presencia de animales en condiciones tan adversas para la vida.



© Archivo Corel

1. Supongan que en una célula predominan las reacciones químicas exergónicas sobre las reacciones químicas endergónicas. ¿Cuál será el futuro de esa célula? **Justifiquen** su respuesta.

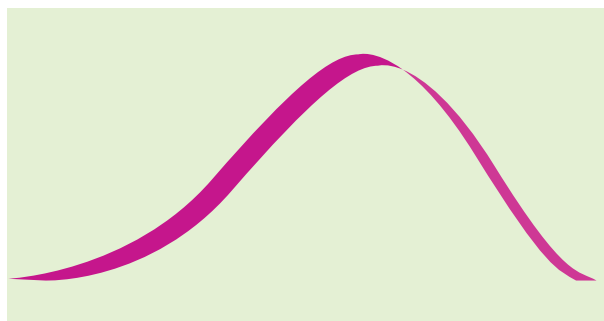
2. Supongan que tienen dos masas iguales de agua en dos tubos de ensayo y calientan una hasta 30 °C y la otra hasta 60 °C. **Analicen** y **respondan**.

- ¿Cómo será la entropía en el tubo calentado hasta los 60 °C con respecto al calentado hasta los 30 °C?
- ¿Qué relación existe entre la energía térmica y la entropía?
- ¿Qué relación existe entre la energía térmica y la energía cinética de las moléculas de agua a 60 °C y a 30 °C? ¿En qué caso será mayor la energía cinética?

3. Expliquen por qué los siguientes procesos no pueden llevarse a cabo de manera espontánea.

- El agua se eleva por medio de una bomba.
- Los objetos pueden enfriarse por debajo de la temperatura ambiente o ser calentados a temperatura mayor.

4. El siguiente esquema corresponde a una curva energética, en la que la cima representa el nivel energético mayor, mientras que en su base está representado el nivel energético menor.



Copien la curva y **coloquen** en ella las referencias que figuran más abajo —de tal manera que quede esquematizado cada proceso en función de su entropía— y flechas que indiquen el sentido en el que la reacción se lleva a cabo.

Fotosíntesis – CO_2 – H_2O – $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ – O_2 – Respiración celular – Energía química – Energía lumínica

Simulación del efecto invernadero

Objetivo

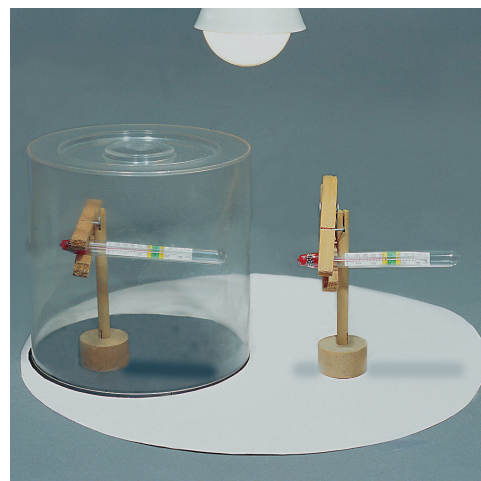
Diseñar un experimento para simular el efecto invernadero terrestre.

Materiales

Un círculo de cartulina blanca y otro, más chico, de cartulina negra; una lámpara de 100 W; dos termómetros; dos soportes; un cristizador o recipiente de vidrio similar.

Procedimiento

- Extiendan** el círculo de cartulina blanca y, por encima, el de cartulina negra. **Enciendan** la lámpara de modo que los ilumine totalmente.
- Coloquen** sobre la cartulina negra uno de los termómetros sostenido por el soporte universal, de manera que no toque la superficie de la mesa del laboratorio.
- Cubran** el primer termómetro con el recipiente de vidrio invertido.
- Coloquen** el segundo termómetro en el exterior, también sostenido por un soporte universal.
- Enciendan** la lámpara y **vayan** anotando las temperaturas exterior e interior cada cinco minutos, durante una hora. **Registren** los datos en una tabla.
- Repitan** la experiencia luego de haber apagado durante una hora la lámpara, pero esta vez **quiten** la cartulina negra.



Conclusiones

- ¿Qué simulan la lámpara y el recipiente de vidrio utilizados?
- ¿Qué expresa el aumento de temperatura registrado en el termómetro?
- ¿Qué simula la cartulina? ¿Para qué se emplean dos colores de cartulina? ¿En qué sectores del planeta creen que es mayor la radiación solar?

Intensidad de la fotosíntesis

Objetivo

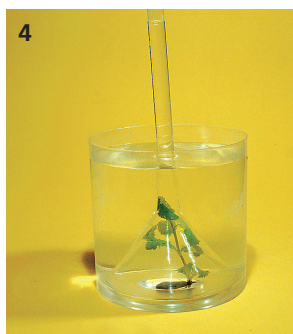
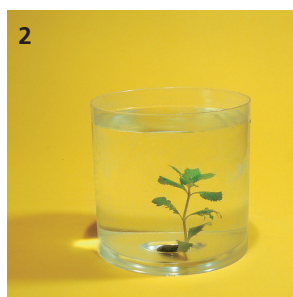
Medir la intensidad de la fotosíntesis por medio de la construcción de un dispositivo adecuado y analizar la dependencia de los factores ambientales.

Materiales

Un recipiente de vidrio; disolución de bicarbonato sódico al 0,1%; un alga o una angiosperma acuática de pece-
ra, como el miriofilo o la elodea; un embudo de vidrio; un tubo de ensayo; dos varillas de vidrio; una lámpara; un cronómetro.

Procedimiento

1. **Llenen** el recipiente con una disolución al 0,1% de bicarbonato sódico.
2. **Sumerjan** en el recipiente, con algún pequeño lastre, el alga o la angiosperma acuática.
3. **Dispongan** sobre la planta el embudo de vidrio, con la parte superior hacia abajo apoyada sobre dos fragmentos paralelos de varillas de vidrio, como se observa en la fotografía, para permitir el intercambio de agua entre el interior y el exterior del embudo.
4. **Llenen** el tubo de ensayo con la misma solución del recipiente y, con cuidado, **inviértanlo** y **sumérjanlo** en el agua, de modo que el tubo del embudo quede en su interior tal como indica la fotografía.
5. Cuando hayan completado el dispositivo experimental, **ilumínenlo** con la lámpara y **esperen** unos minutos para ver si se producen burbujas, que se irán acumulando en el extremo del tubo de ensayo.



© Santillana

6. **Cuenten** con el cronómetro el número de burbujas que se producen por unidad de tiempo, por ejemplo, en 30 o 60 segundos.
7. **Efectúen**, en cada caso, tres mediciones como mínimo; cuando no difieran mucho entre sí, **tomen** el valor promedio.

Experiencias para la medición de los factores ambientales

Se sugiere la realización de las siguientes experiencias con el dispositivo experimental armado. Antes de hacer los experimentos, **planteen** hipótesis y **predigan** los resultados acerca de:

- a. La presencia o ausencia de luz en la producción de oxígeno.
- b. La influencia de la intensidad luminosa sobre la de la fotosíntesis, estimada por el burbujeo de oxígeno.

Experiencia A

Fabriquen simultáneamente dos dispositivos idénticos y **coloquen** en ellos la misma cantidad de materia vegetal, para verificarlos por pesada. **Mantengan** iluminado con la lámpara uno de los dispositivos, y **recubran** el otro con plástico negro o papel de aluminio.

Experiencia B

Coloquen el dispositivo en una habitación oscura y **dispongan** un foco de luz a diferentes distancias del dispositivo experimental, desde el más alejado hasta el más próximo. Para cada distancia, **efectúen** un recuento de las burbujas producidas. **Registren** los resultados en un gráfico cartesiano, con el número de burbujas, sobre las ordenadas, y la distancia al foco luminoso sobre las abscisas.

Experiencia C

Introduzcan todo el dispositivo en un recipiente más grande con agua. **Añadan** sucesivas cantidades de agua caliente en el recipiente exterior, controlando la temperatura de la solución, y **cuenten** las burbujas para cada una de las temperaturas obtenidas. **Repitan** el proceso, pero agregando cubos de hielo, y controlen el burbujeo en un gradiente negativo de temperatura. **Representen** gráficamente los resultados en el papel milimetrado, con las temperaturas en el eje de abscisas y el número de burbujas en el de ordenadas.

Conclusiones

- a. ¿Cómo influyen en la fotosíntesis los distintos factores ambientales analizados?
- b. ¿Y cómo influyen en ella el aumento del efecto invernadero o el impedimento de la llegada de la luz solar por la acumulación de polvo industrial?

Unidad 2.2

Metabolismo celular

Destrezas con criterio de desempeño:

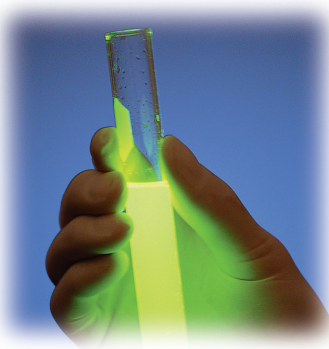
- Reconocer **la acción enzimática en los procesos metabólicos** a partir de la descripción del modelo de acción, la experimentación para determinar las condiciones óptimas requeridas para la acción enzimática e interpretación de los datos que permitan reconocer la acción de control que cumplen las enzimas en los organismos.
- Explicar **los procesos metabólicos en los seres vivos** sobre la base de la comparación de procesos anabólicos y catabólicos, la experimentación e interpretación de estos procesos como evidencia del flujo de materia y energía que permiten el equilibrio en el mantenimiento de la vida.
- Explicar **el flujo de materia y energía en el nivel productor, a partir de la descripción del proceso de la fotosíntesis, su importancia para los seres vivos**, desde el análisis de datos, interpretación de diagramas que permitan determinar los factores y reacciones químicas que intervienen en la transformación de energía lumínica a química, la producción de alimento y el reciclaje de carbono y oxígeno.
- Analizar **el flujo de materia y energía en el nivel consumidor, a partir de la descripción del proceso de la respiración celular**, con experimentación e interpretación de datos que permitan comprender la obtención de energía a nivel celular y flujo de materia y energía entre los niveles productores y consumidores.

Conocimientos previos

¿Por qué no sería posible la vida si no hubiera reacciones químicas en las células que constituyen los seres vivos?

¿Qué diferencia hay entre el anabolismo y el catabolismo?

¿Qué son las enzimas y cuál es su función en el metabolismo?



Una célula cuenta, por sí misma, con toda la maquinaria necesaria para poder sobrevivir. Mientras el núcleo contiene el material genético con las «instrucciones» para el funcionamiento de la célula, el citoplasma encierra sustancias y estructuras capaces de desempeñar todas las funciones vitales: nutrirse, respirar, sintetizar proteínas, depurarse eliminando desechos, etc. El conjunto de los procesos que tienen lugar dentro de la célula constituye el metabolismo.



Levaduras vistas con el MO (1 000 x).

Investigador efectuando estudios del metabolismo por medio de una micropipeta automática y de una centrifuga refrigerada.

© Santillana



para entrar en **tema**

¿Qué tienen en común el pan, la leche, la manteca y el vino?

Louis Pasteur (1822-1895) desarrolló una técnica para evitar el avinagramiento del vino por medio del calor (proceso hoy conocido como pasteurización). Por aquel entonces estaba también estudiando la fermentación alcohólica —proceso llevado a cabo por las levaduras en las sustancias vegetales, que transforman la glucosa en etanol, fundamental para las industrias panadera y de bebidas alcohólicas—. Cuando trataba de resolver un problema acerca de la contaminación del alcohol de remolacha, Pasteur descubrió que las «malas fermentaciones» que perjudicaban el negocio eran producidas por levaduras contaminadas con otros microorganismos. Al intentar demostrar que la fermentación requería la presencia de microorganismos vivos, también investigó la fermentación láctica, que produce yogur a partir de la leche por la conversión de glucosa en ácido láctico.

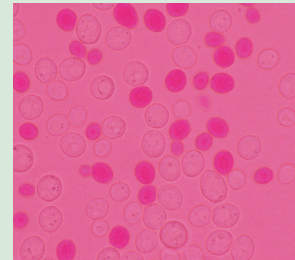
Pasteur observó microscópicamente los organismos responsables de cada fermentación, los aisló y los trasplantó a otro ambiente adecuado para su multiplicación; fue el nacimiento de la bacteriología. Mientras observaba los microorganismos con

forma de bastoncitos que se movían entre la leche fermentada, hizo un descubrimiento sorprendente: en el portaobjeto y el cubreobjeto, obviamente sin aire, los bastoncitos desplegaban una gran actividad, mientras que en los bordes, ya en el exterior y en contacto con el aire, perdían movilidad.

¿Era posible la vida en ausencia de aire? No solo era posible sino que, además, cuando hizo pasar una corriente de aire por un recipiente donde se desarrollaba otro tipo de fermentación —la butírica, o de la manteca, que transforma la glucosa en ácido butírico—, dicha actividad se detenía. Por lo tanto, el aire era innecesario para algunos microorganismos. Pasteur llamó anaerobios a estos organismos, y aerobios a los que requieren oxígeno.

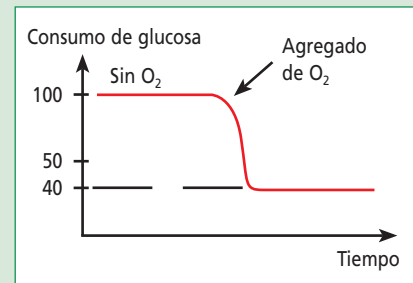
Más adelante, este científico observó que el consumo de glucosa en un cultivo de levaduras se reducía casi en un 60% si agregaba oxígeno. Esto se conoce hoy como «efecto Pasteur».

El concepto de aerobiosis y de anaerobiosis, así como el efecto Pasteur, fueron los pilares fundamentales para el estudio del metabolismo.

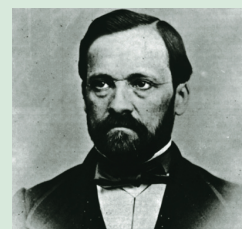


© Santillana

El holandés Anton van Leeuwenhoek observó con el microscopio —que él mismo había inventado en 1675— que las levaduras de cerveza, *Saccharomyces cerevisiae*, eran unos organismos globulares.



Efecto Pasteur. Las levaduras no consumen indefinidamente glucosa sino que se estabilizan tras alcanzar un nivel de alcohol del 12%, producto de la fermentación.



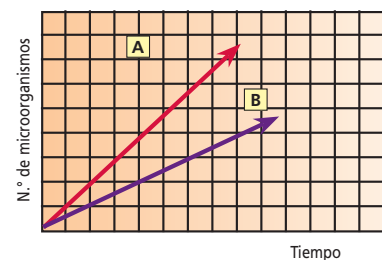
Louis Pasteur.

© Santillana

Análisis del trabajo científico

1. ¿Cuáles fueron los principales aportes de Pasteur al estudio del metabolismo? **Expliquen.**
2. ¿Qué es la fermentación? ¿Qué tipos de fermentación se mencionan en el texto? **Describanlo.**
3. **Indiquen** donde habitan los organismos anaerobios.
4. Para poder realizar sus funciones vitales, la célula necesita consumir energía, la cual proviene del metabolismo de los nutrientes que incorpora. ¿Cuáles son los nutrientes esenciales para el organismo humano? ¿Para qué se utiliza el oxígeno? **Argumenten.**

5. Teniendo en cuenta que las levaduras son microorganismos que pueden crecer tanto en aerobiosis como en anaerobiosis, **analicen** el gráfico de la derecha.



¿Cuál es la línea que representa a una condición o a la otra?

Fases del metabolismo: un balance vital

Aunque no lo parezca, la actividad celular no se detiene nunca. Son continuos cambios intracelulares que se relacionan con las transformaciones química y energética de las sustancias y con el desplazamiento de las moléculas. Recordemos que el conjunto de las reacciones químicas que intervienen en la obtención de energía y en su utilización por parte de los organismos vivos se denomina **metabolismo**, y que se diferencian dos tipos: el **catabolismo**, en el cual los compuestos químicos se descomponen o degradan y liberan así la energía almacenada, y el **anabolismo**, en el que, por el contrario, la energía es incorporada y utilizada en la síntesis de sustancias más complejas. En las reacciones anabólicas los compuestos químicos se oxidan (pierden electrones) y en las catabólicas se reducen (ganan electrones).

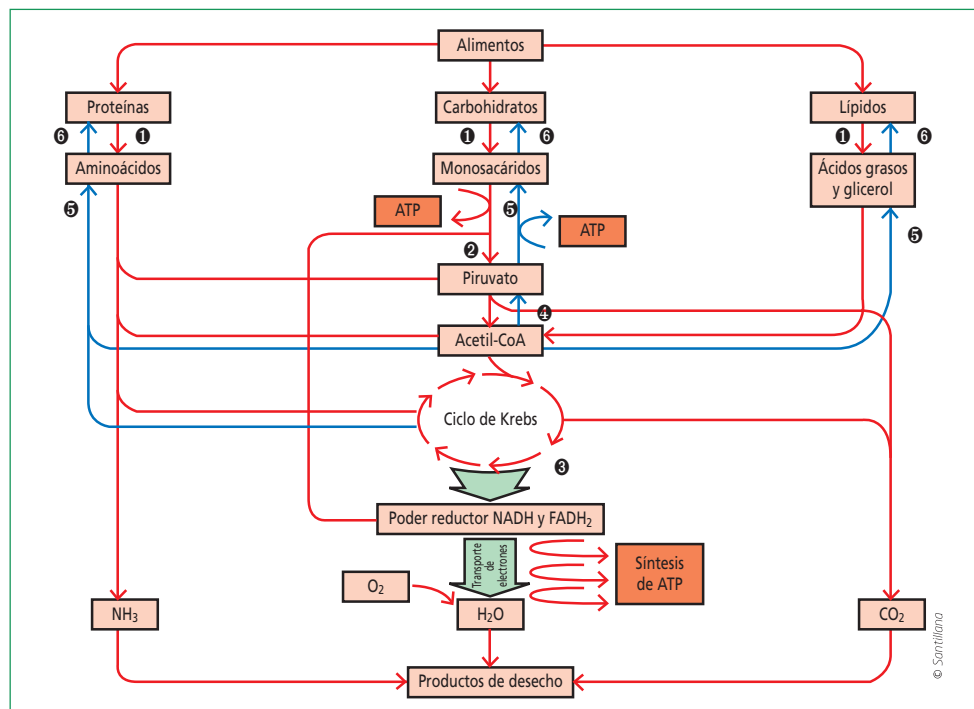
Las reacciones químicas del catabolismo son **exergónicas** (liberan energía) y las del anabolismo, **endergónicas** (requieren energía). Las fermentaciones y la respiración celular son ejemplos de procesos catabólicos, en tanto que la fotosíntesis y la síntesis de proteínas o de triglicéridos son procesos anabólicos.

En los organismos vivos, simultánea y constantemente tienen lugar procesos de síntesis y de degradación moleculares que se acoplan entre sí.

Los electrones ricos en energía que se remueven en las reacciones catabólicas son transferidos a moléculasceptoras de electrones, la **NAD⁺** (nicotinamina adenina dinucleótido) y la **FAD⁺** (flavina adenina dinucleótido), las que se convierten, como consecuencia, en **NADH** y **FADH₂**. En pocas palabras, si una molécula ganó electrones (NAD⁺ o FAD⁺) es porque otra los perdió (por ejemplo, la glucosa que se oxidó).

Una sustancia que entra en la célula experimenta gran cantidad de reacciones químicas entrelazadas, que constituyen una **ruta metabólica**. Estas secuencias ordenadas pueden ser lineales (**vías metabólicas**) o cíclicas (**ciclos metabólicos**).

En el siguiente mapa metabólico se presentan, en forma simplificada, las reacciones de los principales nutrientes.



Ti Trabajo individual

1. **Define y clasifica** el metabolismo.
2. **Indica** qué aportan a las células los procesos catabólicos.
3. **Explica** la diferencia entre anabolismo y catabolismo.

T Tarea

Busca información sobre las moléculasceptoras de electrones. **Dibuja** estas moléculas y **explica** su función.

Fases del catabolismo y del anabolismo. El ATP producido en las reacciones catabólicas aporta la energía que necesitan las reacciones anabólicas.

El **catabolismo** se realiza en tres fases: ❶ Las biomoléculas incorporadas en la alimentación se degradan en moléculas más simples, como los ácidos grasos, los aminoácidos y los monosacáridos (por ejemplo, la glucosa). ❷ Esas moléculas experimentan en el citoplasma la degradación oxidativa, es decir, a través de las reacciones de oxidación forman dos metabolitos: el piruvato y la acetil-coenzima A (acetil-CoA). ❸ Se completa la oxidación de la acetil-CoA hasta obtener dióxido de carbono y agua. En esta fase, se aprovecha la mitad de la energía contenida en los nutrientes y se forma la mayor parte del ATP. El resto de la energía se pierde como calor.

El **anabolismo**, por su parte, también tiene lugar en tres fases. ❶ Hay una biosíntesis de acetil-CoA y otros metabolitos. ❷ Este compuesto se utiliza como precursor para la síntesis de monosacáridos, aminoácidos o ácidos grasos. ❸ Estos compuestos se emplean para la síntesis de biomoléculas. En todas las fases se gasta ATP.



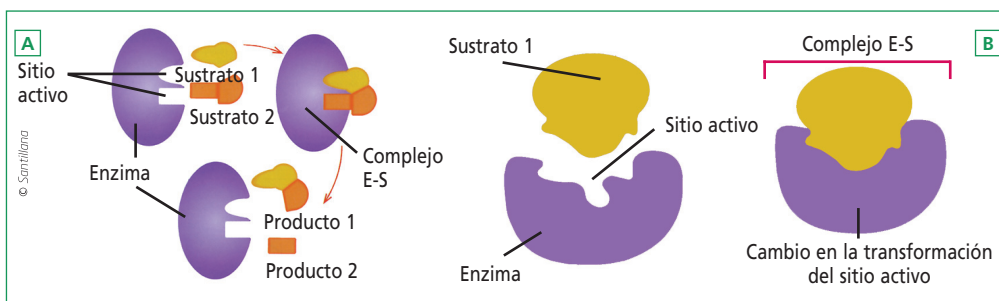
La mayoría de las reacciones químicas del metabolismo se producirían muy lentamente en las condiciones del medio interno de los seres vivos, si no fuera por la existencia de los catalizadores biológicos: las enzimas.

Las **enzimas** son proteínas de variado tamaño y composición molecular, lo cual les otorga una gran **especificidad**: existe una enzima para cada reacción y para cada tipo de moléculas sobre las que actúa (**sustratos**).

La capacidad catalítica de las enzimas se relaciona con el **sitio** o **centro activo**, que corresponde al lugar donde se une al sustrato, formando el **complejo enzima sustrato (E-S)**. Este complejo refleja la especificidad enzimática. El resto de la molécula puede cambiar, pero la forma del sitio activo es la clave del reconocimiento.

Algunas enzimas requieren, además de la estructura proteica, la participación de otros componentes químicos, como los iones metálicos (molibdeno, hierro, magnesio, cinc, etc.), denominados **cofactores**, o bien las **coenzimas**, moléculas orgánicas de bajo peso molecular como algunas vitaminas. Cuando el cofactor o la coenzima se unen a la enzima a través de un enlace covalente, forman un **grupo prostético**.

Se han postulado dos mecanismos generales para explicar la formación del complejo E-S. Analicen los siguientes esquemas. ¿Qué diferencias observan?



Hablando en términos de energía, la mayoría de las moléculas de una sustancia, para poder reaccionar con otras, tiene que superar un «escalón», llamado **energía de activación (E_a)**. Incluso las reacciones exergónicas requieren de cierta E_a para producirse. Si son muy pocas las moléculas que sobrepasan esta barrera, la reacción transcurre muy lentamente pero, por ejemplo, al agregar energía en forma de calor, se incrementa el número de moléculas que pueden «saltar al otro lado del escalón», pues aumenta la **energía cinética (E_c)**. Entonces, el resultado será un incremento de la velocidad de reacción. Otra forma de aumentar la velocidad de reacción, en lugar de incrementar la E_c de las moléculas, es reducir la E_a , es decir, bajar el nivel de la barrera que tienen que superar. Y esto es exactamente lo que hacen las enzimas: el complejo E-S tiene que superar un «escalón» energético menor que el del sustrato por sí solo.

Un ejemplo sencillo de reacción metabólica es la **fosforilación**, es decir, la unión de la glucosa con un grupo fosfato aportado por la molécula de ATP. Esta primera reacción es catalizada por la enzima **hexoquinasa**, denominada así porque cataliza la reacción de fosforilación de muchos azúcares de seis carbonos (hexosas). Como todas las enzimas, su nombre termina con el sufijo **-asa**, y el resto de la denominación alude al sustrato sobre el que trabaja la enzima y al tipo de reacción que cataliza (en este caso, **hexo-** alude al sustrato, una hexosa –la glucosa–, y **-quinasa**, al tipo de reacción: transferencia de un grupo fosfato).



Glosario

catalizador (del griego *katá*, 'abajo', y *lyo*, 'descomponer'). Llámase así a la sustancia que modifica la velocidad de reacción química (acelera o retarda) sin alterar su resultado. El platino es un ejemplo de catalizador inorgánico e inespecífico, que sirve para muchos tipos diferentes de reacciones.

A: Modelo de llave-cerradura (Fisher, 1894). El sustrato se une en el sitio activo de manera análoga a como se inserta la llave en una cerradura. Este modelo muestra claramente la especificidad característica de las proteínas, pero refleja una idea incorrecta de rigidez.

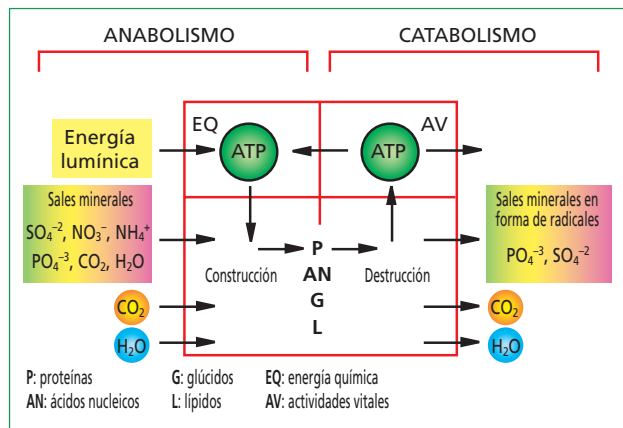
B: Modelo de encaje inducido (Koshland, 1958). La enzima actúa de manera más plástica, ya que, al interactuar con el sustrato, este puede inducir cambios en la estructura o en la conformación del sitio activo, lo cual permite una orientación apropiada de los grupos químicos que intervendrán en la reacción.

Trabajo cooperativo

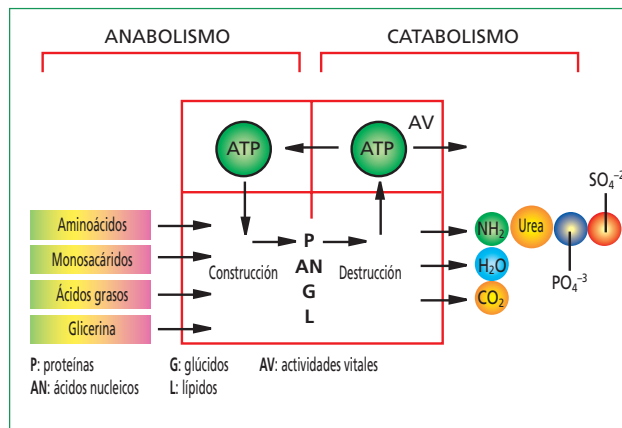
Amplíen la información sobre la actividad enzimática en lo relacionado a la energía de activación de las reacciones químicas y el rol de las enzimas. En grupos, **elaboren** una figura en el eje de las X y las Y para representarlo.

Las moléculas de ATP

Analicen los esquemas simplificados del metabolismo de una célula autótrofa (vegetal) y de una heterótrofa (animal) y mencionen algunas diferencias que encuentren:

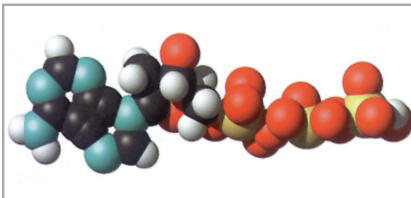


Metabolismo de una célula autótrofa.



Metabolismo de una célula heterótrofa.

Las necesidades energéticas momentáneas de una célula no pueden ser cubiertas por las grandes reservas de grasa, glucógeno, almidón o celulosa. Las pequeñas entradas de energía provenientes de la degradación gradual del alimento tampoco pueden incorporarse directamente a dichas reservas. Esto equivaldría a ir al banco cada vez que queremos comprar un caramelo o ahorrar unas monedas. Para esos movimientos cotidianos, contamos con una pequeña cantidad, «de bolsillo». Esta es exactamente la función que cumplen algunos nucleótidos que, además de formar parte de los ácidos nucleicos, desempeñan el papel de intermediarios en los intercambios celulares de energía. Uno de los más conocidos, si bien no es el único que existe, es el **ATP**, siglas que corresponden al **adenosín trifosfato**.

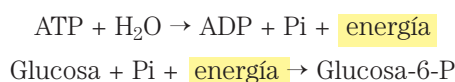


Representación tridimensional de la molécula de ATP. Negro: carbono; blanco: hidrógeno; azul: nitrógeno; rojo: oxígeno; amarillo: fósforo.

Básicamente, al igual que otros nucleótidos, el ATP es una molécula formada por la unión de una base nitrogenada, una pentosa (azúcar de 5 carbonos) y un fosfato. El fosfato (PO_4^{3-}) proviene de una pequeña molécula inorgánica, el ácido fosfórico, que se encuentra disociada según el pH celular. El enlace fosfato representa una unión de alta energía, la cual es liberada cuando la molécula de ATP se rompe.

El suministro de energía que requiere una reacción endérgica es aportado por una reacción exérgica, que consiste en la pérdida del fosfato de los trinucleótidos con la consecuente liberación de energía. En este caso, las dos reacciones están acopladas.

De la misma manera, una combinación similar de reacciones que se acoplan permite la transferencia de energía de una reacción exérgica a una endérgica, en la que un nucleótido difosfato (**ADP**, o **adenosín difosfato**) incorpora un fosfato. El intermediario más importante en estos procesos es el ATP. La fosforilación oxidativa constituye un ejemplo de reacción acoplada:



La energía necesaria para «pegar» el fosfato (Pi , o fosfato inorgánico) a la glucosa, activada por la enzima hexoquinasa, es aportada por la reacción acoplada en la que el ATP se desdobra en ADP y Pi .

TIC

Investiga



Visita la página web del libro Biología de Curtis goo.gl/e877a e **investiga** acerca de la molécula del ATP. **Responde.**

¿Qué tipo de molécula es el ATP? ¿En qué molécula se convierte cuando pierde dos grupos fosfatos? ¿Conocen algún uso específico de estas moléculas en el organismo?

Catabolismo: degradación molecular



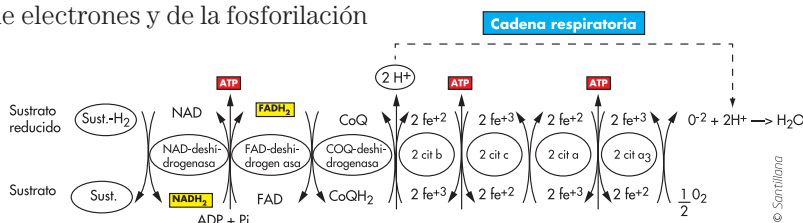
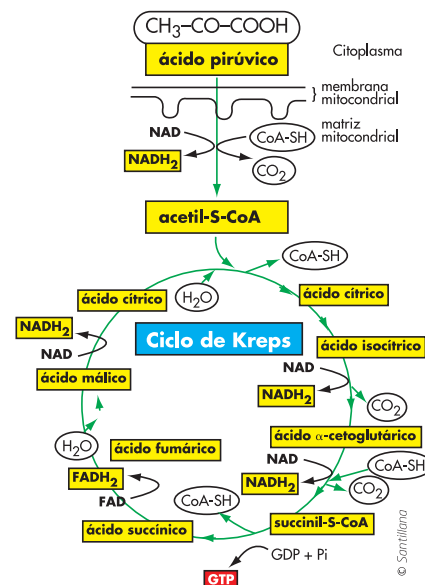
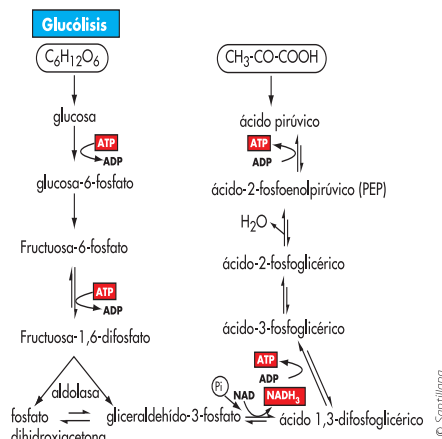
Respiración aeróbica

Las células tienen dos formas básicas de obtener energía: la **respiración aeróbica** y la **fermentación** o **respiración anaeróbica**. Ambos procesos son combustiones, en las que un combustible se quema y origina calor y productos más simples. En la célula, estos procesos tienen lugar en pasos sucesivos y graduales, lo que permite un control y una regulación mayores. No obstante, el rendimiento energético de la respiración aeróbica es mucho mayor que el de las fermentaciones. En ambos procesos existe un paso clave y común: la **glucólisis**. Después de ella, la presencia o la ausencia de oxígeno y de un aparato enzimático adecuado, determinan dos rutas metabólicas distintas. En las células aeróbicas, la ruta central del catabolismo de los azúcares se compone de varias fases:

1. **Glucólisis:** este término se refiere literalmente a la «rotura del azúcar». Una molécula de glucosa (con seis carbonos) se convierte en dos moléculas de **piruvato** (compuesto de tres carbonos). La glucólisis es una cadena de reacciones redox (óxido-reducción) y de fosforilación que tienen lugar en el citoplasma celular, donde se encuentran los componentes necesarios para iniciarla: el ADP, el NAD^+ y los fosfatos inorgánicos. El oxígeno puede estar presente o no. Por lo tanto, el proceso ocurre tanto en células aeróbicas como en anaeróbicas. Al culminar esta fase, la célula obtiene una ganancia neta de dos moléculas de ATP por cada molécula de glucosa que ingresa al proceso.
2. **Formación del acetil coenzima A:** cada molécula de piruvato formada en la glucólisis ingresa en la matriz mitocondrial y se desdobla en dos grupos acetilo y dos moléculas de dióxido de carbono. Luego cada acetilo se une con la **coenzima A** (Co A, se sintetiza a partir de las vitaminas del complejo B) y se forma el **acetil coenzima A** (acetil CoA). En este proceso intervienen varias enzimas que permiten la unión del grupo acetilo con la Co A.
3. **Ciclo del ácido cítrico o de Krebs:** en este proceso cada grupo acetilo del acetil coenzima A se combina con el oxalacetato (compuesto de cuatro carbonos) para formar el **citrato** (molécula de seis carbonos). Luego se producen una serie de oxidaciones que originan distintas moléculas como CO_2 y oxalacetato, el cual se incorpora nuevamente al ciclo. Como producto del ciclo de Krebs se generan tres moléculas de NADH y una de FADH_2 . La energía de esas moléculas se utiliza en la síntesis de más ATP mediante el sistema de transporte de electrones. Al final del ciclo la célula gana dos moléculas de ATP.
4. **Transporte de electrones:** el proceso se inicia cuando las moléculas de NADH y FADH_2 interactúan con proteínas de la membrana de las crestas mitocondriales. Esas proteínas son los **citocromos** (a, a_3 , b y c), la **coenzima Q** y las **flavoproteínas**. De esta manera, los compuestos reducidos ceden sus electrones a esas proteínas en una especie de cascada hasta perder los de su orbital más externo y quedar de nuevo en estado oxidado. Gracias a esos electrones, el oxígeno se une al hidrógeno y juntos forman agua. Por cada NADH que ingresa en la cascada electrónica se generan tres ATP. Por cada FADH_2 se obtienen dos ATP. En total ingresan al sistema de transporte de electrones diez moléculas de NADH que en consecuencia generan 30 ATP y dos moléculas de FADH_2 . Estas producen cuatro moléculas de ATP. Al final de la fase de transporte de electrones y de la fosforilación oxidativa se producen de 32 a 34 moléculas de ATP. En el proceso de respiración aeróbica por cada molécula de glucosa que se oxida se libera energía. Esta se almacena en forma de 38 moléculas de ATP.

L Lección

Describe las principales fases del catabolismo en las células aeróbicas.

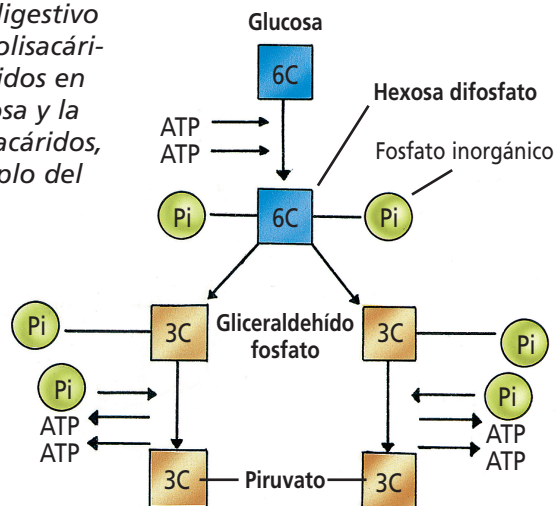


Respiración aeróbica: un ejemplo de catabolismo

Las reacciones catabólicas por respiración son diferentes según los sustratos orgánicos por degradar (glúcidos, lípidos, proteínas, ácidos nucleicos). En el caso de los glúcidos, en el tubo digestivo de los animales y mediante los procesos digestivos, los polisacáridos de la ingesta del animal son hidrolizados y convertidos en sus unidades monosacáridas, como la glucosa, la fructosa y la galactosa. La glucosa es el más abundante de los monosacáridos, por lo que su proceso de degradación sirve como ejemplo del catabolismo respiratorio de los glúcidos.

Glucólisis

La glucólisis ocurre en el citoplasma de la célula y consiste en una cadena de reacciones redox (óxido-reducción) y de fosforilación (los grupos fosfatos se unen a moléculas de hexosas). Su principal producto es el **piruvato**.



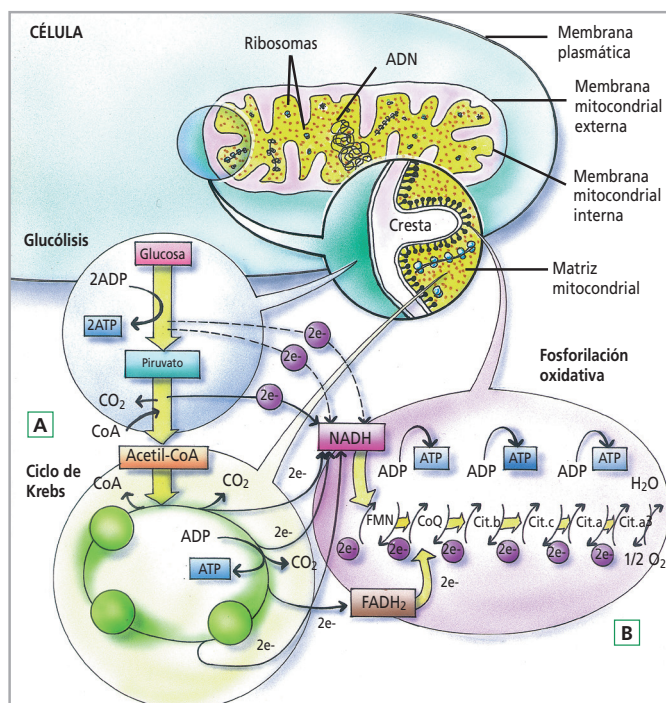
Ciclo de Krebs y cadena respiratoria

Al ingresar en la **matriz mitocondrial**, el piruvato se desdobra en **acetilo** y **dióxido de carbono**. Cada acetilo se une a la coenzima A y constituye la **acetil-CoA** (2C). En este punto también pueden ingresar los ácidos grasos y los aminoácidos que se han metabolizado.

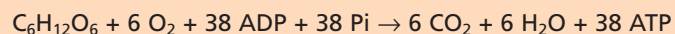
A: En el **ciclo de Krebs**, cada acetilo vuelve a separarse de la coenzima A y participa en una serie de reacciones cíclicas: se combina con el **oxalacetato** (4C) y forma un compuesto de seis carbonos: el **citrato**; luego, se producen una serie de oxidaciones que originan distintas moléculas hasta regenerar el oxalacetato, el cual entra nuevamente en el ciclo. Al mismo tiempo, se reducen tres moléculas de **NAD** a **NADH** y una de **FAD** a **FADH₂**.

B: La **cadena respiratoria**, o **fosforilación oxidativa**, tiene lugar en las **crestas mitocondriales**. Las moléculas de **NADH** y **FADH₂** producidas en la glucólisis y el ciclo de Krebs interactúan con proteínas de la membrana de las crestas, como los **citocromos** (a, b, c), la **coenzima Q** y las **flavoproteínas**. Los compuestos reducidos van cediendo sus electrones a estas proteínas en una especie de «cascada» electrónica, hasta perder sus protones y quedar, de nuevo, en estado oxidado. El oxígeno, gracias a dichos electrones, se une al hidrógeno y se transforma en **agua**, que es eliminada de la misma forma que el dióxido de carbono.

Por cada **NADH** que ingresa en la cascada se obtienen **tres ATP**, y por cada **FADH₂**, se obtienen **dos ATP**.



Ecuación general de la respiración aeróbica



Por cada molécula de glucosa que se oxida en la respiración celular aeróbica se libera energía, la cual se almacena en forma de 38 moléculas de ATP.



Importancia de la respiración celular

La **respiración celular** permite a los seres vivos obtener energía a partir de los electrones que constituyen los enlaces químicos de las moléculas. Tanto en las células animales como vegetales, esta energía es convertida en moléculas altamente energéticas de ATP. La transformación de la energía en ATP, por lo general, requiere oxígeno y ocurre en gran parte de los organismos procariotas y eucariotas. Para estos seres vivos, la respiración aeróbica es el modo de obtener energía a partir de moléculas de glucosa. Otros compuestos son también fuente de energía. Por ejemplo, muchas especies animales, inclusive el ser humano, obtienen gran parte de su energía a partir de la oxidación de ácidos grasos; de la misma manera pueden ser también utilizados los aminoácidos. En estos casos, la oxidación de la glucosa no es la fuente primaria de energía.

Existen otros organismos que obtienen su energía a partir de reacciones químicas que no requieren oxígeno, como la respiración anaeróbica y la fermentación.

La siguiente tabla presenta un resumen de la respiración celular aeróbica.

Pasos de la respiración	Reactivos iniciales	Principales productos	Resumen del proceso
Glucólisis	Glucosa, ADP, fósforo inorgánico (Pi), NAD ⁺ y ATP	Piruvato, NADH, ATP	A partir de glucosa se forma el piruvato en presencia o ausencia de O ₂ . Se libera H ₂ y se obtienen dos moléculas de ATP.
Formación de acetil Co A	Piruvato, coenzima A	Acetil Co A, NADH, CO ₂	El piruvato se desdobla y se combina con el acetil CoA. Ocurre liberación de H ₂ y CO ₂ .
Ciclo de Krebs	Acetil Co A, H ₂ O	CO ₂ , NADH, FADH ₂ , ATP	Mediante una secuencia de reacciones del grupo acetilo del acetil CoA, se produce CO ₂ y se libera H ₂ .
Sistema de transporte de electrones	NADH, O ₂ , FADH ₂	ATP, H ₂ O	A través de varias moléculas aceptoras de H ₂ ocurre el transporte de electrones. A lo largo del gradiente se libera energía para la síntesis de ATP.

Resumen de los procesos del catabolismo de la glucosa.

Fermentación y respiración anaeróbica: ejemplos de catabolismo

La **respiración anaeróbica** caracteriza algunos tipos de bacterias, que habitan sitios con bajas concentraciones de oxígeno, como suelos arcillosos y aguas estancadas. Al igual que la respiración aeróbica, en los procesos de respiración anaeróbica se oxida la glucosa, que transfiere electrones al NADH, para obtener energía a partir de la interacción entre el gradiente de transporte de electrones y la síntesis de ATP.

En la respiración anaeróbica, el aceptor final de electrones no es el oxígeno (como ocurre en la respiración aeróbica); otros compuestos inorgánicos, como el nitrato y el sulfato, son los que desempeñan esa función. Los principales productos del proceso de respiración anaeróbica son el CO₂, una o varias sustancias inorgánicas reducidas y el ATP.

La **fermentación** ocurre en organismos como los hongos, las bacterias y en algunos casos en los animales, especialmente en sus células musculares. Se caracteriza por ser una vía anaeróbica en la que no se presenta un gradiente de electrones para obtener la energía. Las moléculas de ATP se producen por medio de la fosforilación del sustrato durante la glucólisis. En este proceso se forman dos moléculas de ATP por cada una de glucosa. En la fermentación las moléculas de NADH traspasan los hidrógenos a moléculas orgánicas; de esta manera se regenera el NAD⁺ que mantiene activa la glucólisis.

Ti Trabajo individual

¿Cuáles son las principales diferencias y similitudes entre los procesos metabólicos aeróbicos y anaeróbicos? **Explica.**

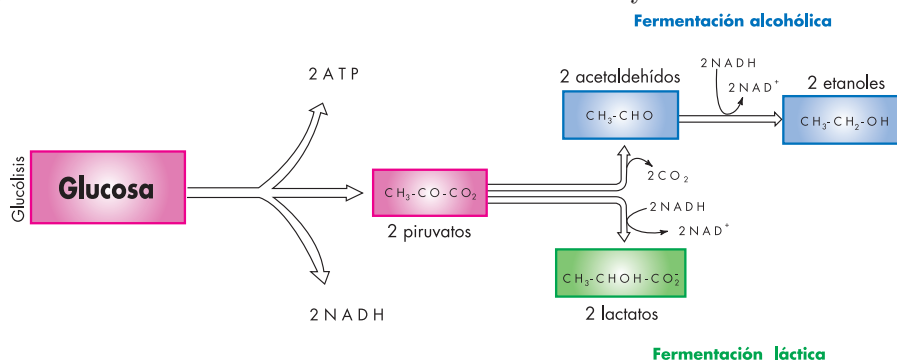
T Tarea

1. **Indica** en qué compartimentos celulares se realiza cada una de las fases de la degradación aeróbica de la glucosa.
2. **Explica** qué moléculas o qué iones atraviesan la membrana mitocondrial durante este proceso.
3. **Responde:** ¿De dónde proceden las dos moléculas de CO₂ desprendidas en el ciclo de Krebs?
4. **Argumenta** por qué el ciclo de Krebs se considera una vía catabólica aeróbica si no se necesita oxígeno para realizarse.

TIC

Visita la página web del Departamento de Biología y Geología goo.gl/RTpf2 para ver animaciones de la respiración celular.

Este pequeño ciclo de regeneración de las moléculas de NAD^+ es importante debido a que las células no cuentan con una cantidad ilimitada de esta sustancia. Por lo que no sería posible que la glucólisis continuara si todo el NAD^+ permaneciera reducido en forma de NADH . De este modo, el piruvato, producto final de la glucólisis, puede ingresar a dos vías metabólicas: la fermentación alcohólica y la fermentación láctica.



Las rutas de fermentación a las que puede ingresar el piruvato después de la glucólisis, varían según el organismo en que ocurre el proceso y la presencia de las enzimas apropiadas.

Fermentación alcohólica

La fermentación alcohólica se produce cuando ciertas enzimas descarboxilan el piruvato y se genera dióxido de carbono y acetaldehído (compuesto de dos carbonos). El acetaldehído se reduce por la ganancia de moléculas de hidrógeno que provienen del NADH . De esta manera se forma alcohol etílico. Este proceso lo realizan las levaduras, las cuales se utilizan en el procesamiento de algunos alimentos, como la repostería, y en la elaboración de bebidas alcohólicas. Las levaduras tienen la capacidad de obtener su energía tanto por medio de la respiración aeróbica como de la fermentación, según la disponibilidad de oxígeno que exista en el medio. La fermentación alcohólica se puede resumir de acuerdo con la siguiente ecuación general:



Fermentación láctica

La fermentación láctica ocurre cuando la molécula de NADH producida en la glucólisis cede átomos de hidrógeno al piruvato; en consecuencia, este se reduce a lactato (compuesto de tres carbonos). Esta fermentación es efectuada por hongos y bacterias. En el caso de las bacterias, se emplea para la producción de yogur y otros derivados lácteos. El proceso de fermentación láctica también se presenta en las células musculares de animales como los vertebrados, cuando hay insuficiente oxígeno para la respiración aeróbica de estas células. En consecuencia, se acumula el lactato en los músculos y existe sensación de fatiga muscular. La fermentación láctica se puede resumir de acuerdo a la siguiente ecuación general:



Los compuestos terminales (alcohol y lactato) en ambas vías de fermentación son productos de desecho debido a su carácter tóxico para las células. Esos productos son bastante energéticos, debido a que el compuesto que funge como fuente de energía de ambas vías solo se oxida parcialmente. De hecho, el alcohol producto de la fermentación por parte de levaduras se puede quemar e inclusive utilizar como combustible de automóviles.

Los dos tipos de fermentación son energéticamente menos eficientes que la respiración aeróbica, debido a que la ganancia neta de ATP es muy baja. Solo se producen dos moléculas de ATP por cada glucosa que entra en la glucólisis.

Trabajo cooperativo

Formen grupos y respondan.

- ¿Cuáles son las diferencias y similitudes entre las dos vías de fermentación?
- ¿Ocurren estos procesos siempre y en todos los organismos?
- ¿Qué utilidad tienen?

Investiga

Busca información sobre los diferentes tipos de catabolismo y **resuelve** las siguientes preguntas:

- ¿Qué tipo de ventaja metabólica tienen los microorganismos anaerobios facultativos con respecto a los anaerobios estrictos?
- ¿Qué diferencias esenciales tiene la fermentación con la respiración celular?
- ¿Por qué son poco rentables energéticamente las fermentaciones?

Anabolismo: construcción molecular



Los seres vivos obtienen energía a partir de sus propias biomoléculas orgánicas mediante las reacciones del catabolismo. Frente a las vías catabólicas de destrucción molecular, existen otras vías de construcción molecular, que constituyen el anabolismo. El anabolismo es la vía constructiva del metabolismo, es decir, la ruta de síntesis de moléculas complejas a partir de moléculas sencillas.

En el **anabolismo** se distinguen dos etapas, que son:

- **Anabolismo autótrofo.** Es el paso de moléculas inorgánicas, como por ejemplo H_2O , CO_2 , NO_3 , etc., a moléculas orgánicas sencillas, como glucosa, glicerina o aminoácidos.
- **Anabolismo heterótrofo.** Es la transformación de moléculas orgánicas sencillas en otras de mayor complejidad, como almidón, grasas o proteínas.

Se pueden diferenciar dos tipos de anabolismo autótrofo, en función de la fuente de energía utilizada:

- **Anabolismo fotosintético o fotosíntesis.** Si utiliza la energía luminosa. La fotosíntesis la realizan las plantas, las algas, las cianobacterias y las bacterias fotosintéticas.
- **Anabolismo quimiosintético o quimiosíntesis.** Si utiliza la energía procedente de reacciones de oxidación de compuestos inorgánicos. La quimiosíntesis solo la realizan algunos tipos de bacterias, las denominadas bacterias quimiosintéticas.

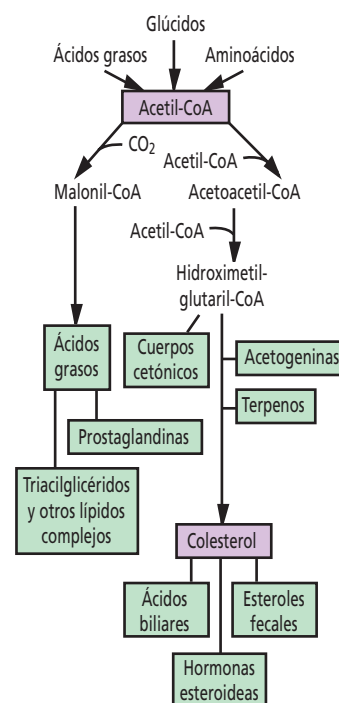
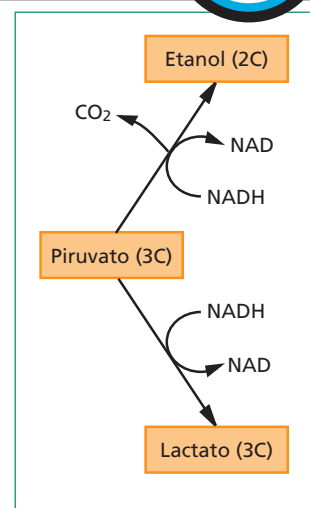
Síntesis del colesterol: un ejemplo de anabolismo

El anabolismo —que comprende las vías de síntesis de los compuestos vitales— es posible gracias a la energía aportada por la destrucción de otros compuestos (catabolismo). En tanto que todas las sustancias siguen vías catabólicas **convergentes** hacia la producción de CO_2 , H_2O y ATP, las vías anabólicas son, por el contrario, **divergentes**, y coinciden con muchas de las vías catabólicas, aunque obviamente en sentido inverso.

La síntesis de la mayor parte de las sustancias necesarias para el organismo tiene su origen en metabolitos intermediarios de las vías catabólicas, y es impulsada por la energía liberada por estas.

Como ejemplo de estas vías biosintéticas podemos mencionar la **formación de los lípidos**. Uno de los lípidos más importantes para el correcto funcionamiento del organismo es el **colesterol**, uno de los pocos que se origina por polimerización de unidades más pequeñas (monómeros) de mevalonato. La fuente es la acetil-CoA: una molécula de mevalonato se forma a partir de tres moléculas de acetil-CoA.

A partir de la sencilla molécula de colesterol, algunas pequeñas modificaciones de su estructura originan los **ácidos biliares** —principales componentes de la bilis hepática que nos ayudan a digerir las grasas—, la **vitamina D** y las **hormonas sexuales**, como la progesterona, la testosterona y el estradiol. Además, es uno de los componentes de las membranas celulares, que les aporta fluidez.



La acetil-CoA es precursora de la síntesis de muchos lípidos.

FUE NOTICIA

El metaboloma humano

Sucedió en Canadá, en 2007...

Científicos canadienses acaban de descifrar el primer borrador del «metaboloma humano», constituido por todos los metabolitos (moléculas de bajo peso molecular) generadas por las células durante el metabolismo. Estos, al igual que los genes, poseen una gran cantidad de información sobre la salud de una persona. Los metabolitos son generados, en definitiva, por el ADN.

El proyecto Metaboloma Humano, que comenzó en 2005, revolucionará los métodos de detección y diagnóstico de enfermedades. Actualmente, solo el 1% de los metabolitos conocidos se utilizan en las prácticas bioquímicas habituales de sangre y orina; en un futuro, conociendo todos los metabolitos, será posible saber cuáles están asociados a una enfermedad, cuáles son sus concentraciones normales y alteradas, y qué genes están relacionados con cada uno de ellos.

Fotosíntesis: otro ejemplo de anabolismo

Los organismos autótrofos sintetizan moléculas orgánicas a partir de compuestos inorgánicos. Cuando la energía química utilizada para esta síntesis se obtiene a partir de la luz, el proceso se denomina **fotosíntesis**. Entre los organismos que la realizan se encuentran las plantas, las algas, y algunos procariontes como las cianobacterias. Cuando la energía proviene de la ruptura de enlaces químicos, el proceso se conoce como **quimiosíntesis**. Este es realizado por algunas bacterias.

Los organismos fotoautótrofos utilizan la luz para generar ATP y otras moléculas de contenido energético químico temporal. Estos compuestos no son almacenados, sino que activan la biosíntesis de otros más estables. De este modo, los compuestos orgánicos estables son utilizados como almacenes de energía y precursores de otras sustancias. Todo este proceso ocurre en las organelas llamadas **cloroplastos**, que contienen en su interior un conjunto de sacos aplanados en forma de discos conocidos como **tilacoides**. En las membranas de los tilacoides se encuentra diversos pigmentos fotosintéticos, entre ellos la clorofila, los cuales se encargan de captar la luz para iniciar el proceso de fotosíntesis. La captación lumínica permite a los seres autótrofos impulsar la síntesis de carbohidratos.

La fórmula general que describe la fotosíntesis es:

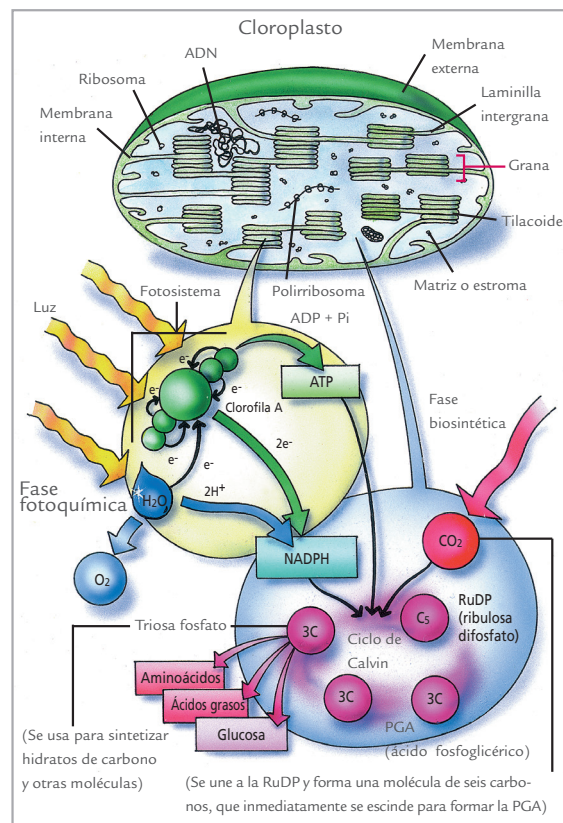


Los pigmentos contenidos en las membranas tilacoidales absorben la luz a diferentes longitudes de onda. Entre ellos están la **clorofila** y los **carotenoides**. La clorofila —verde, debido a que refleja ese color— es el pigmento fundamental en reacciones de ese tipo. Capta principalmente la luz de las regiones roja y azul del espectro visible. Esa molécula posee dos partes; una de ellas, llamada anillo de porfirina, se encarga de captar la energía luminosa; la otra tiene como función mantener la clorofila en su lugar. Existen dos tipos de clorofila: la **clorofila a**, encargada de iniciar las reacciones foto-dependientes y la **clorofila b**, pigmento accesorio que participa en menor medida en la fotosíntesis. Los **carotenoides** son también pigmentos accesorios, de colores amarillo y anaranjado, que absorben longitudes de onda diferentes de las absorbidas por la clorofila. Actúan en coordinación con esta, ya que al excitarse por la incidencia de la luz transfieren su energía a la clorofila a.

Las reacciones de la fotosíntesis suelen dividirse en dos etapas: reacciones fotodependientes y reacciones para la fijación de carbono.

Fase dependiente de la luz

Las reacciones de la fase dependiente de la luz ocurren en los tilacoides; su objetivo principal es convertir la energía luminosa del Sol en energía química. Se inician cuando la clorofila a y otros pigmentos accesorios son excitados por los fotones que absorben de la luz. Ese grupo de pigmentos más los aceptores de electrones asociados comprenden las unidades estructurales llamadas **fotosistema I** o **P700** y **fotosistema II** o **P680**. Las abreviaciones P700 y P680 se deben a que la clorofila a, que constituye el centro de reacción en estos fotosistemas, tiene dos picos de absorción, de 700 y de 680 nm, respectivamente. De esta manera, la energía luminosa es captada por determinado pigmento que a la vez la transfiere a la clorofila a.



Te Trabajo cooperativo

Formen grupos y elaboren una maqueta de un cloroplasto. En él señalen los pigmentos fotosintéticos.



Cuando la energía alcanza una molécula de P700 en el centro de reacción, se consigue un nivel alto de energía y se inicia el sistema de transporte de electrones en la membrana tilacoidal. Los electrones ingresan en un gradiente electrónico y son captados por diversos aceptores. El aceptor intermedio de electrones se llama **ferredoxina**. Este compuesto transfiere dos electrones a cada molécula de NADP^+ , lo que origina la forma reducida NADPH que se libera en el estroma. En el proceso de transporte de electrones se obtiene energía, que es cedida a un sistema de «bombeo» de protones (H^+) a través de la membrana del tilacoide. Los H^+ pasan del estroma al interior del tilacoide y ahí se acumulan, lo cual genera una diferencia en la concentración, de más de 1 000 veces más protones en el tilacoide que en el estroma. Se forma un gradiente de protones. Sin embargo, estos no pueden difundirse del área más concentrada hacia la menos concentrada, debido a que la membrana del tilacoide es impermeable, excepto en unos tubos constituidos por proteínas de transmembrana, enzimas llamadas ATP **sintetasas**. Estas permiten la difusión de los protones y utilizan la energía libre para fosforilar las moléculas de ADP y formar ATP. Las moléculas de ATP son liberadas hacia el estroma del cloroplasto, en un proceso denominado **fotofosforilación**. La fotofosforilación producida por el gradiente de protones se llama **quimiósmosis**.

Cuando el fotosistema II (P680) es alcanzado por un fotón, se libera un electrón de alta energía. Este es transferido por moléculas aceptoras hasta alcanzar el fotosistema I. De este modo, se restablece el electrón que el P700 ya había cedido. Al perder un electrón, la molécula de P680 se convierte en un agente oxidante. La capacidad oxidativa del P680 ionizado es tan alta que oxida el átomo de oxígeno a través de la ruptura de la molécula de agua. Este proceso se llama **fotoólisis** y produce dos electrones, dos protones y oxígeno. Los electrones son cedidos al P680 y los protones se liberan hacia el interior del tilacoide. Debido a que el oxígeno no existe en forma atómica, se deben oxidar dos moléculas de H_2O para liberar una molécula de oxígeno a la atmósfera.

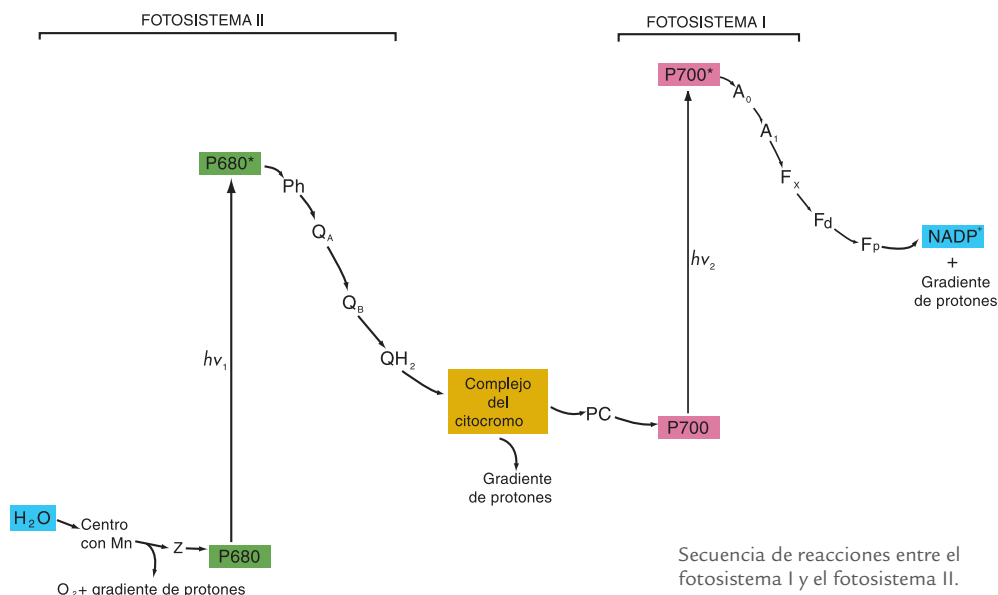
En síntesis, por cada dos electrones que ingresan a ese sistema, se producen dos moléculas de ATP y una de NADPH. Sin embargo, el NADP^+ no es un compuesto que se halla en grandes cantidades en las células. Cuando su concentración es insuficiente para aceptar los electrones de la ferredoxina, la cadena de transporte de electrones se vuelve cíclica: como no hay un aceptor final de electrones (NADP^+), estos regresan al fotosistema I. Entonces, el flujo de electrones por la cadena de transporte libera energía suficiente para producir ATP. Pero no se producen NADPH ni oxígeno y no se da la fotoólisis del agua.

La siguiente ecuación ilustra la reacción que ocurre en la fase fotodependiente:



Ti Trabajo individual

Elabora una tabla para comparar el fotosistema I y el fotosistema II.



Secuencia de reacciones entre el fotosistema I y el fotosistema II.

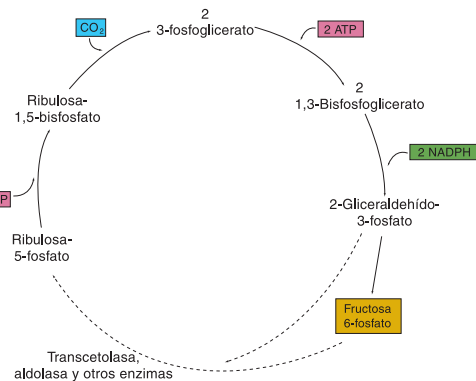
T Tarea

Responde: ¿Qué es la fototranspiración? ¿En qué organismos se presenta?

Las bacterias quimiosintéticas obtienen carbono a partir del CO_2 , pero no utilizan la luz. ¿De dónde proviene su energía para la síntesis de moléculas orgánicas? **Investiga** de qué forma se relacionan esas bacterias con los ciclos de elementos químicos como el nitrógeno y el fósforo.

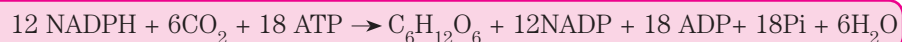
Reacciones para la fijación de carbono

Las reacciones para la fijación de carbono ocurren en el estroma del cloroplasto. Ese carbono participa en la formación de la glucosa. Son secuencias de reacciones que se agrupan en un proceso llamado **ciclo de Calvin**. Este se inicia cuando el CO_2 reacciona mediante la enzima rubisco (carboxilasa de bifosfato de ribulosa) con un compuesto fosforilado de cinco carbonos llamado bifosfato de ribulosa (RuBP). Como resultado se forma un compuesto inestable de seis carbonos que origina dos moléculas de fosfoglicerato o PGA (molécula de tres carbonos). En este punto del ciclo, el carbono que formaba el CO_2 se encuentra en una molécula o esqueleto constituido por varias moléculas de carbono. Ya que el producto de este ciclo es una molécula de tres átomos de carbono, también se denomina vía C_3 . Posteriormente el PGA se convierte mediante el ATP y el NADPH en gliceraldehído-3-fosfato (PGAL). Por cada seis moléculas de CO_2 que ingresan al ciclo se producen 12 de PGAL. De estas, dos originan los azúcares de seis carbonos, por lo general glucosa o fructuosa. Las otras moléculas de PGAL (en total 10) dan continuidad al ciclo mediante la reincorporación de RuBP. Esto se produce debido a que el PGAL produce seis moléculas de fosfato de ribulosa que posteriormente son fosforiladas para producir RuBP. Con esto se inicia de nuevo el ciclo de Calvin.



Ciclo de Calvin.

La siguiente ecuación ilustra la reacción que ocurre en el ciclo de Calvin:



Pasos de la fotosíntesis	Reactivos iniciales	Principales productos	Resumen del proceso
Reacciones dependientes de la luz	Glucosa, ADP, fósforo inorgánico (Pi), NAD^+ y ATP	Piruvato, NAHD, ATP	La luz es captada y utilizada para producir ATP, NADH y disociar el H_2O , reacciones que ocurren en las membranas del tilacoide.
Captación de energía lumínica	Luz y pigmentos	Electrones	Las moléculas de clorofila en los tilacoides son estimuladas por la luz. Liberan e^- y se inicia el gradiente electrónico.
Transporte de electrones	Electrones, NADP^+ , H_2O , moléculas aceptoras de electrones	NADPH , O_2	Los e^- son transportados por una cadena de moléculas presentes en la membrana del tilacoide. Se produce la reducción del NADP^+ y el H_2O libera protones.
Quimiosíntesis	Gradiente de protones, ADP, Pi	ATP	El gradiente de concentración de protones provoca que estos fluyan a través de la ATP sintetasa en la membrana.
Reacciones para la fijación de carbono	Bifosfato de ribulosa, CO_2 , rubisco, ATP, NADPH .	Carbohidratos, ADP, Pi, NADP^+	Fijación del carbono a través de diversas reacciones para la producción de carbohidratos.

Resumen de la fotosíntesis.

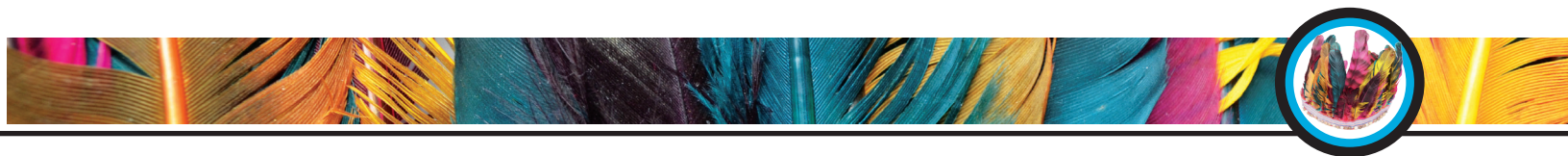
Papel biológico e importancia de la fotosíntesis

Hace 3 500 millones de años, cuando surgió la vida en la Tierra, la atmósfera primitiva carecía de oxígeno. En ese tiempo, las primeras células obtenían su energía a partir de los nutrientes que captaban del medio y que procesaban por medio de la fermentación. Después de varias etapas evolutivas, surgió un tipo de célula capaz de sintetizar sus propios nutrientes (glucosa) y de liberar oxígeno en el proceso, lo que constituyó el primer organismo fotosintético. El oxígeno comenzó a acumularse en la atmósfera. A lo largo de millones de años, las condiciones de vida cambiaron.

Investiga

La contaminación de la atmósfera provoca cambios en el ambiente, especialmente en los niveles de dióxido de carbono, que aumentan de modo alarmante. Cuando se va al campo es fundamental evitar provocar los incendios accidentales. Nunca se deben dejar fogatas mal apagadas, botellas con combustibles como gasolina o tanques de gas, ya que son agentes iniciadores de incendios. Los productos de los incendios causan mucha contaminación.

Investiga las consecuencias de un incendio forestal para las especies animales.



En conclusión, la fotosíntesis se considera el proceso «sostenedor» de la energía en los ecosistemas. De manera directa hace que los organismos autótrofos obtengan su energía; de manera indirecta permite que los heterótrofos reciban sus nutrientes. Así, la energía se incorpora por diversas vías a los ecosistemas del planeta y se produce un flujo constante a través de ellos. Esto garantiza el sostenimiento de la vida.

Factores que afectan la fotosíntesis

En términos generales el crecimiento de un organismo fotosintético depende de su capacidad para la fotosíntesis. Este proceso está regulado por compuestos como el agua, el NADP^+ y la luz. Pero existen otros factores que podrían afectar o inhibir el proceso.

Hay **factores internos** que se relacionan con las características constitutivas de la planta, incluidas todas sus condiciones anatómicas y fisiológicas. Por ejemplo, la estructura de la hoja: el contenido de clorofila y la actividad enzimática varían las tasas de fotosíntesis; el grosor de la cubierta (cutícula) y la capa epidérmica condicionan la cantidad de fotones que inciden sobre los cloroplastos; el número de estomas determina el intercambio gaseoso con el medio y, por ende, la concentración de CO_2 que ingresa al proceso de fotosíntesis. La edad y las condiciones fisiológicas influyen en el sentido de que una hoja vieja o enferma posee una menor cantidad de cloroplastos funcionales y de clorofila. Esto reduce la capacidad fotosintética.

Hay otros **factores externos** que también se denominan **factores ambientales**. Algunos de ellos tienen una influencia determinante en el proceso de fotosíntesis.

- **Temperatura:** a pesar de que existen plantas en una gran variedad de ambientes, desde regiones frías hasta tropicales, la mayoría habita en áreas cálidas. El proceso de fotosíntesis alcanza su mayor eficiencia metabólica entre los 10°C y los 35°C . Las enzimas reducen su actividad en las temperaturas extremas. Las plantas generalmente cierran sus estomas cuando la temperatura se eleva, para evitar la evaporación del agua.
- **Luz solar:** la influencia de este factor depende de su calidad, su cantidad y su duración. Esto se debe a que los pigmentos fotosintéticos son más eficientes en los rangos de longitud de onda que posee la luz solar. Se ha observado que las plantas en condiciones de sombra presentan una menor tasa de fotosíntesis que las que están bajo la incidencia directa de la luz. Sin embargo, la relación entre cantidad de luz y fotosíntesis no es directamente proporcional. Las plantas que crecen donde hay mucha luminosidad presentan un descenso drástico en la fotosíntesis. Esto se debe a que el exceso de energía lumínica satura los fotosistemas, daña los tejidos y eleva la temperatura, lo que provoca la pérdida de agua. El tiempo de exposición se asocia con las horas diarias de luz que reciben las plantas. Provoca que en los sitios de días más largos aumente la tasa de fotosíntesis.
- **Dióxido de carbono y agua:** son imprescindibles para la fotosíntesis. Su disminución puede reducir o inhibir el proceso, ya que son los reactivos iniciales. En la actualidad, existe cierta preocupación por el aumento en la concentración de gases como el CO_2 y la disminución del O_2 en la atmósfera. Este fenómeno ocurre como resultado de las actividades humanas, entre ellas la quema de combustibles fósiles, la actividad industrial y la tala descontrolada de bosques. Los efectos de esos cambios en procesos biológicos como la fotosíntesis aún no se conocen con profundidad y solo a través del tiempo se verán las consecuencias.

Tc Trabajo cooperativo

Formen parejas y **respondan** las siguientes preguntas.

- ¿De qué moléculas y compuestos se parte para iniciar el ciclo de Calvin?
- ¿Cuántas moléculas de ATP y NADPH se utilizan en la reducción del CO_2 para su incorporación a la materia orgánica?
- ¿A qué molécula orgánica se une el CO_2 para convertirse en carbono orgánico?
- ¿Cuántos NADPH y ATP son necesarios para que se forme una molécula de glucosa?



Algunas plantas se protegen del exceso de radiación solar, el cambio de la posición de sus hojas del plano horizontal al vertical reduce el exceso de radiación.

© Soritiana

I Investiga

Averigua en qué consiste el efecto invernadero. ¿Cuáles son los gases que lo producen? ¿Qué soluciones se han planteado para contrarrestar ese efecto global?

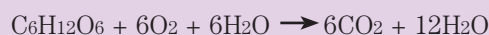
Respiración aeróbica y fotosíntesis

La fotosíntesis y la respiración aeróbica son procesos de oxidación y reducción de compuestos. Se relacionan estrechamente con la necesidad de nutrimentos en las células. Constituyen conjuntos de reacciones muy diferentes. Las ecuaciones generales de ambas vías metabólicas poseen los mismos elementos, solo que en sentido opuesto:

Ecuación general de la fotosíntesis:



Ecuación general de la respiración aeróbica:



La fotosíntesis y la respiración aeróbica no son antagónicas, sino complementarias. Ambos procesos mantienen en equilibrio las concentraciones de CO_2 y O_2 de acuerdo con las necesidades de los organismos.

	Fotosíntesis	Respiración aeróbica
Tipo de proceso metabólico	Vía anabólica	Vía catabólica
Compuestos iniciales	CO_2 y H_2O	$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ y O_2
Compuestos generados	$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ y O_2	CO_2 y H_2O
Células que intervienen	Células que poseen clorofila, como en algas, bacterias y demás plantas	Todas las células con el metabolismo activo
Organelas y sitios involucrados	Cloroplastos	Citoplasma (glucólisis), mitocondrias
Producción de energía (ATP)	Mediante la fosforilación	Fosforilación del compuesto sustrato, así como fosforilación oxidativa
Balance energético	Consume energía	Libera energía
Compuesto encargado del transporte de electrones	El NADP^+ se reduce a NADPH	El NAD^+ se reduce a NADH
Localización del gradiente de electrones	Membrana del tilacoide	En las crestas de la membrana mitocondrial
Origen de los electrones que participan en el gradiente	H_2O sufre fotólisis, libera electrones, protones y oxígeno	NADH como fuente cercana o glucosa u otro carbohidrato como fuente original
Aceptor final del gradiente de electrones	El NADP^+ se reduce a NADPH en la fosforilación cíclica	La molécula de oxígeno se reduce a H_2O

Comparación entre la fotosíntesis y la respiración celular

NOTICIAS SOBRE LA CIENCIA

El oxilito

Sucedió en Londres, en 1998...

La concentración de lipoproteínas informa sobre posibles enfermedades. Se observó, por ejemplo, que la biosíntesis del colesterol se inhibe por la presencia de este en la dieta y también por el ayuno. Diversos ensayos con animales de laboratorio comprobaron la inhibición de la biosíntesis de colesterol si se administraba oralmente. Sin embargo, este tipo de inhibición por retroalimentación no tiene efecto en las células cancerosas.

La Britain Cancer Research Campaign desarrolla un aparato, bautizado «Oxylite», capaz de medir la cantidad de oxígeno presente en los tumores. Como el oxígeno desempeña un papel clave en la biología de las células cancerosas, así como en el metabolismo del colesterol, permitirá monitorear la respuesta de un paciente a distintos tratamientos terapéuticos.

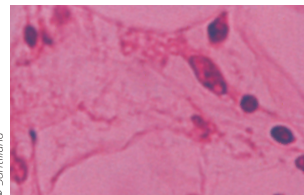
Los responsables del proyecto esperan comenzar a probarlo a fines de 1998 en pacientes de Holanda y Gran Bretaña.

Fuente: Diario *Perfil*, de Argentina, 24-5-98.

Órganos y tejidos claves en el metabolismo humano

Todas las células del cuerpo humano intervienen en actividades que requieren la producción de ATP, así como el gasto de estas moléculas. Sin embargo, existen algunos órganos y tejidos específicos de mayor importancia en el metabolismo, por la energía que consumen, por los procesos que realizan o por su influencia en la actividad de otros tejidos y órganos corporales.

Tejido adiposo: funciona principalmente como reserva energética para el organismo. Está formado por células llamadas adipocitos, las cuales poseen una alta concentración de grasas en su interior. El tejido graso está muy irrigado por pequeños vasos sanguíneos llamados capilares. En la membrana plasmática de los adipocitos se encuentran receptores para hormonas que intervienen en el metabolismo de las grasas. Esas hormonas, al entrar en contacto con las células, promueven la absorción de ácidos grasos y glicerol de la sangre. Una vez dentro de los adipocitos, los ácidos grasos y el glicerol son convertidos en triglicéridos que luego pasan a formar parte de la reserva. Un adipocito puede aumentar considerablemente de tamaño según la cantidad de grasa que acumula; la reserva de esta en su interior ocupa casi todo el citoplasma y el resto de las organelas quedan hacia la periferia de la célula.

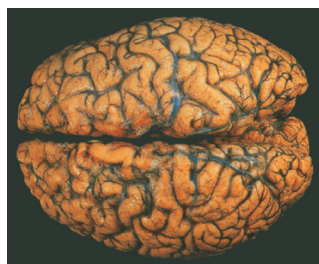


© Santillana

Las células adiposas se distinguen porque su citoplasma está ocupado por una gran cantidad de grasas.



Depósito de grasa en un vaso sanguíneo.



© Santillana

En ocasiones, la presión sanguínea disminuye y se reduce la cantidad de sangre y de nutrientes (inclusive glucosa) que llega al cerebro. Cuando este fenómeno es muy drástico, las personas pueden sufrir un desmayo o un vómito. Esta es una respuesta para garantizar el flujo de oxígeno y glucosa hacia el encéfalo.

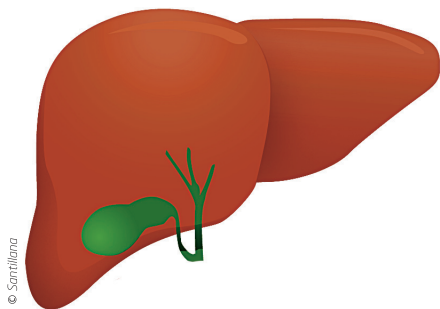
Encéfalo: se compone de billones de neuronas, las cuales se encargan de dirigir todas las funciones esenciales para la vida. Su actividad es constante; por lo tanto, requiere la producción permanente de glucosa. Esto asegura un aporte sostenido de ATP a las neuronas mediante la respiración aeróbica. Además de las funciones que ejecutan los seres vivos diariamente, el encéfalo posee los centros que controlan el lenguaje, las emociones, la memoria, las actividades cardíaca y respiratoria.

Tejido muscular: desempeña varias funciones en los organismos. Por ejemplo, soporta el esqueleto, ayuda a dar calor, ejecuta los movimientos. Los músculos están formados por fibras proteicas ordenadas regularmente. La unión y el deslizamiento entre ellas facilita la contracción muscular. La energía requerida para este movimiento es aportada por el ATP. Debido a que el funcionamiento de las células musculares es constante, estas deben catabolizar la glucosa para sintetizar continuamente ATP. El gasto de energía aumenta durante la actividad muscular. Cuando una persona realiza un ejercicio intenso, su tasa metabólica puede incrementarse en más de cuatro veces con respecto a la situación de reposo.



© Santillana

La actividad física y metabólica provocada por algunos deportes puede causar sensación de fatiga fuerte en las personas.



© Santillana

La bilis producida por el hígado está formada por agua, colesterol, sales y pigmentos biliares, entre otras sustancias. La principal función de este líquido es emulsificar los ácidos grasos y facilitar así su absorción.

Hígado: interviene en gran variedad de procesos metabólicos. En los hepatocitos se llevan a cabo funciones como la síntesis de la bilis, necesaria en el proceso de digestión; la purificación de la sangre de sustancias tóxicas y fármacos; el almacenamiento de vitaminas como A, D y B12; la producción de casi el 90 por ciento de las proteínas de la sangre; la eliminación del amoníaco al transformarlo en urea. Otra función del hígado es metabolizar los productos de la digestión, absorbidos a través de venas que vienen del intestino delgado. El resultado de los procesos metabólicos es la regulación de los niveles de glucosa y aminoácidos.

Actividades

Comprende los conceptos generales relacionados con el metabolismo celular.

1. Responde las siguientes preguntas de selección múltiple. Cada una tiene cinco alternativas (a, b, c, d y e) pero solo una es la correcta. Después, **escribe** una frase en tu cuaderno para ampliar la información de la frase correcta.

I. Respecto del ATP, es falso que...

1. es la moneda de intercambio energético celular.
 2. puede actuar como un puente que capta la energía liberada en el catabolismo y que posibilita las reacciones anabólicas.
 3. su síntesis está favorecida termodinámicamente, es decir, es una reacción exergónica.
- a. Solo 1 es correcta.
 - b. Solo 2 es correcta.
 - c. Solo 3 es correcta.
 - d. 1 y 2 son correctas.
 - e. 1, 2 y 3 son correctas.

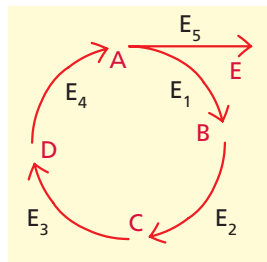
II. El catabolismo, a diferencia del anabolismo...

1. presenta reacciones de oxidación del sustrato.
 2. comprende reacciones convergentes que forman NADH.
 3. libera energía que se puede utilizar para formar ATP.
- a. 1 y 2 son correctas.
 - b. 1 y 3 son correctas.
 - c. 2 y 3 son correctas.
 - d. 1, 2 y 3 son correctas.
 - e. Ninguna de las anteriores.

III. Los procesos de glucólisis y respiración celular ocurren en una secuencia ordenada de etapas. Este hecho puede explicarse porque...

1. es una manera de controlar la cantidad de energía liberada durante las reacciones catabólicas.
 2. de lo contrario se liberaría tanta energía que las células podrían resultar dañadas.
 3. así se dispone de puntos de control del metabolismo, según los requerimientos celulares.
- a. 1 y 2 son correctas.
 - b. 1 y 3 son correctas.
 - c. 2 y 3 son correctas.
 - d. 1, 2 y 3 son correctas.
 - e. Ninguna de las anteriores.

IV. La siguiente figura representa un ciclo metabólico. Sobre la base de tu interpretación y de los conocimientos adquiridos, puede afirmarse que...



1. si por alguna causa no existe la enzima 1, se acumula A y se inhibe la producción de B, C y D.
 2. al menos una de las enzimas debe ser una enzima reguladora.
 3. si hay una gran cantidad de A, el exceso puede destinarse para aumentar la producción de E.
- a. 1 y 2 son correctas.
 - b. 1 y 3 son correctas.
 - c. 2 y 3 son correctas.
 - d. 1, 2 y 3 son correctas.
 - e. Ninguna de las anteriores.

V. Si se marcan con carbono radiactivo todos los átomos de carbono de la glucosa y esta se administra a un animal de experimentación, es posible encontrar la marca en...

1. el ATP.
 2. el NADH.
 3. cada uno de los metabolitos intermediarios producidos, como el piruvato.
- a. Solo 1.
 - b. Solo 2.
 - c. Solo 3.
 - d. 2 y 3.
 - e. 1, 2 y 3.

2. Relaciona los siguientes conceptos y **arma** una red conceptual.

- | | |
|----------------------|-------------------------|
| ✓ Glucólisis | ✓ Ciclo de Krebs |
| ✓ Alimento | ✓ Energía |
| ✓ Glucosa | ✓ Célula |
| ✓ Citoplasma | ✓ Mitocondria |
| ✓ Enzimas | ✓ ATP |
| ✓ Oxígeno | ✓ Organismos aerobios |
| ✓ Fermentación | ✓ Organismos anaerobios |
| ✓ Alcohol | ✓ Lactato |
| ✓ Dióxido de carbono | |

Analiza los procesos de anabolismo y catabolismo.

3. Responde las siguientes preguntas.

- a. ¿Qué relación existe entre nutrientes, catabolismo, glucólisis, respiración celular y ATP?
- b. ¿Por qué Leonardo da Vinci y Antoine L. de Lavoisier, entre otros, compararon con el fuego de una llama ciertos procesos de los seres vivos? ¿De qué procesos hablamos?
- c. ¿Por qué nos acaloramos cuando hacemos ejercicio físico?
- d. ¿Cómo se relacionan los reactivos de la fotosíntesis con los productos de la respiración celular?
- e. ¿Se da en los vegetales la respiración aeróbica? Las respuestas posibles pueden ser:

✓ No, porque obtienen energía directamente del Sol (fotosíntesis).

✓ Sí, igual que la mayor parte de los heterótrofos.

¿Con cuál te quedas y por qué?

f. ¿Cuál es la ventaja de que las reacciones catabólicas y anabólicas estén acopladas en las células?

g. Todos los organismos procariontes ¿realizan respiración anaeróbica? Explica.

h. La respiración anaeróbica ¿tiene un mayor rendimiento energético que la respiración aeróbica?

i. ¿Favorecen la fotosíntesis los pigmentos auxiliares de la clorofila? ¿Por qué?

j. ¿Presentan todas las células reacciones anabólicas y catabólicas? **Justifica.**

4. Analiza qué similitudes y qué diferencias presentan la fosforilación oxidativa y la etapa clara de la fotosíntesis.

Analiza de manera crítica las propiedades del colesterol y sus efectos.

5. La aterosclerosis (endurecimiento de las arterias) se produce por la insuficiencia de determinada lipoproteína. Como su nombre lo indica, esta molécula consiste en una grasa unida a una proteína. Es uno de los principales transportadores de lípidos, ya que estos no circulan solos por el plasma. La concentración de lipoproteínas en la sangre constituye una información útil para el médico interesado en prevenir diversas enfermedades provocadas por lípidos. Básicamente, se trata de «paquetes» de lípidos envueltos por proteína; a mayor densidad, menor cantidad de lípidos y mayor de proteínas.

El colesterol es insoluble en la sangre, por lo que circula junto con las moléculas de lipoproteína. Las de baja densidad, o LDL, son ricas en colesterol, mientras que las de alta densidad, o HDL, despejan la grasa de las paredes arteriales y la devuelven al hígado para su excreción.

Lipoproteínas (%lípidos-%proteína)	Origen	Metabolismo y funciones
Quilomicrones (98-2)	Intestino (así entran en la sangre las grasas de la dieta)	Se forman después de las comidas. Son los responsables del enturbiamiento de la sangre; por eso, para una extracción se requiere estar en ayunas. Transporta triglicéridos (otros lípidos).
VLDL, de muy baja densidad (95-5)	Hígado (síntesis) y un poco a través del intestino.	Se detecta aun en ayunas; transporta triglicéridos.
LDL, de baja densidad (80-20)	Hígado (síntesis a partir de VLDL)	Transporta el colesterol «malo».
HDL, de alta densidad (50-50)	Hígado (síntesis)	Transporta colesterol en menor cantidad. Limpia el colesterol «malo».

La concentración de estas lipoproteínas informa sobre posibles enfermedades. Por ejemplo, un dato pronostica-

dor de una enfermedad cardíaca es una proporción de LDL/HDL cercana al 3,6. Hay que aclarar que, más que las cantidades absolutas, son importantes las proporciones entre las lipoproteínas.

a. **Enumera** las propiedades positivas y negativas del colesterol, desde el punto de vista de la salud humana.

b. ¿Qué alimentos nos aportan colesterol y otros lípidos? ¿Qué trastornos puede originar su exceso? Entonces, ¿es bueno o malo el colesterol? **Explica.**

c. ¿Podrían evitarse esos problemas eliminándolos de la dieta y aumentando el consumo de proteínas y polisacáridos? **Argumenta.**

Aplica los conocimientos sobre el metabolismo para la resolución de problemas.

6. La radioautografía es una técnica que permite seguir una ruta metabólica. Consiste en incubar células o tejidos con algún precursor metabólico que esté marcado radiactivamente. Luego, se toman muestras de las células cada cierto intervalo de tiempo, se preparan y se observan al microscopio. **Responde.**

a. ¿Qué entiendes por precursor metabólico?

b. Si incubaran bacterias fotosintéticas con dióxido de carbono marcado con carbono-14 radiactivo, ¿dónde aparecería la marca radiactiva a lo largo del tiempo?

c. ¿Qué ocurriría si el cultivo fuera de células de Eloeia, una planta acuática angiosperma?

7. Supón que un técnico de laboratorio tiene los reactivos y la enzima correspondiente, pero no hay reacción.

a. **Enumera** los elementos y las condiciones que pueden faltar para que la reacción ocurra y se obtenga el producto.

b. ¿Por qué las reacciones del ciclo de Krebs solo pueden ocurrir dentro de la mitocondria, y no en el citoplasma, donde tuvo lugar la glucólisis? **Explica.**

8. Los organismos anaerobios obligados no solo no pueden utilizar el oxígeno sino que, en casi todos los casos, este representa para ellos un veneno potente (anaerobios estrictos). Ejemplos de ellos son las arqueobacterias de los fondos oceánicos, las bacterias desnitrificantes de suelos mal aireados —que privan a las plantas de nitratos—, las metanobacterias, las bacterias intestinales, etc. También entre ellos se incluye a muchas bacterias patógenas, como *Clostridium botulinum*, que se desarrolla en las conservas y provoca el botulismo, una intoxicación que puede ser mortal, o *Clostridium perfringens*, causante de la gangrena de las heridas.

Por otra parte, los anaerobios facultativos fermentan en ausencia de oxígeno y respiran aeróbicamente en su presencia.

Busca información sobre ejemplos de microorganismos anaerobios facultativos y anaerobios estrictos. **Responde:** ¿Cuáles son procariontes y cuáles, eucariontes? ¿Quiénes aparecieron primero en el ambiente de la Tierra primitiva: los anaerobios o los aerobios?

1. Analicen las siguientes recetas «metabólicas» y respondan las preguntas que figuran después. **Busquen** información complementaria en otros libros para ampliar sus respuestas.

I. Postre rápido (para dos o tres personas)

Tomar tres manzanas, pelarlas y cortarlas en pequeños trozos. Rociarlas con jugo de limón (o de naranja) y espolvorearlas con un poco de azúcar y de canela. Servir como ensalada de frutas.

Nota: El jugo de limón aplicado sobre las frutas peladas impide que adquieran ese desagradable color marrón porque la acidez de los cítricos evita que se produzca la reacción química que degrada la fruta y origina, entre otras cosas, el pigmento marrón.

a) ¿Qué proceso y sustancias creen que están implicados en este caso? **Expliquen**.

II. Pan casero (para todos los que tengan hambre)

Los ingredientes son: levadura de cerveza, agua, azúcar, harina, grasa y sal fina. Disolver una cucharada de levadura de cerveza en una taza de agua tibia y una cucharadita de azúcar y dejar reposar la solución unos veinte minutos. Agregar, a medio kilo de harina, una cucharadita de sal fina, y luego el agua con la levadura y el azúcar. Amasar añadiendo un poco de grasa y agua tibia y dejar reposar en un lugar templado. Luego, cortar el bollo en dos o tres partes y, nuevamente, dejar reposar ahora durante treinta minutos. Repetir el procedimiento, pero esta vez sin agregarle levadura a la masa. Por último, cocinar en el horno hasta que se dore.

b) ¿Qué diferencias encuentran entre los panes preparados con levadura y aquellos a los que no se les agregó el hongo? ¿Cuál es, entonces, la acción de la levadura en la elaboración del pan? **Expliquen**.

III. Yogur

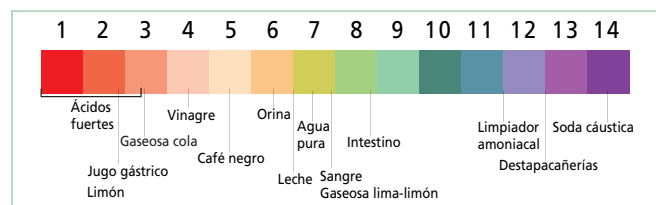
En un bol con un litro de leche entera no muy fría (preferiblemente hervida), agregar una o dos cucharadas de yogur de cualquier marca. Tapar con un repasador y dejar en un lugar tibio (el lugar ideal es arriba de la heladera). Según la temperatura, en uno o dos días se habrá hecho un litro de yogur casero, que estará listo para consumir después de pasarlo por un colador fino. Se lo puede mezclar con azúcar, miel, frutas, etcétera.

Para su conservación, pasarlo a un recipiente y mantenerlo refrigerado. A lo que queda en el colador, agregarle leche y repetir el procedimiento. Con el tiempo, en el colador irá aumentando lo que no pasa a través de él, una sustancia con aspecto de arroz con leche, que si se la presiona con una cuchara sobre el colador, deja salir más yogur.

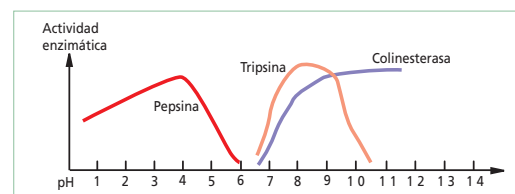
c) **Investiguen** en libros de cocina o en empresas de productos lácteos (figuran números telefónicos en los

envases) sobre la naturaleza de esa sustancia remanente. ¿Son seres vivos? Si lo son, ¿cómo los clasificarían? ¿Cuál es el intervalo de temperatura óptimo? ¿Son de una misma especie? ¿Qué tienen que ver con este capítulo? ¿Qué relación guardan con el metabolismo del esfuerzo físico en los seres humanos, por ejemplo?

2. Por ser proteínas, las enzimas son muy sensibles a los cambios de temperatura y de acidez del medio (pH). A altas temperaturas se desnaturalizan y pierden su poder catalítico de forma irreversible; mientras que a bajas temperaturas se inactivan pero pueden recuperarse de forma reversible. Por otra parte, algunas enzimas tienen mínima actividad con valores de pH ácido, y otras, cuando el pH es básico. El pH es una medida de la acidez o alcalinidad del medio. Un pH levemente ácido corresponde al agua con gotas de limón, vinagre o leche. Las gaseosas cola, por ejemplo, originalmente solo se elaboraban ácidas, hasta que se empezaron a fabricar las «7up» —«más de siete»—, denominación que luego se transformó en una marca comercial y cuyo pH es alcalino o levemente básico. La escala de pH va de **1 (muy ácido)** a **14 (muy básico)**, pasando por el pH **neutro: 7**. El pH neutro es el del agua pura. El pH de la sangre es levemente básico, el del estómago es muy ácido y el del intestino muy básico.



Sobre la base de los datos anteriores, **interpreten** los siguientes gráficos que corresponden a la influencia del pH en determinadas enzimas.



- ¿Cómo describirían el comportamiento de las enzimas representadas?
- ¿En qué valor de pH alcanza cada una el estado óptimo?
- ¿Qué sucede más allá de ese valor? Comparen con el efecto del calor.
- ¿Cómo actuarían el jugo de limón, la leche y el vinagre sobre cada enzima representada?
- Busquen** información sobre esas enzimas. ¿En qué ambientes intracelulares o extracelulares cumplen su función?
- Investiguen** sobre las características de otras enzimas del tubo digestivo. ¿Cuál es el pH en el que actúan?

El alcohol y las bebidas

Lean los textos introductorios, **realicen** las actividades y **respondan** las preguntas.

I. Bebidas alcohólicas

El alcohol de las bebidas alcohólicas es, siempre el mismo: etanol (C_2H_5OH). Entonces, ¿qué diferencia a la cerveza del vino, la sidra, el whisky, el champán, etc.? ¿Qué proceso forma el alcohol? ¿A partir de qué sustancias? Un accidente típico de las bodegas, hasta no hace mucho tiempo, era la intoxicación y/o muerte por dióxido de carbono de los empleados que limpiaban las cubas o toneles donde se hace el vino. ¿De dónde salía ese dióxido?

Si es posible, **visiten** una bodega o una industria vitivinícola (pueden visitar también una fábrica de cerveza o de vinagre) para ampliar sus respuestas.

II. Tenor alcohólico

En la etiqueta de las bebidas figura un porcentaje denominado «tenor alcohólico». Es la cantidad porcentual de alcohol con respecto a la cantidad total de bebida.

Vayan a un supermercado y **observen** envases de estos productos. **Busquen** y **comparen** ese valor en las distintas bebidas. **Comparen** también las etiquetas y la información nutricional del pan y de las distintas bebidas alcohólicas. El pan y las bebidas alcohólicas, ¿se hacen con lo mismo?

Hay personas que opinan que el alcohol no les hace mal, sino la mezcla de diferentes bebidas. Ustedes ¿qué les dirían? **Anoten** sus observaciones y comparen.

III. Adulteración de vinos

Hace algunos años hubo una intoxicación con vinos envasados, los cuales resultaron estar adulterados. **Visiten** la planta editorial de algún diario de la localidad o una biblioteca y busquen en sus archivos datos al respecto. ¿En qué consistió la adulteración? ¿Qué problemas de salud provocó? (Ayuda: durante la vigencia de la Ley Seca, en los EE.UU., pasaba lo mismo).

Estudio de la respiración en las levaduras

Objetivo

Analizar una vía metabólica mediante un cultivo de levaduras.

Materiales

Dos vasos de precipitado; un pan de levadura; agua destilada; una incubadora; una gradilla; doce tubos de ensayo; tres pipetas (de 1, 5 y 10 ml); solución de glucosa al 15%; solución de NaF 0,5 M; un marcador de vidrio; papel film; solución de ácido pícrico al 0,5%; solución de NaOH al 4%; un mechero de Bunsen, con trípode y rejilla.

Procedimiento

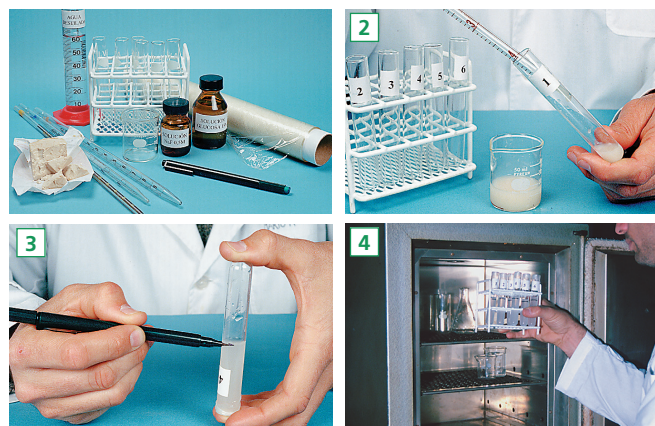
1. En el vaso de precipitado, **disuelvan** un pequeño trozo de pan de levadura en 6 ml de agua destilada. **Mantengan** la solución en la incubadora a $37^\circ C$, o **iluminen**, de modo que la fuente de luz mantenga una temperatura cercana al valor deseado.

2. Con el marcador de vidrio, **rotulen** los tubos con los números 1 al 6 y **colóquenlos** en la gradilla. Usando las diferentes pipetas, **agreguen** los siguientes reactivos:

- A los tubos 1 y 2: 2 ml de suspensión de levaduras más 2 ml de solución de glucosa y 2 ml de solución de fluoruro de sodio (NaF)
- A los tubos 3 y 4: 2 ml de suspensión de levaduras más 2 ml de solución de glucosa y 2 ml de agua destilada
- a los tubos 5 y 6: 2 ml de suspensión de levaduras más 2 ml de agua destilada y 2 ml de NaF.

3. **Tapen** los tubos con el papel film. **Tomen**, cada 10 minutos, alícuotas de 1 ml de cada tubo y **colóquenlas** en otros tubos limpios. **Pongan** los tubos en un vaso de precipitado grande con agua y **calienten** hasta la ebullición (baño de María). **Agreguen** inmediatamente con pipeta, en cada tubo, 2 ml de ácido pícrico y 0,5 ml de NaOH. **Observen** y **registren**.

4. **Incuben** los tubos a $37^\circ C$, durante 40 minutos. **Registren** sus observaciones cada 10 minutos. Completado el tiempo de incubación, **retiren** los tubos y **marquen** la posición de la burbuja.



Conclusiones

- ¿Qué vía metabólica es la estudiada? ¿Cuál es el sustrato consumido en esta vía y cómo se puede medir la liberación del producto de estas reacciones?
- ¿Para qué se reemplazan la glucosa y el fluoruro de sodio por agua? ¿Cuál es el efecto del fluoruro de sodio? ¿Sobre qué enzima de la vía metabólica se está actuando?
- Realicen** un informe que incluya los procedimientos, las observaciones y a partir de los datos obtenidos, las conclusiones finales.

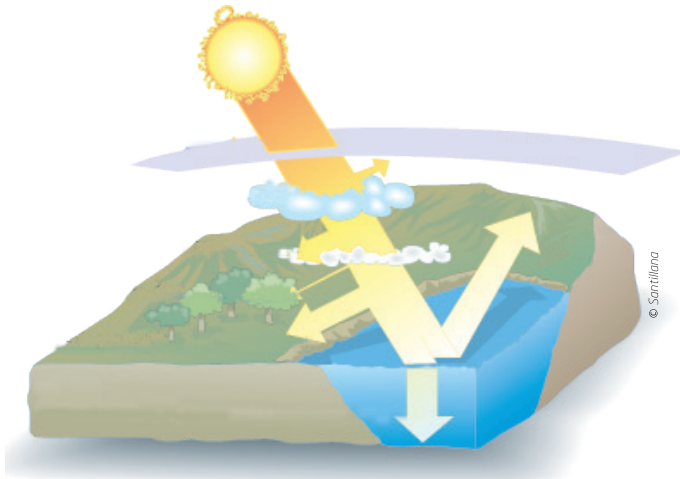
Relaciona las leyes de la termodinámica con el flujo de materia y energía celular.

0.5 puntos

1. Explica qué establece la primera y segunda ley de la termodinámica. Relaciona estas leyes con el flujo de materia y energía a nivel celular.

0.5 puntos

2. Indica los porcentajes de radiación solar absorbida y reflejada en el siguiente esquema.



Explica la importancia de la acción enzimática en las diferentes reacciones químicas que se dan en los seres vivos.

0.5 puntos

3. Define qué es una enzima.

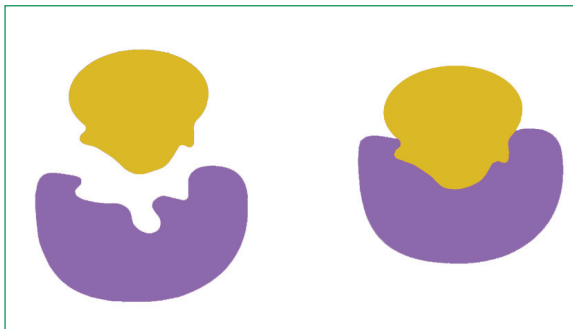
0.5 puntos

4. Explica el significado de:

- a) Complejo enzima-sustrato
- b) Centro activo de un enzima
- c) Cofactor
- d) Inhibición competitiva

1 puntos

5. Observa el esquema. Señala las partes y explica cómo se forma el complejo enzima-sustrato.



0.5 puntos

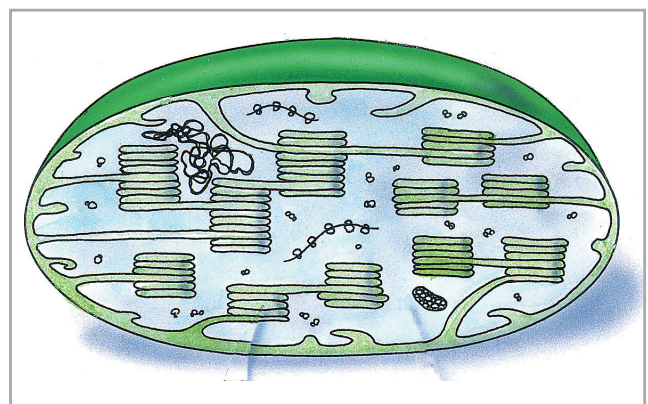
6. Haz un esquema del ciclo de Calvin. Señala los compuestos que entran y los que salen.

1 puntos

7. La velocidad de reacción de una enzima aumenta con la temperatura hasta un máximo y luego disminuye rápidamente debido a la desnaturalización de la enzima. Indica qué es la desnaturalización de la enzima y qué otros factores influyen en la velocidad de reacción de una enzima.

0.5 puntos

8. Observa el dibujo del cloroplasto. Señala sus partes e indica dónde se llevan a cabo las fases de la fotosíntesis.

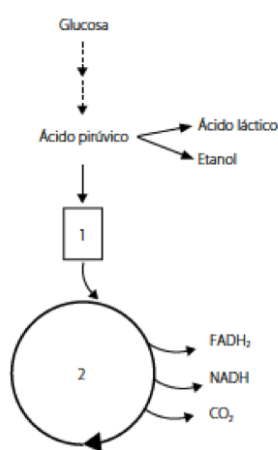




0.5 puntos 9. Enumera y explica brevemente los factores que influyen en el proceso fotosintético.

Describe el proceso de respiración celular como el mecanismo universal para la obtención de energía biológica de la célula.

1 punto 10. Observa esta figura y luego responde las preguntas.



- ¿Qué vía metabólica comprende el conjunto de reacciones que transforman la glucosa en ácido pirúvico?
- ¿Y las que transforman el ácido pirúvico en ácido láctico?
- ¿Y las que transforman el ácido pirúvico en etanol?
- Indica** el nombre de la molécula señalada con el número 1 y el de la vía metabólica señalada con el número 2.
- Explica** razonadamente cuál de los tres destinos del ácido pirúvico será más rentable para la célula desde el punto de vista de la obtención de energía.
- Indica** el destino del CO_2 , FADH_2 y NADH .

1 punto 11. Respecto al ciclo de Krebs, indica:

- En qué organelo celular y en qué parte tiene lugar.
- El origen del acetil-CoA que entra en el ciclo.
- El destino metabólico de los productos que se originan.

0.5 puntos 12. Explica qué es la glucólisis y dónde ocurre dentro de la célula.

0.5 puntos 13. Dibuja un esquema del organelo donde se produce la cadena electrónica y la fosforilación oxidativa, indicando sus componentes principales y la localización de dicho proceso metabólico.

0.5 puntos 14. Elabora una tabla comparativa de la respiración celular aerobia y anaerobia.

Reconoce a los organismos productores y consumidores como parte del flujo de materia y energía en la naturaleza.

0.5 puntos 15. Explica el rol de los productores y consumidores en el flujo de materia y energía en los ecosistemas.

Coevaluación

Formen grupos y **elaboren** un cuadro comparativo para establecer semejanzas y diferencias entre la fotosíntesis y la respiración celular.

Autoevaluación (Metacognición)

- ¿Cuáles temas o conceptos has comprendido?
- ¿Cuáles requieren de un refuerzo o explicación adicional?
- ¿Cuáles de los temas tratados en este bloque han llamado más tu atención y por qué?

Educación en principios y valores básicos para la convivencia armónica.

Cuando el hombre desafía a la entropía

© Archivo Corel



Los químicos orgánicos libran una batalla contra la segunda ley de la termodinámica en el laboratorio. Su trabajo se basa en la síntesis de nuevos compuestos químicos, contrarrestando la tendencia a la entropía.

La síntesis química es sin lugar a dudas, un acto creativo pero conlleva riesgos.

Un ejemplo de esto fue la síntesis (hace más de 50 años) de un fármaco que funcionaba como sedante y calmante durante los primeros meses de embarazo. Si bien cumplió su objetivo, nadie imaginó los efectos teratogénicos (malformaciones) que finalmente causaría en los bebés.

Actualmente, se intenta poner máximo cuidado con los efectos secundarios que podrían llegar a causar las drogas sintetizadas en el laboratorio, mediante varias pruebas.

Ahora bien, la síntesis orgánica no solo se utiliza en la producción de nuevos fármacos; también se aplica —y cada vez más— en la producción de nuevos materiales. Un claro ejemplo de ello es la síntesis de un novedoso pegamento

en el cual algunos reptiles y moluscos bivalvos son los protagonistas. Los gecos son pequeños reptiles pertenecientes a la familia Gekkonidae que tienen almohadillas plantales con las que se adhieren y trepan por las paredes; pero tienen un inconveniente: cuando se mojan las patas pierden su capacidad de adherencia. Los bivalvos como los mejillones, en cambio, viven adheridos a rocas marinas y no pierden su adherencia a pesar de estar en contacto con el agua.

Científicos de la Northwestern University, Illinois, combinaron las capacidades de adhesión de ambas especies, creando un nuevo material adhesivo denominado geckel. Este pegamento, que puede emplearse en cualquier superficie, tanto en ambientes secos como bajo el agua, podría tener varias aplicaciones en la medicina y en la industria.

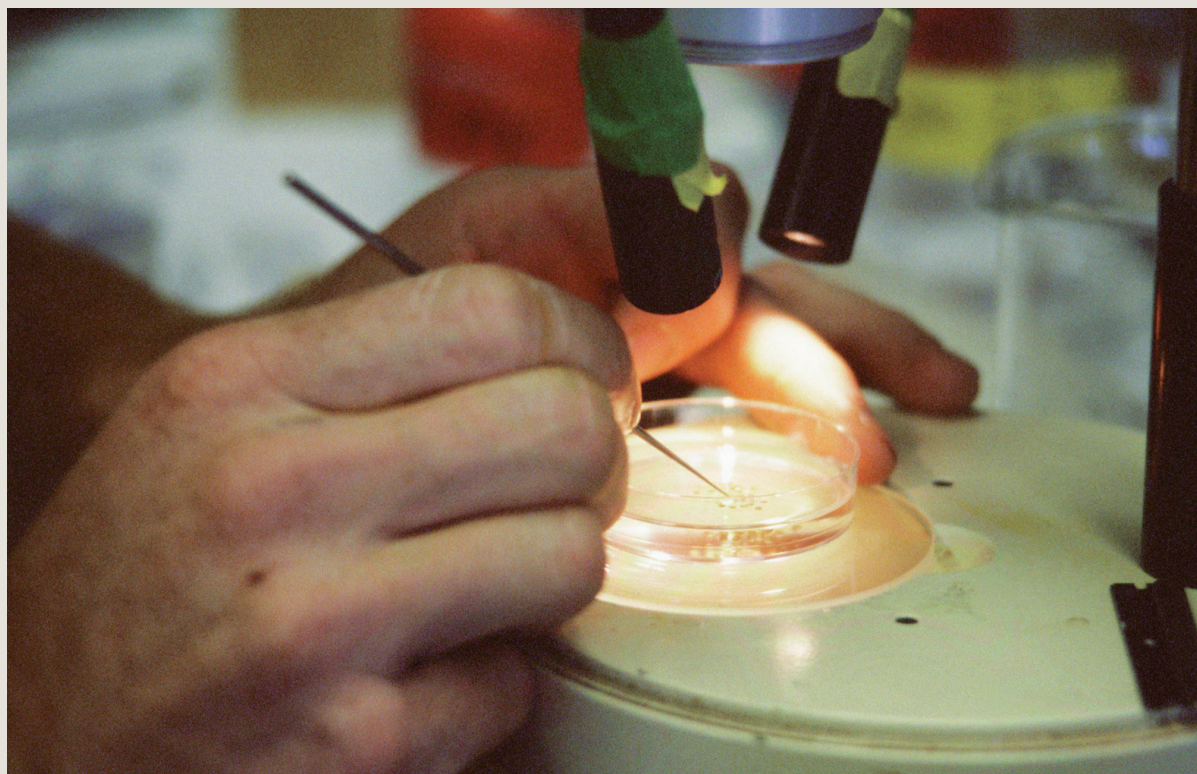
Roald Hoffman, premio Nobel de Química (1981) sostenía que la química es un arte pero que esta ciencia ha causado «daños y beneficios», permitiendo fabricar medicamentos tan importantes como la penicilina y, a su vez, crear compuestos lo suficientemente tóxicos como para destruir el medio ambiente.

Actividades

1. ¿A qué se refieren los científicos cuando dicen que el objetivo de su trabajo consiste en contrarrestar a la entropía? **Expliquen.**
2. **Expliquen** qué orígenes pueden tener los compuestos sintetizados en el laboratorio.
3. **Investiguen** cuál es la labor de los químicos orgánicos en nuestro país, dónde trabajan y cómo se relaciona su profesión con otras áreas de la ciencia.



La ética científica



© Santillana

Diariamente tomamos decisiones que influyen en nuestra salud o en el bienestar. La elección de los alimentos o medicamentos que consumimos está relacionada con la información que recibimos sobre sus cualidades o atributos.

Seguramente has notado cómo las campañas publicitarias resaltan la calidad de su producto apoyadas en investigaciones científicas. Esto es así porque la sociedad confía en los científicos. Los consideramos personas capacitadas e interesadas en buscar la verdad. Pero, ¿qué sucedería si un científico altera los resultados de su investigación para su beneficio?

Al confiar en los resultados su trabajo, las demás personas podrían consumir productos que resultaran perjudiciales para su salud o comprar artefactos poco seguros. De igual

forma, los nuevos descubrimientos pueden ser utilizados para el bienestar de la humanidad o no. Un ejemplo de cómo la ciencia puede estar al servicio de la sociedad es la aplicación de los conocimientos genéticos en la agricultura para producir variedades de plantas más resistentes a las plagas o a las sequías. Sin embargo, estos mismos conocimientos empleados de manera irresponsable pueden ayudar a la construcción de virus o bacterias mortales para ser usadas como armas biológicas en las guerras.

La ética es el conjunto de normas de comportamiento que aseguran una armonía entre la práctica de una disciplina y el bienestar común. La ética científica plantea preguntas sobre cómo usar adecuadamente el conocimiento y las nuevas invenciones para beneficio de la sociedad.

Actividades

1. **Opina** por qué es importante que las investigaciones científicas se manejen con ética.
2. **Responde:** ¿En qué otros aspectos de tu vida crees que es importante la ética?
3. **Analiza** en clase las responsabilidades de las siguientes personas: productores, comerciantes, autoridades encargadas de hacer cumplir las leyes y normas, consumidores.

Evaluación del primer quimestre

¿Cómo obtienen energía los seres vivos?

Los seres vivos se caracterizan por cuatro rasgos: la materia que los forma, la energía que les permite vivir, la organización estructural y funcional, y los mecanismos de regulación que controlan sus procesos.

Todos ellos obtienen energía por medio de dos vías. Los autótrofos almacenan energía química en las moléculas de glúcidos que construyen ellos mismos al transformar la energía de la radiación solar en energía química. Esto provee energía para realizar un trabajo y carbono para construir las macromoléculas que constituyen al ser. Gracias a este proceso de biosíntesis, los autótrofos hacen suficiente alimento como para todos los seres vivos del planeta que dependen de ellos: los heterótrofos. Los heterótrofos no pueden elaborar su propio alimento, por lo que deben ingerirlo. Si las plantas, algas y bacterias fotosintéticas desaparecieran de la Tierra, los animales, los hongos y otros heterótrofos desaparecerían enseguida. Así, la vida requiere un constante flujo de energía.

Relaciona las leyes de la termodinámica con el flujo de materia y energía celular.

- 0.5 puntos** 1. Explica qué establecen la primera y la segunda ley de la termodinámica.

- a. Primera ley de la termodinámica:
- b. Segunda ley de la termodinámica:

Ejemplifica cómo estas leyes se relacionan con el flujo de materia y energía al nivel celular del que se habla en el texto introductorio.

Explica la importancia de la acción enzimática en las diferentes reacciones químicas que se dan en los seres vivos.

- 0.5 puntos** 2. Se menciona que una de las características de los seres vivos es que cuentan con los mecanismos de regulación que controlan sus procesos. **Identifica** uno de estos mecanismos que los seres vivos tienen para regular la fotosíntesis y la respiración celular. **Describe** el proceso de regulación en un cuadro similar al del modelo.

Proceso celular	a. Mecanismo de regulación	b. Descripción del mecanismo de regulación
Fotosíntesis		
Respiración celular		

- 0.5 puntos** 3. **Deduce** qué pasaría si por algún motivo las enzimas específicas que intervienen en los procesos de fotosíntesis y respiración celular no pudiesen realizar su trabajo.



Las reacciones que se llevan a cabo en el interior de las células (y que constituyen su metabolismo) están encaminadas a realizar procesos complementarios. Unas moléculas se deshacen para obtener energía y otras se construyen gracias a moléculas más simples. Todo se está transformando constantemente en las células y la energía que se desprende al oxidarse la glucosa durante la respiración celular se almacena en forma de ATP.

Explica el reciclaje del oxígeno y la fotosíntesis como el proceso anabólico en el que se almacena energía en forma de alimento.

- 0.5 puntos** 4. El conjunto de reacciones químicas que se producen en el interior de una célula conduce a la transformación de unas moléculas en otras. Algunas reacciones requieren de un aporte de energía, mientras que otras la liberan.
- a. **Selecciona** un proceso anabólico trabajado a lo largo de este bloque e **indica** cómo se logra almacenar energía en forma de enlaces químicos.
 - b. **Selecciona** un proceso catabólico trabajado a lo largo de este bloque y **describe** cómo se logra obtener energía.

Relaciona las leyes de la termodinámica con el flujo de materia y energía celular.

- 0.5 puntos** 5. A partir de los dos procesos seleccionados en la pregunta anterior, **elabora** un diagrama que permita apreciar cómo los organismos productores y consumidores intervienen en dichos procesos y forman parte del flujo de materia y energía en la naturaleza.
- 0.5 puntos** 6. **Infiere** qué pasaría si los productores o los consumidores no formaran parte de la Tierra.

¿De qué estamos hechos y cómo funcionamos?

Las células, tejidos y organismos tienen como base estructural miles de moléculas cuyo comportamiento no obedece otras leyes que las generales de la física y de la química. Una de las interrogantes más estudiadas por parte de las ciencias exactas es cómo funcionan las células. Como unidades de los seres vivos que son, su conocimiento resulta esencial para entender cómo trabajan los tejidos, los órganos y los sistemas. La agregación de células les confiere propiedades adicionales, que no modifican sus propiedades originales, pues sus funciones básicas siguen siendo las mismas: nutrición, relación y reproducción. Por lo tanto, no importa lo complejo que sea este organismo multicelular, continúa basando su funcionamiento en el de cada una de sus células.

En el pasado, los biólogos buscaban claves para entender a los organismos vivos mediante el estudio de los órganos, tejidos y cultivos de células. Gracias al uso de microscopios más poderosos y técnicas más sofisticadas para el análisis químico, los biólogos se pueden enfocar en elementos más pequeños de los seres vivos: los organelos de células individuales y sus funciones, como la división de las células, por ejemplo.

De manera independiente, a partir de los primeros años del siglo pasado, comenzó también el estudio de la composición química de los organismos vivos. Con cierta rapidez, se llegó a definir un enorme número de compuestos de todo tipo y complejidades que se podían aislar de los organismos vivos; se generó así una vasta área del conocimiento humano, la llamada *química orgánica*. Gracias a ella se conoce ahora que los materiales conocidos en el planeta están hechos de una combinación de elementos, cada uno con características irrepetibles. La parte más pequeña de un elemento es el átomo que le otorga cualidades específicas.

Los bioelementos se unen para formar las biomoléculas como las proteínas, glúcidos, lípidos y ácidos nucleicos. Estos representan aproximadamente el 30% de la composición química de los seres vivos. El 70% restante lo constituye el agua. Las propiedades especiales de las biomoléculas es lo que distingue a los cuerpos vivos de los objetos inanimados ya que, en los seres vivos, las moléculas se ordenan de una forma particular e interactúan entre sí para organizar la estructura celular. Así como las células son los ladrillos con los que se construyen los tejidos y los organismos, las biomoléculas son los bloques que edifican las células.

Establece relación de los bioelementos y biomoléculas con su función biológica en la célula, reconociendo sus unidades constituyentes.

0.5 puntos

7. **Elabora** un organizador gráfico que explique la composición de la materia en cuanto a bioelementos (primarios, secundarios y oligoelementos) y biomoléculas (orgánicas e inorgánicas).

Describe las funciones de respiración, reproducción celular y relación

0.5 puntos

8. Se dice que la célula es la unidad funcional de todo ser vivo. **Identifica** las funciones que esta lleva a cabo y **describe** cada una de ellas.

Función	Descripción

Explica las razones por las cuales el agua es fundamental en los procesos celulares.

0.5 puntos

9. Se dice que la célula es la unidad funcional de todo ser vivo. **Identifica** las funciones que esta lleva a cabo y **describe** cada una de ellas.

Función	Organelo(s) celular(es)	Molécula(s)

Explica las razones por las cuales el agua es fundamental en los procesos celulares.

0.5 puntos

10. En la lectura, se indica que el agua constituye el componente principal de la estructura celular de los seres vivos.
- Menciona** tres procesos celulares en los cuales intervenga el agua.
 - Explica** con argumentos por qué el agua es indispensable en los procesos celulares.

Coevaluación

Formen grupos de 4 estudiantes. **Seleccionen** una de las siguientes funciones: transporte a través de la membrana, mitosis o meiosis. **Elaboren** una maqueta para explicar la función celular seleccionada.

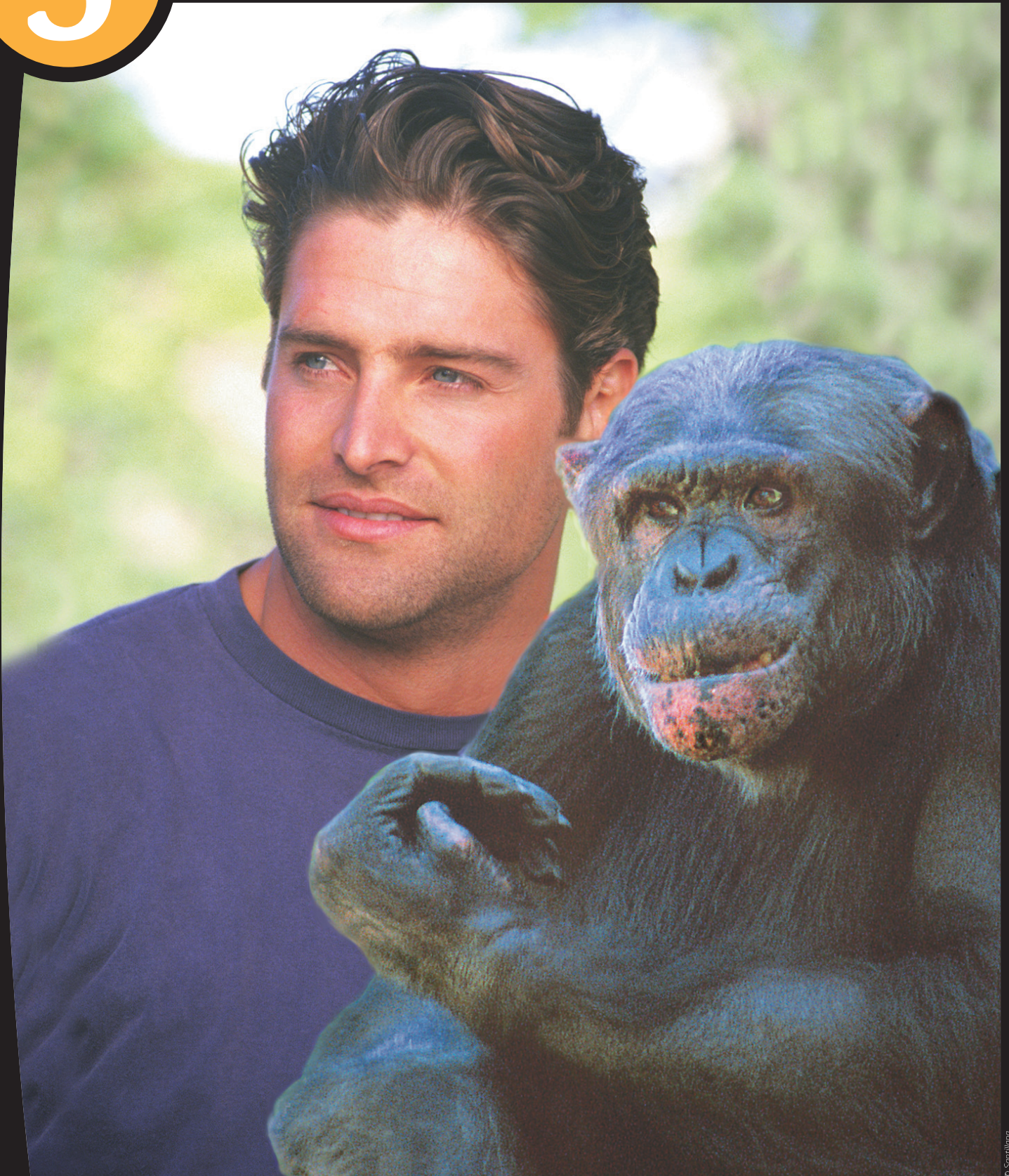
Autoevaluación (Metacognición)

- ¿Cuál es la importancia del agua en tu vida?
- ¿Por qué es necesario conocer sobre los bioelementos y biomoléculas que forman tu cuerpo?
- ¿Qué relación tiene la célula con el funcionamiento de tu organismo?

Bloque

3

Relación entre estructuras y funciones



© Samlana



© Samillana



© Samillana

Antes de empezar

Observa la imagen y **contesta**.

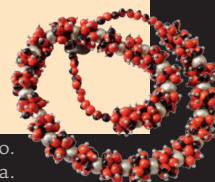
- ¿Qué tienen en común las dos especies?
- ¿Cómo obtienen la energía necesaria para cumplir sus funciones vitales?

Bajo una visión sistemática, el cuerpo humano, como los cuerpos de los animales, está organizado en diferentes niveles según una jerarquía. Está compuesto de aparatos, los cuales integran sistemas, que a su vez están compuestos por órganos, que están compuestos por tejidos, que están formados por células, que están formados por moléculas, etc.

Todos los sistemas que componen el cuerpo de un organismo están integrados y trabajan de manera conjunta. Así, por ejemplo, para realizar las funciones vitales necesitamos energía, la cual la obtenemos de la glucosa. El sistema digestivo se encarga de degradar los alimentos en glucosa para que el oxígeno, provisto por el sistema respiratorio, genere energía. Quien se encarga de repartir los nutrientes y el oxígeno a las células es el sistema circulatorio y los productos de desecho son excretados gracias al sistema excretor. Todo esto está coordinado por el sistema nervioso y el sistema endócrino para mantener la homeostasis.

Objetivos educativos

- Establece la relación entre procesos vitales desde el análisis de los sistemas de vida para llegar a comprender que la homeostasis es un proceso de regulación y equilibrio dinámico.
- Realizar cuestionamientos de las causas y consecuencias del quehacer científico, aplicando pensamiento crítico – reflexivo en sus argumentaciones.
- Utilizar habilidades de indagación científica de forma sistemática en la resolución de problemas
- Integrar conocimientos de la biología a diferentes situaciones de su vida cotidiana que le permita mantener una buena calidad de vida.
- Mantener principios éticos con respecto al desarrollo científico y tecnológico, como evidencia de lo aprendido hacia el desarrollo del Buen Vivir.
- Ser un ciudadano proactivo, consciente de la necesidad de conservar la naturaleza como heredad para el futuro del planeta.



Collar de semillas de huairuro.
Artesanía de los pueblos indígenas de la Amazonía.

Unidad 3.1

Desarrollo y crecimiento

Destreza con criterio de desempeño:

Describir el desarrollo embrionario en función de la especialización celular y la organogénesis desde la observación de videos, gráficos, imágenes multimedia y la comparación entre organismos pluricelulares.



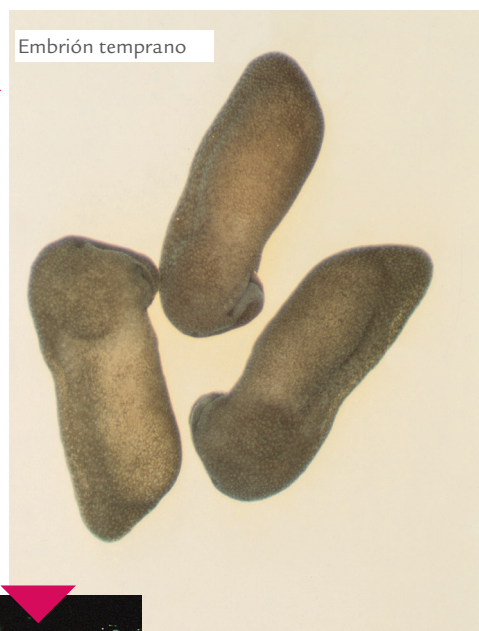
© Santillana

Un hecho que asombra a los científicos es el origen, a partir de una única célula, de embriones de dos, cuatro y ocho células, sucesivamente, hasta llegar a constituir los individuos adultos.

El desafío actual de la embriología, o biología del desarrollo, es averiguar cómo, a medida que las células se multiplican, estas se van diferenciando y forman las distintas partes del organismo.



Mórula, cigoto en desarrollo



Embrión temprano



Larva (renacuajo)



Adulto

Estadios embrionarios de un anfibio hasta llegar a adulto.

© Santillana



para entrar en **tema**

Autodestrucción celular

¿Sabían que, mientras están leyendo estas líneas, sus células mueren de a millones? ¡No se asusten! La mayoría lo hace para que sigamos viviendo...

Investigaciones recientes indican que el desarrollo normal y el estado de salud de todos los seres vivos pluricelulares, incluido el ser humano, dependen no solo de la producción de nuevas células, sino de que estas puedan «autodestruirse» en el momento indicado. Este proceso crítico, conocido como apoptosis (del griego *apó*, 'fuera de', y *ptosis*, 'caída'), también llamado «muerte celular programada», hasta hace poco tiempo pasó inadvertido para los científicos.

Quienes investigaban el desarrollo embrionario en la primera mitad del siglo XX se percataron de que la muerte celular no era necesariamente «mala» y que, en algunas ocasiones, hasta era imprescindible. Durante la metamorfosis de la rana, por ejemplo, la apoptosis es necesaria para que el renacuajo pierda su cola, para que así aparezcan patas y pase de esta forma a un estadio adulto terrestre.

En relación con este tema, una investigación llevada a cabo por un grupo de científicos argentinos de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires aporta nuevos datos. Este grupo publicó en la prestigiosa revista inglesa *Oncogene*, en mayo de 2006, su trabajo sobre el control del ciclo celular. Sus investigaciones están centradas en una molécula especial, la que intervendría en la reparación del ADN

mutado, es decir, en el ADN que «ha cambiado» y, como producto de esta mutación, las células comienzan a dividirse en forma descontrolada. Ahora bien, cuando el ADN ha sido dañado gravemente, lo mejor para esa célula es el «suicidio programado» o apoptosis. Sin embargo, este grupo de científicos, liderado por el doctor Eduardo Cánepa, sostiene que en presencia de la proteína p19, las células expuestas a agentes mutágenos (como las radiaciones) no solo reparan de manera más eficiente el ADN dañado, sino que también hacen menos apoptosis.

Recordemos que no podemos calificar al mecanismo de apoptosis como «bueno» o «malo»: todo depende de la célula en la que se lleve a cabo. Si las células que mueren son propensas a desarrollar un tumor, esto es bueno; pero, si se trata de neuronas, no lo es. Según palabras del doctor Cánepa: «Quizás, el hecho de que la p19 se encuentre en abundancia en el tejido nervioso se deba a que en ellas no es bueno que haya apoptosis».

Haber identificado a la proteína p19 como una de las responsables de regular el ciclo celular, de que pueda reparar al ADN dañado y de que sea capaz de evitar la apoptosis, abre enormes expectativas en el estudio de las terapias antitumorales y de las enfermedades neurodegenerativas. El doctor en biología Alberto Kornblitt, investigador del Conicet, opina: «Este trabajo constituye una nueva vuelta de tuerca al conocimiento del control del ciclo celular, tan importante en las opciones que se le presentan a nuestras células: no dividirse, dividirse reguladamente, dividirse descontroladamente (cáncer) o morir (apoptosis)». Según este científico, lo más interesante del estudio de la proteína p19 es que no solo permitirá conocer los mecanismos que tienen las células para evitar el cáncer sino también en prevenir específicamente la muerte de neuronas.

Fuente:
http://www.fcen.uba.ar/prensa/noticias/2006/noticias_26abr_2006.html
[Consultado en junio de 2009].



Para poder crecer, el saltamontes pasa por varias mudas, en las cuales se desprende del rígido exoesqueleto. Cada muda representa la muerte programada de células.

Análisis del trabajo científico

1. **Averigüen** en qué difiere el proceso de necrosis celular con el de apoptosis. **Citen** ejemplos de situaciones donde hay células que se necrosan.
2. ¿Por qué ocurre la muerte celular durante el desarrollo embrionario? **Busquen** ejemplos, en otros animales, además de la rana, de órganos que se atrofien o se pierdan desde los estadios embrionarios hasta la adultez.
3. **Analicen**, de acuerdo con el texto, cómo influye la alteración de la apoptosis con el mantenimiento de la homeostasis del organismo, y cómo se vincula con el desarrollo de tumores.

La embriología: biología del desarrollo

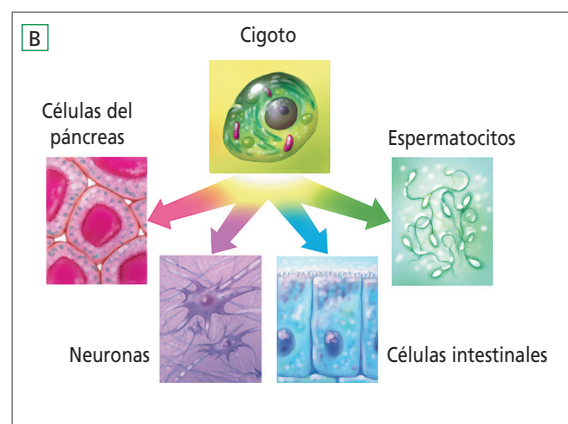
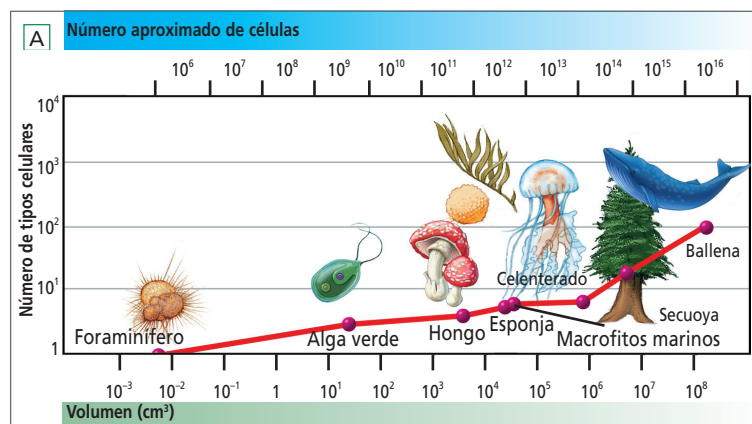
Es común confundir los términos «crecimiento» y «desarrollo», pero si los buscan en un diccionario especializado, verán que tienen significados muy diferentes.

- El término **crecimiento** alude a la multiplicación celular (aumento del número de células en los organismos pluricelulares) o al aumento de tamaño de estas (único proceso en los organismos unicelulares), lo que determina el incremento de la masa corporal del embrión hasta llegar a adulto.
- El término **desarrollo**, en cambio, se aplica para describir los procesos de morfogénesis («creación de la forma») y de diferenciación que experimenta el embrión hasta alcanzar el estadio adulto. También los procesos que originan los tejidos y los órganos.

En las ilustraciones se muestran estos procesos. ¿Qué relación existe entre el tamaño del organismo, su número de células y la cantidad de tipos celulares(gráfico **A**)? ¿Qué proceso está ilustrado en el esquema **B**?

T Tarea

El desarrollo del animal hasta que llega a su estado adulto consta de dos períodos, uno embrionario y otro postembrionario. El conjunto de ambos se llama ontogénesis. **Busca** información sobre estos dos períodos y **elabora** una síntesis.



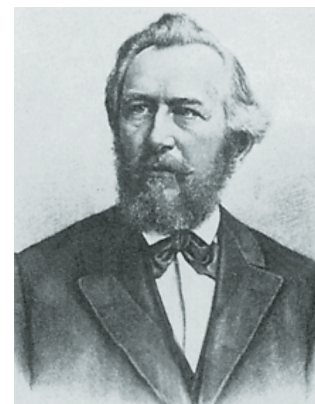
Todo comienza cuando un gameto masculino se une con uno femenino y se forma la **célula huevo**, o **cigoto**. Esta célula experimentará sucesivas divisiones mitóticas, que culminarán en la formación de un nuevo ser.

La **embriología** tiene como objeto de estudio todos los procesos implicados en la transformación de una célula huevo en un individuo adulto, la diferenciación de las células en tejidos, así como el envejecimiento y la muerte celulares.

Hasta mediados del siglo XVIII, se creía que las semillas, los huevos, el polen y el espermatozoides contenían «organismos en miniatura», que se limitaban a desarrollarse y crecer. En el año 1830, gracias a las investigaciones del biólogo alemán Karl Ernst von Baer (1792-1876), nació la ciencia de la embriología. Este científico determinó claramente que para establecer las relaciones de parentesco entre los animales lo más adecuado era comparar unos embriones con otros y no las estructuras de los adultos.

Años después, el destacado biólogo alemán Ernst Heinrich Haeckel (1834-1919) defendió, en sus estudios embriológicos, las ideas evolucionistas de Darwin. Sobre la base de la comparación de los embriones de distintos organismos, elaboró la teoría de la recapitulación, que sostiene que la ontogenia (del griego *ontos*, 'el ser', y *généneia*, 'nacimiento, proceso de formación; el desarrollo embrionario de los individuos') recapitula o repite su filogenia.

Hoy se sabe que esto no es completamente cierto y que más bien debería afirmarse que los embriones de un grupo más evolucionado presentan en su desarrollo etapas simplificadas de grupos más antiguos.



Ernst H. Haeckel.

© Santillana



La segmentación

En los animales pluricelulares, el desarrollo embrionario es un proceso que transcurre en una serie de etapas sucesivas, fácilmente diferenciables por el número de tipos celulares distintos que pueden encontrarse en cada momento.

1. La célula original —generalmente, el cigoto—, provisto de cierta cantidad de vitelo, inicia su desarrollo mediante una segmentación, división mitótica gracias a la cual se multiplica repetidas veces nutriéndose a partir de sus propias reservas. La primera línea de segmentación aparece como un surco longitudinal, que se extiende desde el polo animal (zona que presenta la mayor actividad metabólica y en la que se halla el núcleo) hasta el polo vegetativo (zona que cuenta con la mayor concentración de vitelo), y divide la célula en dos mitades iguales: los dos primeros blastómeros (del griego *blastós*, 'germen', y *méros*, 'parte').
2. La segmentación continúa y se forman cuatro blastómeros, ocho blastómeros, etc., hasta llegar a constituir una «pelota» maciza, que recibe el nombre de mórula (del latín *morula*, 'diminutivo de mora'), formada por muchos blastómeros.
3. A continuación, en la mórula tiene lugar una fase de reorganización celular: las células del polo animal migran y determinan la formación de una cavidad hueca llena de líquido, la blástula, rodeada por una o varias capas de células, el blastodermo. La formación de la blástula señala el final de la segmentación.

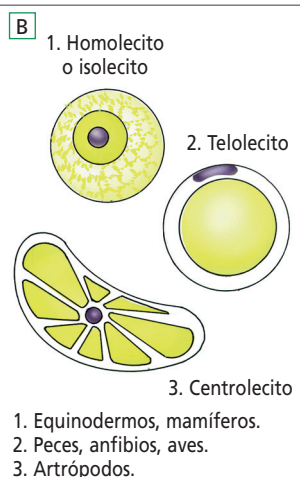
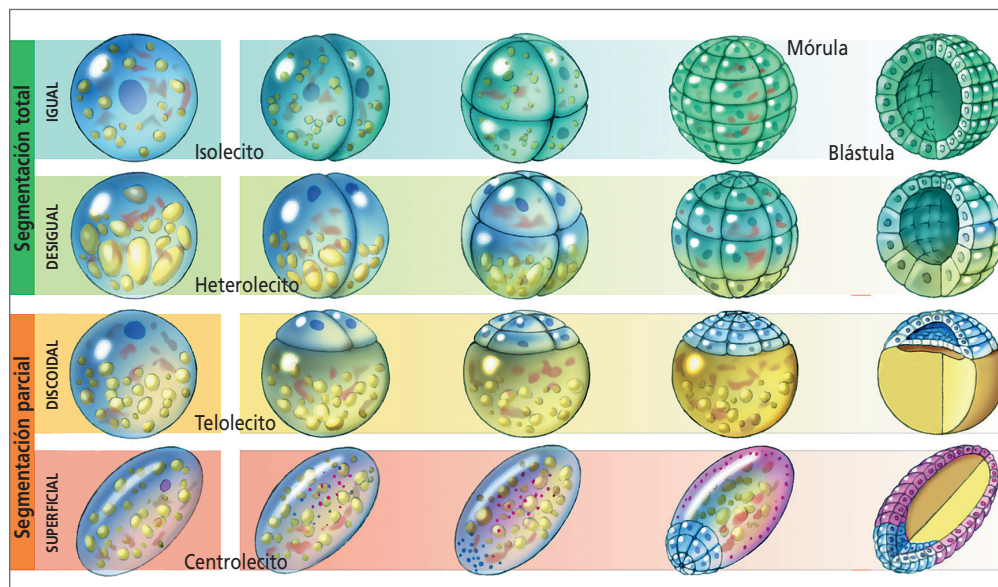
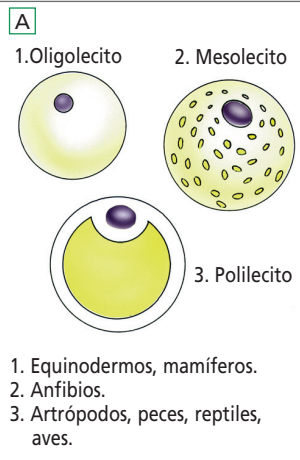
La segmentación del huevo no se produce al azar, sino que depende de la cantidad y la localización del vitelo.

Cuando el vitelo es abundante (**polilecito**), la segmentación tiende a retrasarse e, incluso, a inhibirse en la región en que está concentrada. Cuando el vitelo es escaso o casi nulo, se habla de **mesolecitos** y **oligolecitos**, respectivamente. En cuanto a la distribución del vitelo en el huevo, esta puede ser uniforme (en los **homolecitos** o **isolecitos**); más concentrada en una mitad (en los **heterolecitos**); presentarse solo en el polo inferior —ya que el vitelo forma casi un 95% del cigoto— (en los **telolecitos**), o rodear el núcleo (en los **centrolecitos**). Estas características de distribución determinarán el tipo de segmentación que tendrá lugar en cada caso.

En la siguiente ilustración se muestran los distintos tipos de huevo y de segmentación correspondientes a diversos animales.

Glosario

vitelo. (del latín *vite-llum*, 'yema de huevo'). Depósito de sustancias nutritivas que brindan alimento al embrión en desarrollo.



A: Tipos de huevo según la cantidad de vitelo. **B:** Tipos de huevo según la distribución del vitelo.

La morfogénesis y la diferenciación

En embriología suelen utilizarse frases como las siguientes: «Los primeros estadios del desarrollo embrionario de los vertebrados son muy similares». «Se estudió el desarrollo embrionario de una aleta de ballena». ¿Qué significado tienen estas frases? ¿Es posible seguir el desarrollo de las diferentes estructuras corporales de distintos animales y compararlas?

Si continuamos analizando el desarrollo a partir de la blástula, veremos que esta se invagina y se convierte en un saco de pared doble, denominado **gástrula**.

Se llama **morfogénesis** a la combinación de movimientos celulares —que reciben en conjunto el nombre de **gastrulación**— que provocan un cambio de forma en el embrión.

El embrión queda así constituido por dos capas de células (**capas germinales** u **hojas embrionarias**): una externa, o **ectodermo**, y otra interna, o **endodermo**. La cavidad interna, el **gastrocele**, se comunica con el exterior y cumple el papel de intestino primitivo, denominado **arquenterón**. La abertura embrionaria recibe el nombre de **blastoporo**. El blastoporo da origen a dos estructuras: la boca y el ano.

- Cuando el blastoporo origina la boca primaria de los organismos, se dice que estos son **protostomados**. Tal el caso de los moluscos, los anélidos y los artrópodos.
- Cuando el blastoporo da lugar al ano, y la boca se forma en otro lugar, se habla de **deuterostomados** («boca secundaria»). Tal el caso de los equinodermos y los cordados.

Al finalizar el proceso de gastrulación, se origina la tercera hoja embrionaria de los animales bilaterales: el **mesodermo**. Se dice, entonces, que el embrión es **triploblástico**, porque presenta tres capas germinales. Al reagruparse las células del mesodermo se forma una cavidad general del cuerpo, denominada **celoma**.

Los organismos **diploblásticos**, como los cnidarios (medusas y anémonas de mar), caracterizados por una simetría radial primaria, carecen de mesodermo.

El celoma de los animales triploblásticos se origina de dos maneras diferentes:

- En los protostomados, por «ruptura» o «fragmentación», y se lo denomina **esquizo-celoma**.
- En los deuterostomados, por una evaginación del arquenterón (el mesodermo y el celoma se forman simultáneamente) y se lo llama **enteroceloma**.

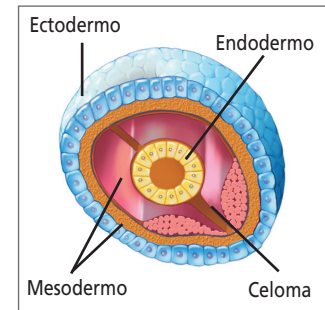
El siguiente paso en la formación del embrión es la **diferenciación**.

La diferenciación es la etapa en que los blastómeros adoptan la estructura y la función que se mantendrán, de manera irreversible, en el estadio adulto.

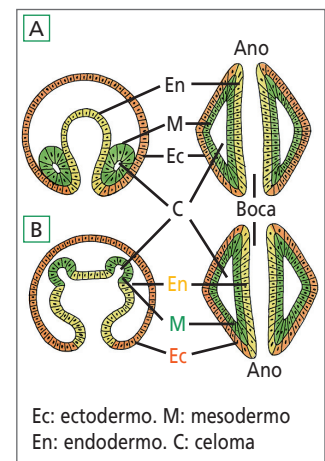
Las tres hojas embrionarias —ectodermo, mesodermo y endodermo— originan todos los tejidos y órganos del individuo adulto.

- En casi todos los animales, el ectodermo se diferencia en general y neural; el primero forma la piel, el pelo y las uñas, y el segundo, el sistema nervioso, y las células receptoras.
- El endodermo da origen al tubo digestivo y las glándulas anexas, a los epitelios de la tráquea, los bronquios y los pulmones, así como a los epitelios de la uretra y la vejiga.
- El mesodermo da lugar a los órganos de los sistemas locomotor, la sangre y los vasos, los riñones y los uréteres, y las gónadas y gonoductos, además del sistema linfático.

La formación de tejidos en cada sistema se denomina **histogénesis** y la formación de órganos, **organogénesis**.



Esquema general de la disposición de las tres capas embrionarias en los animales más evolucionados.



Según la formación del mesodermo y el celoma, se distinguen los animales esquizocelomados (A) y enterocelomados (B).

Ti Trabajo individual

Los huevos del erizo de mar, además de ser casi transparentes, tienen períodos de morfogénesis y diferenciación muy rápidos: en cuarenta y ocho horas aparece el plúteo, larva planctónica con simetría bilateral.

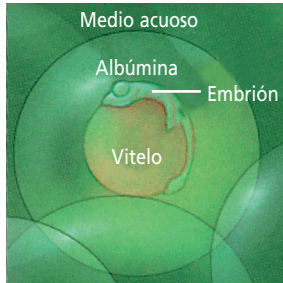
El biólogo y filósofo alemán Hans Adolf Driesch (1867-1941) colocó embriones de erizos de mar de dos, cuatro y ocho células en frasquitos que contenían agua de mar. Luego, los agitó y consiguió separar los blastómeros. **Responde:** ¿Qué sucedió con cada uno de los blastómeros obtenidos? **Justifica** tu respuesta.

Anexos extraembrionarios y desarrollo posembrionario

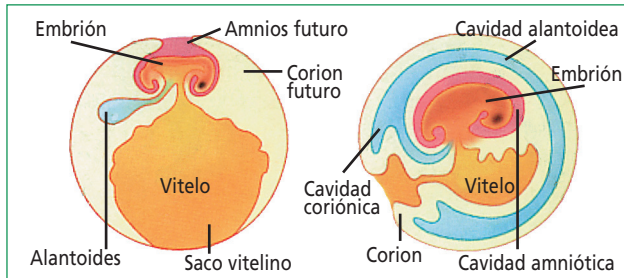
Los **anexos extraembrionarios** son un conjunto de membranas y cavidades que, aunque no se desarrollan para formar parte del individuo adulto, colaboran en la protección y la nutrición del nuevo ser durante la etapa embrionaria. Estas estructuras fueron decisivas para la conquista definitiva del medio aeroterrestre por los reptiles y sus sucesores, las aves y los mamíferos.

El **desarrollo posembrionario** comienza cuando finaliza la embriogénesis y el individuo surge hacia el exterior del huevo (o del útero materno) y desarrolla una vida independiente.

Anamniotas versus amniotas



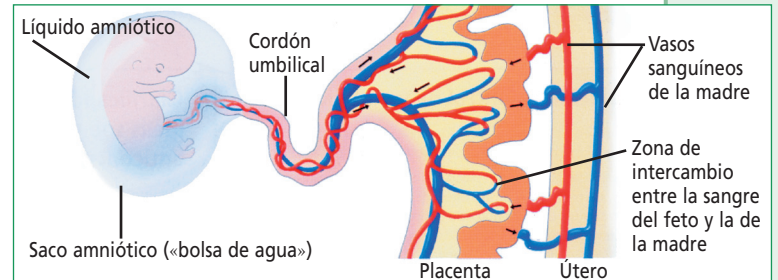
Los vertebrados **anamniotas** (anfibios y peces) forman huevos de cáscara blanda y sin anexos especiales, ya que su nutrición depende enteramente del medio acuoso en que maduran. Cabe recordar que la mayoría de los peces y casi todos los anfibios son animales de fecundación externa y expulsan sus gametos al agua, que luego de la fecundación forman el huevo (**ovulíparos**).



Los vertebrados **amniotas** (reptiles, aves y mamíferos) se caracterizan por contar con **membranas o anexos extraembrionarios**: el **saco vitelino** (formado por el endodermo y el mesodermo, que alberga gran cantidad de vitelo), el **corion** (capa externa de pliegues del mesodermo y el endodermo, que presenta modificaciones en el transcurso del desarrollo), el **amnios** (capa interna de pliegues del mesodermo y el endodermo que delimita la **cavidad amniótica**, llena de un líquido denso, el líquido amniótico), y el **alantoides** (formado también a partir del endodermo y el mesodermo, que se fusiona con el corion y así constituyen la **membrana corioalantoidea**).

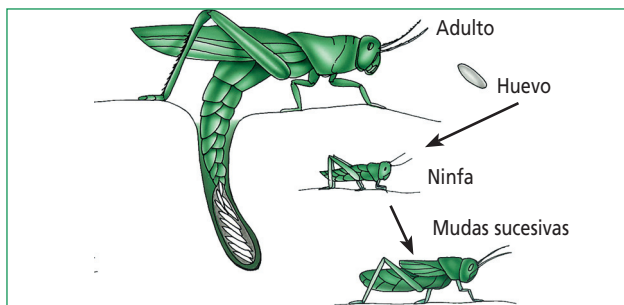
Ovíparos y ovovivíparos versus vivíparos

La mayoría de los reptiles y todas las aves, así como unos pocos mamíferos (ornitorrincos y equidnas) son **ovíparos**: el embrión se desarrolla en el exterior, dentro de huevos con cáscara dura (**huevos cleidoicos**), los cuales presentan dos barreras para el intercambio de gases: la mencionada cáscara y la **membrana testácea** —fina y transparente—, pegada a aquella. Otros pocos animales, como las serpientes, los lagartos y los tiburones son **ovovivíparos**: el huevo permanece dentro del oviducto materno (no es expulsado en seguida al exterior), donde el embrión completa su desarrollo.

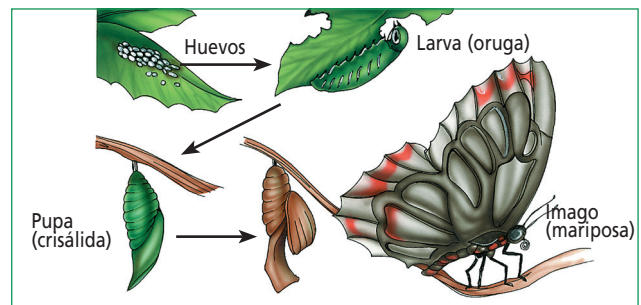


Los mamíferos son amniotas pero, en la mayoría de ellos, como los huevos contienen poca cantidad de vitelo y no se desarrollan ni cáscara ni membrana testácea, la mórula se implanta en el útero materno mediante las **vellosidades coriónicas**. Esta unión del corion y la mucosa uterina constituye la **placenta**, órgano que nutre al embrión gracias a una red de capilares, a través del **cordón umbilical**. Sin embargo, aunque se hallen en contacto estrecho, la sangre de la madre y del embrión nunca se mezclan. La placenta se presenta en la mayoría de los mamíferos, llamados **placentarios**, que además son **vivíparos** (las crías completan íntegramente su desarrollo dentro del útero).

Desarrollo directo versus desarrollo indirecto



Muchos animales con huevos ricos en vitelo —como las aves, los reptiles, los anélidos, los moluscos y ciertos insectos, denominados **hemimetábolos**— experimentan un **desarrollo directo**, que consiste en un simple proceso de crecimiento. En el caso de los insectos hemimetábolos, como la langosta o la cucaracha, los individuos que eclosionan del huevo son muy parecidos a los adultos, y reciben el nombre de **ninfas**. Estas alcanzan el estadio adulto luego de varias **mudas** (reemplazos totales del exoesqueleto).



Cuando culmina la embriogénesis, los animales con **desarrollo indirecto** emergen del huevo —que posee poco vitelo— en un estado incompleto y diferente del adulto. Los insectos **holometábolos**, como las mariposas, constituyen el ejemplo típico de animales con desarrollo indirecto. Atravesamos cuatro estadios durante la metamorfosis: **embrión**, **larva**, **pupa** e **imago**, o adulto. En el caso específico de la mariposa, la larva se denomina **oruga**, y la pupa, **crisálida**.

Desarrollo embrionario en las espermatofitas

El éxito evolutivo de las espermatofitas, o plantas con semillas, se debe, en parte, a la producción de dichas estructuras. Las **semillas** más antiguas surgieron en el Devónico superior, hace cerca de 400 millones de años, y determinaron, sin duda, el gran éxito reproductor de las espermatofitas, que representan un mayor grado de protección del embrión y la existencia de un tejido nutritivo accesorio (el endosperma).

En las gimnospermas, este tejido deriva de las células del gametofito femenino, pero las sustancias nutritivas provienen del esporofito. En las angiospermas, la semilla se forma luego de una doble fecundación, y está constituida por el embrión ($2n$), el endosperma o **albumen** ($3n$) —exclusivo de estas plantas, que nutrirá al embrión durante su desarrollo—, y la **cubierta seminal**; cuando el óvulo se transforma en semilla, sus tegumentos pasan a formar parte de ellas, y se denominan **testa** (el externo) y **tegmen** (el interno).

La primera segmentación que experimenta el cigoto origina dos células: una apical, situada sobre otra basal.

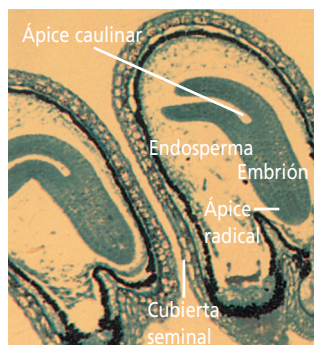
- La **célula apical**, mediante sucesivas divisiones, genera una estructura filamentosa: el **suspensor del embrión**.
- La **célula basal** se divide en dos planos y da lugar a una masa celular que se diferencia en una o dos hojas primitivas —los **cotiledones**— y en un grupo de células meristemáticas, a modo de eje. La parte inferior de este grupo de células, respecto del punto de unión con los cotiledones, constituye el **ápice radical**, y la superior, el **ápice caulinar**.

En un embrión maduro de angiosperma se distinguen: uno o dos cotiledones (hay excepciones de tres cotiledones, por ejemplo, en *Idiospermum*); la raíz embrionaria, o **radícula**; el **hipocótilo** —entre la radícula y los cotiledones—; la **plúmula**, compuesta por dos hojas embrionarias, y el **epicótilo**, debajo de la plúmula y sobre los cotiledones.

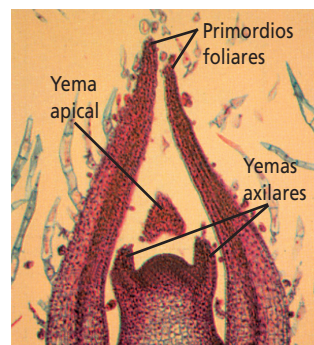
Cuando la semilla germina, lo primero que emerge es la radícula, la cual comienza a penetrar en el suelo (geotropismo positivo); luego salen el hipocótilo, los cotiledones y la plúmula hacia la superficie (fototropismo positivo).

Al agregarse nuevas células con capacidad de división en el ápice caulinar (**meristema apical**), se produce el **crecimiento primario** del tallo. En la parte externa de la base de dicho meristema hay grupos de células que se dividen y originan unos «abultamientos» que dan lugar a las hojas: los **primordios foliares**. El ápice protegido por dichos primordios recibe el nombre de **yema apical**. Otros grupos de células, situados en el ángulo que forman los primordios foliares con el tallo, son los **meristemas axilares**, que originan las **yemas axilares**. De estas yemas surgirán las ramas.

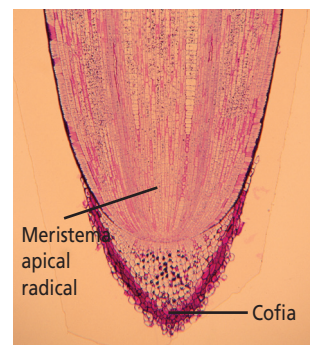
En el ápice radical, las células forman el **meristema radical**; estas se dividen en dos sentidos: las que quedan cerca de la punta de la raíz forman la **cofia** que (protege al meristema) y las que permanecen en la parte superior constituyen los tejidos de la raíz.



Primeros estadios de desarrollo del embrión de las monocotiledóneas.



Meristema apical caulinar de una dicotiledónea.

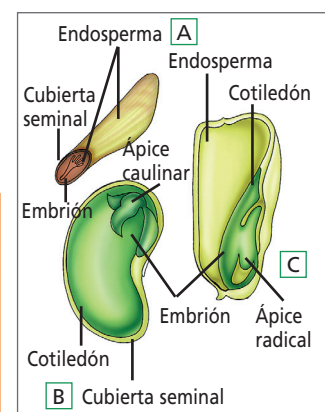


Crecimiento primario de la raíz (ápice radical de una dicotiledónea).

Investiga

Algunas plantas, como los árboles, aumentan el diámetro del tallo y de la raíz durante toda su vida (crecimiento secundario, o en grosor). Esto se debe a la presencia de meristemas especiales: el cambium vascular y el cambium suberoso, o felógeno.

Investiga: ¿En qué zonas se distribuyen estos tejidos? ¿Cómo se forman los anillos de crecimiento? ¿Qué utilidad tienen? ¿Cuál es la principal diferencia entre el crecimiento de las plantas y el de los animales? ¿Qué son la albura y el duramen?



Semilla alada de gimnosperma (A). Semillas de angiospermas: las que tienen dos cotiledones reciben el nombre de **dicotiledóneas** (B) y las que tienen uno, **monocotiledóneas** (C).



El embarazo y las primeras etapas prenatales

Apenas producida la fecundación, comienza el desarrollo embrionario, que en la especie humana dura aproximadamente 280 días a partir de la última menstruación, o 266 días a partir de la fecundación.

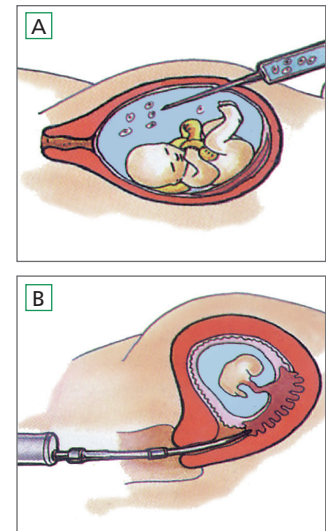
El **embarazo** es el estado fisiológico que se inicia con la fecundación y culmina con el parto.

El comienzo del embarazo tiene lugar, entonces, cuando un óvulo es fecundado por un espermatozoide y forma el cigoto, proceso que ocurre en el oviducto (trompas de Falopio) de la mujer. El huevo o cigoto experimenta sucesivas divisiones mitóticas. A medida que esto sucede, el huevo va descendiendo –en un camino inverso al recorrido por el espermatozoide– hasta implantarse en el útero, entre 4 y 7 días después de la fecundación. Durante ese proceso continúa segmentándose, por lo que al implantarse en el útero ya alcanzó el estadio de blástula.

Ciertos cambios en el **blastocito** (el embrión en estado de blástula) determinan la diferenciación y la formación de dos macizos celulares: uno interno, el **embrioblasto**, que origina las estructuras propias del embrión; y otro externo, el **trofoblasto**, que forma la placenta y los demás anexos embrionarios. El endometrio uterino se nutre y puede recibir el blastocito y, una vez allí, este entra en contacto con los vasos sanguíneos maternos. Asimismo, se forma el **cordón umbilical**, que une el embrión a la placenta. Esta es la encargada de asegurar que los nutrientes de la madre lleguen al feto a través de los **vasos sanguíneos uterinos** y que los desechos que este produce pasen a la madre a través de los **vasos sanguíneos umbilicales**.

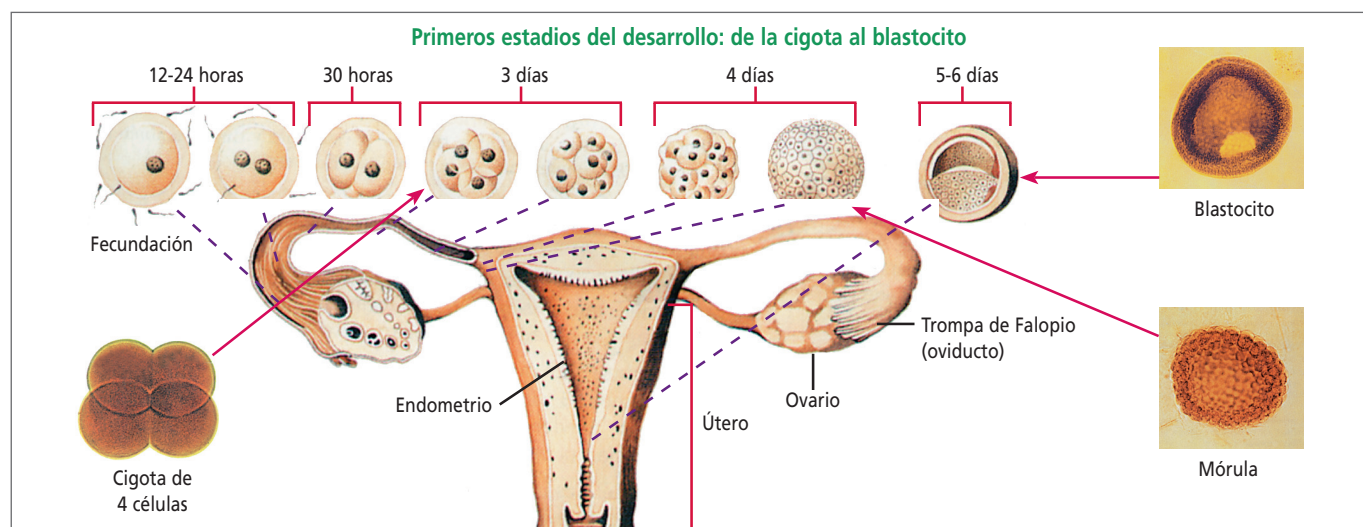
La implantación del blastocito en el endometrio uterino produce modificaciones morfofisiológicas que indican con probabilidad y certeza el embarazo.

- Entre los datos de **probabilidad** figuran: el cese de la menstruación (un retraso no indica embarazo), la formación de los tubérculos de Montgomery alrededor de los pezones; el aumento de tamaño del abdomen y de las mamas; la aparición de náuseas, cansancio y somnolencia, etcétera.
- Entre los datos de **certeza**, hay que destacar los ensayos bioquímicos e inmunológicos que, en un altísimo porcentaje de los casos, permiten establecer un diagnóstico prenatal. Por ejemplo, la presencia en la sangre y en la orina de la hormona gonadotropina coriónica permite detectar el embarazo desde el noveno día de la fecundación.



Técnicas de diagnóstico prenatal.

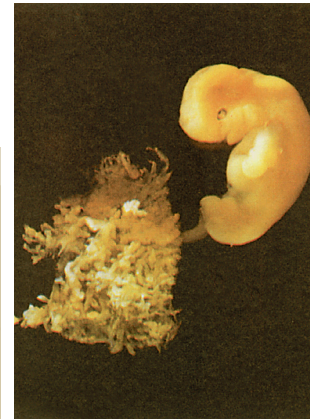
A: Extracción de líquido amniótico, o **amniocentesis** (se realiza entre la 12.^a y la 16.^a semana de gestación y sirve para detectar enfermedades genéticas y metabólicas). **B:** Aspiración de células de las vellosidades coriónicas, o biopsia de corion (se realiza durante la 9.^a semana de embarazo y permite detectar un 60% de enfermedades metabólicas).



Nueve lunas: la gestación de un nuevo ser humano

El período de embriogénesis y diferenciación del nuevo ser dura alrededor de dos meses, y en él se esboza la estructura que tendrá el futuro individuo. Durante el resto de la gestación, el embrión aumenta el número de células, es decir, crece.

	Mes	Principales cambios
Primer trimestre	1	<ul style="list-style-type: none"> ✓ El trofoblasto forma el disco germinativo bilaminar (con ectodermo y endodermo). ✓ Se constituye la notocorda (que dará origen a la columna vertebral). ✓ Se forma la línea primitiva en el ectodermo, que, por migración de las células, originará el mesodermo. ✓ En la 4.ª semana, se aprecian el corazón, el hígado, el SNC y los ojos. <i>El corazón comienza a latir.</i> ✓ El embrión mide 5 mm y su masa corporal ha aumentado unas 7 000 veces.
	2	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Aparecen grandes agrupamientos de células, que darán origen a las extremidades. ✓ Comienzan a formarse las gónadas. ✓ Se esbozan las extremidades superiores e inferiores. ✓ Los rasgos del rostro se acentúan.
	3	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Se forman los párpados y las gónadas y el sexo queda definido. ✓ El rostro, de aspecto humano y con arrugas, se armoniza y perfecciona. ✓ Hacia el final del tercer mes, el embrión, que ya recibe el nombre de feto, mide entre 9 y 10 cm y mueve las extremidades.
Segundo trimestre		<ul style="list-style-type: none"> ✓ El feto mide de 16 a 21 cm, tiene pelo y lanugo, y pesa cerca de 250 g. ✓ A través de la piel se observan los vasos sanguíneos, los cuales le confieren al cuerpo una coloración rojiza. Ya funcionan el hígado, el estómago y los riñones.
	5	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Los movimientos del feto son percibidos por la madre. ✓ El feto se chupa el dedo, tiene pelo, pestañas, cejas y uñas. ✓ Se escuchan los latidos de su corazón. ✓ El feto alcanza una longitud de 27 cm y pesa unos 500 g.
	6	<ul style="list-style-type: none"> ✓ El feto abre y cierra los ojos, se mueve mucho y adquiere fuerza muscular. ✓ La piel tiene un aspecto rugoso y está cubierta de secreciones de las glándulas sebáceas. ✓ El esqueleto se osifica. El feto alcanza los 33 cm y 1 000 g de peso.
Tercer trimestre	7	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Las dimensiones del feto provocan la opresión de los órganos maternos. ✓ Los nervios, ya desarrollados, permiten que el feto responda a ruidos externos. ✓ Aparecen movimientos respiratorios rudimentarios. ✓ El feto mide unos 40 cm y pesa alrededor de 1 800 g. De nacer en este momento, tiene muchas probabilidades de sobrevivir, pero debe completar su desarrollo en el útero materno durante dos meses más.
	8	<ul style="list-style-type: none"> ✓ El feto pierde las arrugas y la coloración rojiza de la piel, la cual se torna tersa y suave. ✓ El cuerpo pierde la pelusa, llamada lanugo y mide 45 cm de longitud, acumula grasa y adquiere un peso de alrededor de 2 500 g.
	9	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Completado su desarrollo, el feto se mueve con intensidad y está listo para vivir fuera del útero materno. ✓ Mide unos 50 cm y pesa alrededor de 3 500 g. ✓ Inicia su descenso a la cavidad pélvica, donde presiona sobre la vejiga y hace que aumenten las contracciones uterinas.



Embrión de siete semanas de gestación.

© Santillana

Las transformaciones fundamentales se dan en el primer trimestre; luego, todas las estructuras ya formadas van adquiriendo detalles (por ejemplo, los de la cara) y los tejidos y órganos internos se perfeccionan morfológica y fisiológicamente.



© Santillana



Nacimiento y alumbramiento: el parto

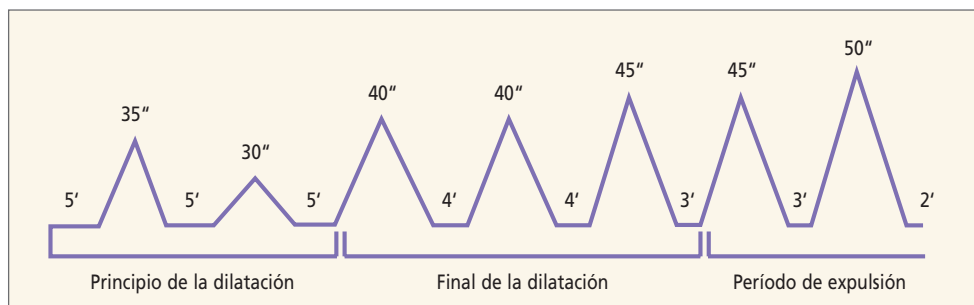
El proceso de gestación ha llegado su fin. El útero se dilata y, tras un parto más o menos laborioso, se producen el **nacimiento** (expulsión del nuevo ser) y el **alumbramiento** (expulsión de la placenta). En la secuencia de ilustraciones que se observa a la derecha se muestran las cuatro etapas del parto.

¿Cómo se encuentra el cuello del útero en las ilustraciones **A**, **B** y **C** respecto de la **D**? ¿Dónde se halla implantada la placenta? ¿En qué sentido rota el bebé en el momento de nacer? ¿Qué órgano fetal se desprende junto con la placenta? ¿Qué función tenía este órgano antes del nacimiento?

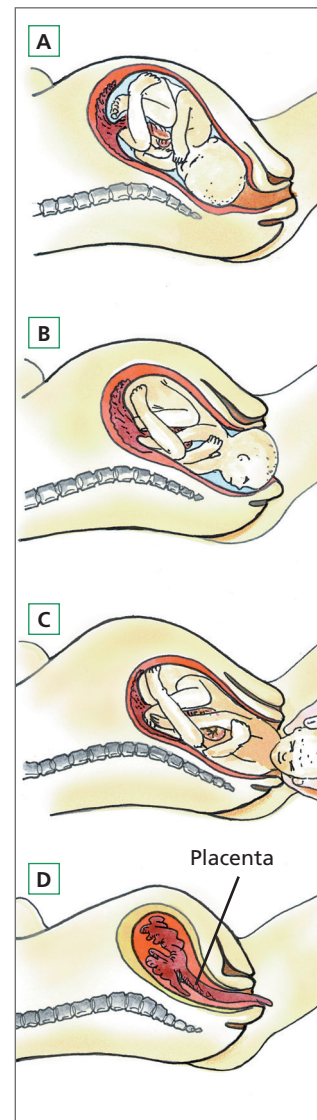
El **parto** (del latín *partus*, de *pario*, 'dar a luz') marca el momento de separación de la madre y el hijo a través del canal vaginal, que se convierte en el **canal del parto**.

El parto se anuncia con una serie de signos, como el descenso del útero, las contracciones de Braxton-Hicks o contracciones uterinas —que se hacen cada vez más frecuentes e intensas—, la pérdida del tapón mucoso —sustancia transparente y viscosa que sella el cuello uterino, con la que se evitan infecciones— y la rotura de la bolsa de agua, que contiene el líquido amniótico.

En el siguiente gráfico se muestra el aumento rítmico de las contracciones uterinas antes del momento del parto. ¿Qué frecuencias indican el período de expulsión?



Cuando las contracciones son muy débiles y la dilatación no es suficiente, se aplica por vía intravenosa una solución de suero y hormona oxitocina. Esto se conoce como **goteo** y estimula la dilatación y las contracciones. Inmediatamente después de que aparezca la cabeza del bebé, se realiza una ligera tracción que permite la salida del resto del cuerpo. Se oye el primer llanto del niño, al que se le corta el cordón umbilical, se lo higieniza cuidadosamente, se le ponen gotas antisépticas en ambos ojos y se le toman las impresiones plantares, las cuales constituyen su identificación.



A: Borramiento del cuello uterino. **B:** Dilatación del útero. **C:** Expulsión del nuevo ser (**nacimiento**). **D:** Expulsión de la placenta (**alumbramiento**).

FUE NOTICIA

Gemelos y mellizos

Sucedio en París, en 1956...

Un análisis estadístico de la población humana muestra que uno de cada ochenta y seis embarazos da origen a dos individuos, uno de cada 7 700 a tres, uno de cada 690 000 a cuatro, y uno de cada 58 000 000 a cinco. Los investigadores aclaran que, en reproducción humana, los términos **mellizos** y **gemelos** se utilizan indistintamente para

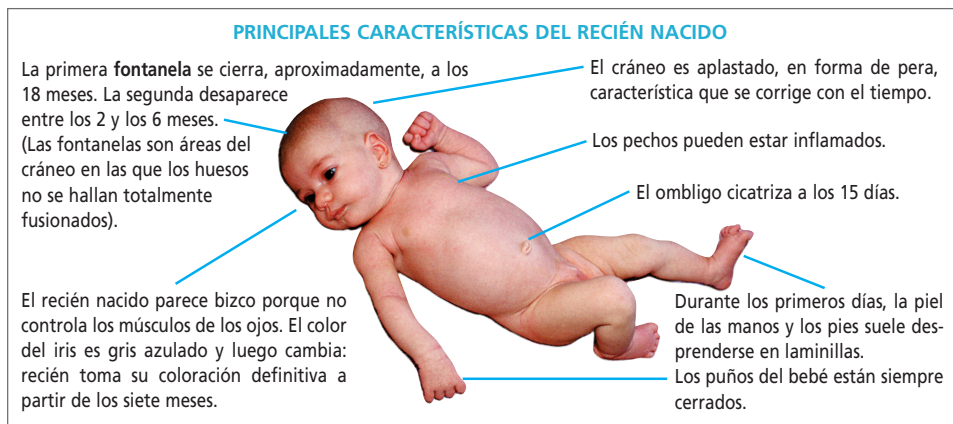
referirse a **embarazos múltiples**, y que solo por razones didácticas se emplea el primer término para referirse a los embarazos **dici-góticos**, y el segundo, para los **monocigóticos**. Es decir, en el caso de los mellizos, dos óvulos diferentes son fecundados por dos espermatozoides distintos (los bebés poseen genotipos y fenotipos diferentes, y pueden no pertenecer al mismo sexo), mientras que



los gemelos poseen idéntica información genética, pues son el producto de un solo óvulo fecundado por un espermatozoide que se divide en los primeros estadios del desarrollo, para dar origen a dos embriones.

Etapa posnatal: el nuevo mundo del recién nacido

En el momento del nacimiento, el bebé pasa de un medio cálido y húmedo, donde se siente protegido, a un ambiente más frío y desconocido, totalmente diferente. Debe respirar para incorporar el oxígeno atmosférico (al nacer, la acumulación de dióxido de carbono estimula su centro nervioso respiratorio y provoca su primera inspiración y su primera espiración). Cuando el aire penetra en los pulmones, estos se expanden y, por un mecanismo de aspiración, aumenta el flujo de sangre a los órganos respiratorios. El cordón umbilical, una vez cortado, deja de cumplir su función.



En el primer mes, el recién nacido solamente «reconoce» el pezón de su madre y responde a este estímulo con la **succión**. En el tercer mes, el bebé responde con una **sonrisa** al ver el rostro de cualquier persona, y en el octavo, manifiesta la primera sensación de **angustia** y ya no sonríe a cualquier adulto. Cuando el niño comienza a caminar, cambia su relación con el mundo que lo rodea y se esfuerza por alcanzar **autonomía**: el gesto y la palabra de sus padres le imponen límites y determinan un rumbo distinto en la relación.

Durante los primeros días, el peso del recién nacido disminuye un 10% y, hacia fines de la primera semana, comienza a aumentar hasta que lo recupera totalmente. En cuanto al sistema nervioso, este es inmaduro. Sin embargo, todos los bebés presentan una serie de **reflejos**, que son de vital importancia para el desarrollo posterior de los movimientos más complejos y coordinados.



Reflejo de succión: cuando se le roza la mejilla, el bebé gira instintivamente la cara en esa dirección, como buscando el pezón.



Reflejo plantar: si se le toca el borde exterior de la planta del pie, el bebé, en lugar de encoger los dedos, los estira en forma de abanico. Este reflejo recién desaparece a los dos años.



Reflejo de prensión: cuando se le toca la palma de la mano con un dedo, el bebé se prende a él con fuerza. Este reflejo se asocia con la necesidad de agarrar objetos, aunque no pueda hacerlo.



Reflejo de Moro: ante un estímulo inesperado o un susto, el bebé estira los brazos, extiende las manos y pone tenso su cuerpo; luego, se encoge nuevamente. Este reflejo desaparece a partir de los dos meses.



Reflejo de marcha: si se lo sostiene con los pies apoyados sobre una superficie plana, el bebé mueve las piernas e intenta dar pasos, como si estuviera caminando. Este reflejo desaparece hacia el final del segundo mes.

Reflejo de marcha: si se lo sostiene con los pies apoyados sobre una superficie plana, el bebé mueve las piernas e intenta dar pasos, como si



La alimentación del bebé consiste, del primero al cuarto mes, únicamente en leche (preferiblemente materna); del quinto al séptimo mes, en leche y alimentos semisólidos; del octavo al décimo mes, en alimentos sólidos, y a partir del décimo al duodécimo mes en todo tipo de alimentos. En esta etapa, la comida debe ser variada, para brindar todos los nutrientes necesarios.

Durante el **primer año de vida**, el niño experimenta cambios profundos y significativos que tienen especial influencia en el desarrollo de su personalidad.



Crecimiento y desarrollo: del niño al adulto

Como dijéramos al comienzo de la unidad, los términos crecimiento y desarrollo no son sinónimos. El crecimiento se refiere al aumento del tamaño corporal, mientras el desarrollo se vincula con la adquisición de nuevas funciones, y el perfeccionamiento de las ya existentes.

El crecimiento que va desde el nacimiento hasta los dieciocho años, aproximadamente, es constante, y el cuerpo sufre transformaciones no solo en el peso y la talla, sino en las formas y las proporciones,

En un bebé, la cabeza representa una cuarta parte de la longitud del cuerpo ($2/8$), y las piernas miden $3/8$ de aquella. En un adolescente, en cambio, la cabeza representa $1/8$ y las piernas la mitad de la longitud corporal total ($4/8$).

La **adolescencia** es el período comprendido entre el fin de la niñez y el comienzo de la juventud. Su extensión varía de una familia a otra y según las diferentes culturas; también fluctúa de una época a otra, y esto depende de las condiciones económicas y sociales. Comprende dos etapas:

- La **pubertad**, que abarca el período comprendido entre los diez y los catorce años, caracterizado por los cambios hormonales.
- La **adolescencia propiamente dicha**, que llega aproximadamente hasta los veinte años, en la que se produce un cambio brusco en el esquema corporal además de continuar las transformaciones hormonales y psicológicas.

Los cambios físicos (aspecto desgarrado, extremidades desproporcionadas, acné, etc.) aparecen porque el hipotálamo comienza a enviar estímulos nerviosos a la glándula hipófisis, que acelera el crecimiento físico al segregar la hormona del crecimiento.

La intensa actividad hormonal determina, por otra parte, el establecimiento de los **caracteres sexuales secundarios**:

- En la mujer: aumento de tejido adiposo en el abdomen, la cadera y los muslos; mayor tamaño de los huesos de la cintura pélvica; desarrollo de las glándulas mamarias y agrandamiento de los pezones; desarrollo de los genitales externos e internos y aparición del vello axilar y pubiano.
- En el varón: desarrollo de los músculos y los huesos del tórax y aumento de la cintura escapular; aparición de vello axilar y pubiano; crecimiento de la barba y el bigote y, en muchos casos, crecimiento de vello en todo el cuerpo; desarrollo de los genitales externos e internos; laringe más prominente, cambio de voz y alargamiento de las extremidades superiores e inferiores. Comienzan las poluciones nocturnas, eyaculaciones de semen que tienen lugar durante el sueño, y son frecuentes durante la adolescencia.

El adolescente, en esta etapa de su vida, ensaya distintas formas de ingresar en el mundo adulto mientras afirma su rol en la familia y comienza a establecer lazos laborales, afectivos y a adoptar valores morales, estéticos y religiosos que se adapten a su modo de vida.

Tras la fase de crecimiento, se sucede la etapa de **madurez**, en la que el organismo cuenta con el máximo grado de potencialidad y de capacidad, que manifestará a lo largo de su vida.

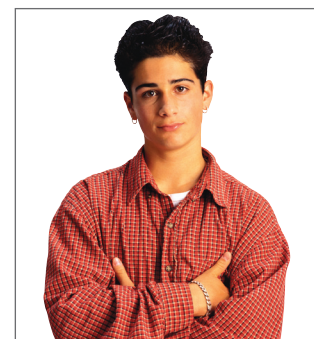
Entre los veinte y los treinta años, se logra el pico máximo de la eficacia motora, sensorial, fisiológica e intelectual en el ser humano, cuando adquiere todas las características del **adulto**.



12 meses

18 años

© Santillana



© Santillana

Los cambios hormonales se ponen de manifiesto en los cambios de conducta (la crisis del adolescente), que comprenden varios aspectos, como el descubrimiento del yo (la autorreflexión), la autoafirmación (por ejemplo, tener una jerga propia, la forma de vestirse, etc.) y la rebeldía (cuestionamiento de la autoridad).

Actividades

Identifica las etapas del desarrollo embrionario y las estructuras embrionarias.

1. **Marca** la alternativa correcta en cada una de las siguientes selecciones múltiples. Con las respuestas correctas, **determina** cuál corresponde a cada número señalado en la ilustración. **Completa** los que faltan.

I.

- a. Gástrula b. Blastocito
- b. Blástula d. Mórula

II.

- a. Cigoto b. Centrolecito
- b. Mórula d. Blastómero

III.

- a. Ectodermo b. Blastocito
- b. Mesodermo d. Endodermo

IV.

- a. Gástrula b. Celoma
- b. Trofoblasto d. Placenta

V.

- a. Mórula b. Trofoblasto
- b. Gástrula d. Placenta

VI.

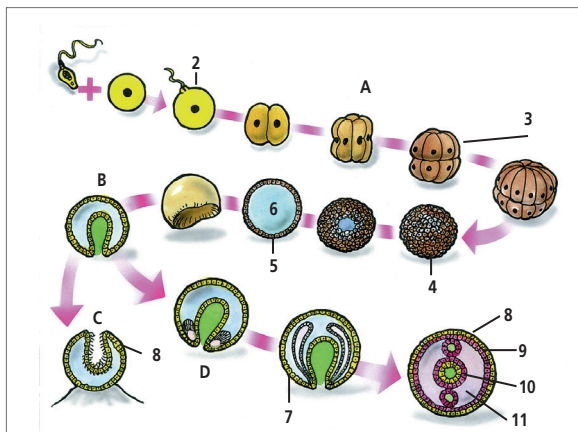
- a. Ectodermo b. Mesodermo
- b. Blastodermo d. Endodermo

VII.

- a. Blastómero b. Trofoblasto
- b. Blástula d. Cigoto

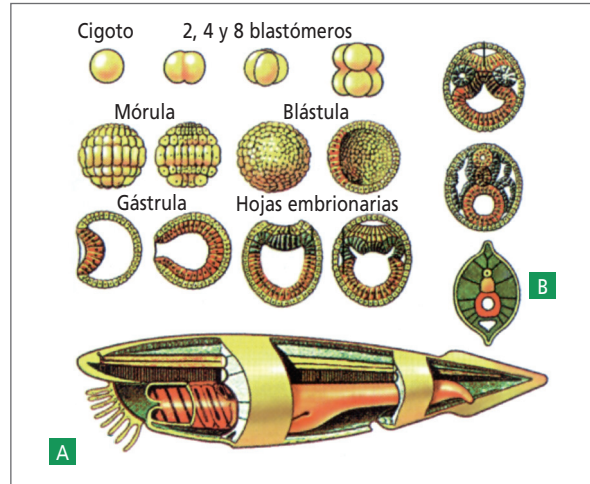
VIII.

- a. Mórula b. Blástula
- b. Gástrula d. Vitelo



Responde. ¿Qué procesos señalan las letras A y B? ¿Qué tipo de organismo respecto de la cantidad de hojas embrionarias se forman en C? ¿Y en D?

2. En la siguiente ilustración se representan las etapas del desarrollo embrionario de un cefalocordado (el anfibio), que constituye un grupo de organismos emparentado con los vertebrados (pertenecen al mismo phylum: Chordata).



A: Corte sagital. B: Corte transversal.

- a. **Indica** dónde se forma el tubo neural y dónde se ubica el celoma. ¿Cuáles son las hojas embrionarias y qué órganos forman? **Ubica** el endodermo, el ectodermo y el mesodermo.
- b. **Señala** cuáles son los tipos de huevo, de blástula y de desarrollo que corresponden a estos animales.

Analiza y valora los procesos del desarrollo embrionario.

3. **Responde** las siguientes preguntas.

- a. ¿Cuál es el objetivo de cada uno de los siguientes procesos?

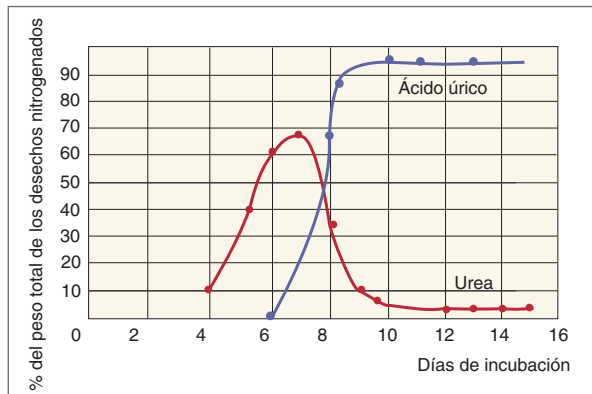
Segmentación, gastrulación, organogénesis, aparición del mesodermo y formación del celoma.

- b. ¿Qué ventaja representa una fase larvaria de vida libre para las especies de invertebrados acuáticos?
- c. ¿Cómo influye en la segmentación la cantidad de vitelo que posee el huevo?
- d. ¿Cuál es la hoja embrionaria que origina cada una de las siguientes estructuras?

Nervio óptico, dermis, intestino, pelo, uñas, uretra, tejido renal.

- e. ¿Qué peligros correrá el embrión de un animal herbívoro si las hierbas que consumió su madre estaban contaminadas con agroquímicos?
- f. Si a una larva de lepidóptero se le corta la cabeza, no forma la pupa. ¿A qué se debe?

4. **Observa** el siguiente gráfico sobre la producción de desechos de un embrión de gallina y luego **responde** las preguntas.



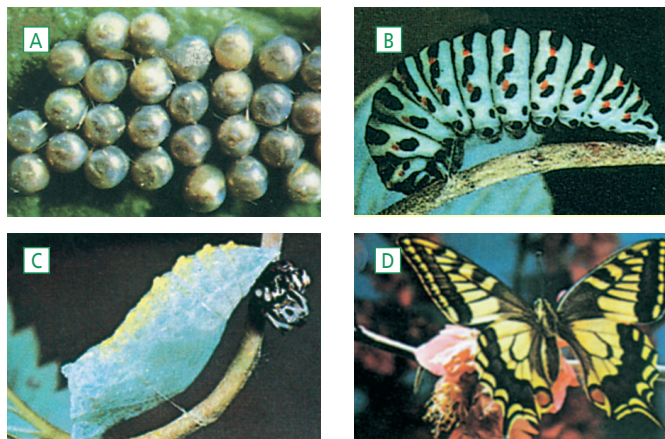
- ¿Cuál es el tipo de desecho nitrogenado que produce el embrión de gallina en la mayor parte de su desarrollo? ¿A qué se debe?
- ¿Dónde se eliminan estos desechos?
- Comparen la excreción del embrión de pollo con la de un embrión humano. ¿Dónde elimina este último los desechos nitrogenados y en forma de qué compuesto químico?

Describe la etapa prenatal del desarrollo embrionario humano.

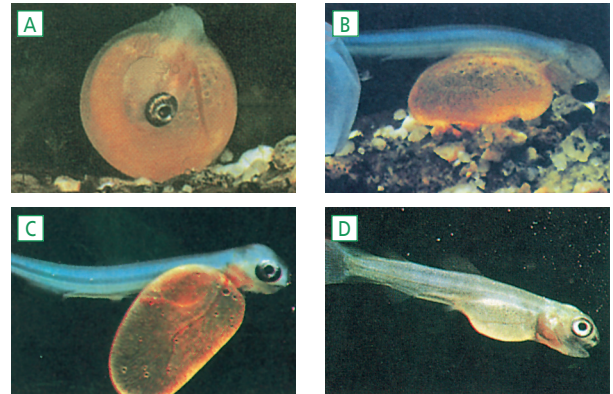
5. **Describe** los principales acontecimientos que tienen lugar durante la etapa prenatal del desarrollo embrionario humano.

Identifica los estadios del desarrollo embrionario en diferentes organismos y los compara.

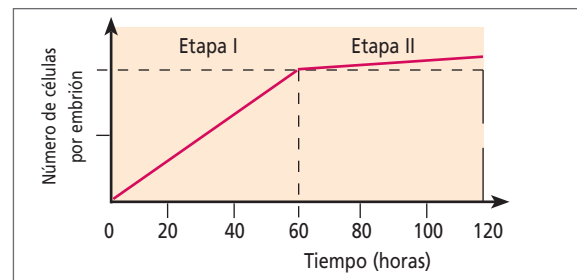
6. **Examina** las siguientes series de fotografías que representa el desarrollo de un insecto holometábolo: la mariposa y **responde**.



- Cómo se llama cada estadio? ¿En qué ambiente se desarrollan? ¿Cuáles se alimentan? ¿De qué sustancias?
- ¿Cómo son los huevos, las blástulas y el tipo de desarrollo que se presentan en estos organismos?
- Examina** ahora la siguiente secuencia del desarrollo de un pez y compárenla con la de la mariposa. ¿Qué diferencias y similitudes existen entre las estructuras y los procesos correspondientes?



7. El siguiente gráfico muestra la formación de nuevas células durante las etapas tempranas del desarrollo embrionario de un anfibio. **Resuelve**.

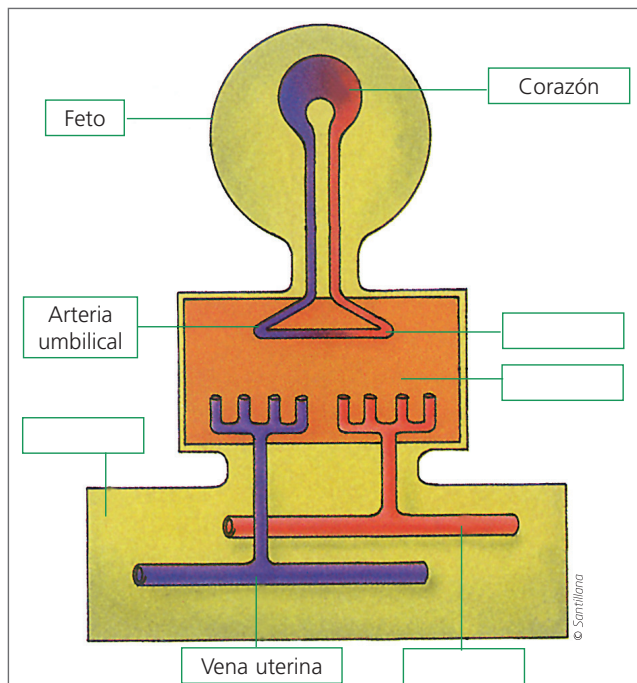


De él se concluye que:

- existe una relación directa entre el número de células producidas y el tiempo.
- el primer segmento de la curva corresponde a la etapa de segmentación y el segundo, a la gastrulación.
- las células resultantes a las 120 horas son de igual tamaño que las se obtienen a las 20 horas.

- Solo I
- I y II
- Solo II
- II y III
- I, II y III

1. **Copien** y **completen** las referencias del siguiente esquema y luego **respondan** las preguntas.



- ¿Qué vasos sanguíneos transportan nutrientes? ¿Cuáles llevan desechos?
- Averigüen** qué nutrientes recibe el feto y qué desechos elimina.

2. ¿Qué son los siameses y cómo se originan? ¿Es posible tratarlos con las técnicas quirúrgicas modernas? **Investiguen** y **resuelvan**

3. **Investiguen** en qué consiste el trabajo de...

- un obstetra
- un ginecólogo
- un tocoginecólogo
- una partera
- un neonatólogo

4. **Respondan:** ¿En qué momento o ante qué situaciones se debe consultar a esos especialistas?

5. **Averigüen** en clínicas y hospitales cuáles son los objetivos de los cursos de parto sin dolor, qué tipo de información reciben las embarazadas que siguen estos cursos y qué actividades se desarrollan en ellos.

6. Jean Piaget, reconocido psicólogo y pedagogo suizo (1896-1980), investigó durante años la evolución del conocimiento, es decir, la manera en que el individuo, desde que nace hasta la adolescencia, adquiere y desarrolla los conceptos y estructuras intelectuales. Su idea básica es que el desarrollo intelectual del individuo constituye un proceso de adaptación continua con el

medio, que atraviesa diversas fases o estadios. El individuo desempeña un papel activo en el conocimiento y, al mismo tiempo que asimila el medio transformándolo, se transforma a sí mismo.

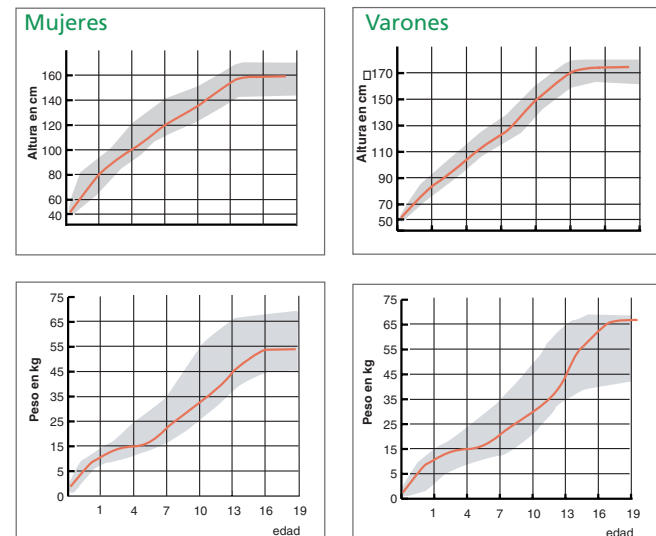
Consulten cualquier libro de Psicología general y **lean** el capítulo concerniente a la evolución del conocimiento. Luego, **respondan** las preguntas.

- ¿Cuáles son los principales estadios en el desarrollo cognitivo señalados por Piaget?
- ¿A partir de qué edad un niño puede realizar operaciones formales? ¿Qué ventajas adquiere en este período con respecto al de las operaciones concretas?
- Teniendo en cuenta los estadios señalados por Piaget, indiquen cuáles serían los juguetes adecuados según las edades planteadas.

6 meses al año
2 años-3 años
4 años-5 años
6 años-7 años
8 años-9 años
10 años-12 años

Juega a la mamá
Juego de damas
Sonajero
Patinaje, bicicleta
Juego de ajedrez
Juegos de encajar piezas grandes

7. **Lean** las siguientes tablas que muestran el crecimiento, en altura y en peso, de niños y adolescentes de entre 1 y 19 años. Luego de analizar las tablas **respondan** las preguntas.



Fuente: Enciclopedia Fundación Favaloro, Centro Editor Fundación Favaloro.

- ¿Qué representan las áreas sombreadas?
- ¿A qué edades se experimenta el crecimiento más acelerado en altura y en peso?
- ¿Entre qué edades se observa un crecimiento constante e ininterrumpido en altura?
- ¿A qué edad se estabiliza el crecimiento en altura?
- Hagan** el mismo análisis para el aumento de peso.
- ¿Cuáles son las principales diferencias de crecimiento en altura y en peso entre niños y niñas?

La base de datos: un orden natural

Para ordenar y clasificar la información de un modo rápido y sencillo, se utilizan programas de computación especiales: las bases de datos. Empleamos estas bases (aunque no necesariamente informáticas) en la vida cotidiana, por ejemplo, en las guías telefónicas y las agendas personales, en las que se anotan nombres, números de teléfono y direcciones; en el boletín escolar, en donde figuran todas las asignaturas y la calificación obtenida en cada una de ellas, etcétera.

La base de datos como herramienta informática es útil para almacenar y ordenar la información. Y como uno de los objetivos del proceso enseñanza-aprendizaje en Ciencias Naturales es la clasificación y la ordenación (sistemática), la base de datos puede desempeñar un papel muy importante como estrategia de proyectos personales o grupales de clasificación.

Antes de armar una base de datos, conviene determinar su objetivo y qué información va a contener. Teniendo en cuenta estas dos características, elegirán y crearán la estructura de su base de datos, es decir, la manera más conveniente para introducir la información, de acuerdo con su propio criterio.

Cada base de datos requiere solamente una estructura, la cual se divide en categorías de información: los **campos**.

Cada campo está compuesto por:

- Un **nombre**, es decir, el título que uno elige para determinada información.
- El **contenido**, es decir, la información que uno desea introducir y almacenar en ese campo (que puede ser alfabética o de texto, numérica, lógica —sí o no, verdadero o falso—, o de fecha).

Una vez creados los campos, la estructura debe completarse con la información que se desea cargar: los **registros**. Cada vez que se agrega información en la misma base de datos, ordenada según los campos definidos, se está creando un nuevo registro. **El conjunto de todos los registros existentes forma la base de datos.**

¿Y qué ventaja concreta tiene la base de datos sobre el tradicional fichero?

- El rápido acceso a la información.
- El almacenamiento de gran cantidad de información en muy poco espacio.
- El agregado ulterior de nuevos datos.
- El ordenamiento de esos datos de acuerdo con distintos criterios e intereses: alfabéticamente, según prioridades, como parámetros lógicos (verdadero o falso), etcétera.

Ejemplo de cómo podría quedar ordenada una información básica en una base de datos sobre el tema de las células huevo:

Cigoto	Según cantidad de vitelo	Según distribución de vitelo
Mamíferos	Oligolecito	Isolecito
Anfibios	Mesolecito	Telolecito
Aves	Polilecito	Telolecito
Artrópodos	Polilecito	Centrolecito
Equinodermos	Oligolecito	Isolecito

Esta base de datos podrá ser ordenada alfabéticamente y después determinar cuáles de los huevos son, a la vez, polilecitos y telolecitos. Otra variante sería buscar oligolecitos e isolecitos, etcétera.

1. **Organicen** con el profesor de computación una jornada de clasificación de temas embriológicos. Para ello, **utilicen**, según la sugerencia del docente, un buen programa de base de datos.
2. **Deben** crear listas de procesos o estructuras para clasificar y ordenar. Por ejemplo, blástulas, huevos, tipos de desarrollo, etc., en distintos grupos de organismos, o bien, distintas etapas y sus cambios perceptibles, como longitud, peso, etc., en el desarrollo embrionario humano.
3. Bajo la supervisión del docente de computación, **podrán** armar la base de datos que cumpla con la clasificación propuesta. Luego, **ordenen** los registros alfabética o numéricamente, o según el criterio que ustedes elijan.
4. **Pueden** utilizar la base de datos para otros proyectos de trabajo sobre capítulos de este libro.
5. **Extraigan** conclusiones interesantes a partir de los resultados de ordenación y búsqueda en sus bases de datos.



© Santillana

Unidad 3.2

El sistema digestivo

Destreza con criterio de desempeño:

Identificar las **relaciones de los procesos de organismos superiores: alimentación-excreción, circulación-respiración, equilibrio-movimiento**, desde la observación, identificación y descripción para comprender la integración de funciones en el organismo.



© Santillana

El filósofo alemán Ludwig Feuerbach (1804-1872) afirmó: «Un hombre es lo que come». Se podría hacer extensiva esta frase a todos los animales, para representar una de las funciones más importantes de los seres vivos: obtener las materias primas para procesarlos en la «fábrica química» del organismo. Y, en la mayoría de los animales, esta función es llevada a cabo por un tubo, en el cual se encuentran varias regiones especializadas que cumplen funciones específicas.

Conocimientos previos

¿En qué se diferencia la alimentación y la nutrición?

¿Cuáles son los cuatro procesos relacionados con la nutrición en las personas y los demás seres vivos?

¿Qué es necesario para mantener una alimentación sana?



Leches maternizadas.

© Santillana



para entrar en **tema**

El porqué de la lactancia

Los mamíferos deben su nombre a las glándulas mamarias; estas secretan un fluido, al que llamamos leche, que permite a las hembras alimentar a sus crías durante los primeros tiempos de vida. Este período se denomina *lactancia*, y su duración depende de la especie.

Aunque la composición de la leche materna puede variar, la que produce cada mamífero posee vitaminas y minerales que le son propios; y lo más importante, anticuerpos (un tipo especial de proteínas que reconocen a los antígenos, moléculas extrañas al organismo, y las destruyen) y glóbulos blancos, que le ayudan a proteger a su cría de las enfermedades.

El ser humano es el único que bebe leche de otras especies, en particular la de vaca. Si comparamos ambas leches, comparten el mismo tenor graso, pero la leche vacuna tiene más proteínas y menos azúcares que la humana.

La leche humana contiene agua (en cantidad) que contribuye al mantenimiento de la temperatura corporal del recién nacido, proteínas que intervienen en la síntesis de diversos compuestos químicos, anticuerpos, vitaminas

(A, D y K), minerales (hierro), ácidos grasos (fundamentales para la mielinización de las neuronas), y una gran cantidad de glóbulos blancos que protegen al lactante de diversas infecciones. El sabor dulce de la leche se debe a la lactosa; este hidrato de carbono facilita la absorción del calcio y, a su vez, es fuente de galactosa, que es esencial para la producción de galactolípidos, indispensables, por su parte, para el desarrollo del sistema nervioso central.

Debido a las propiedades nutritivas y de defensa contra las infecciones que aporta la leche materna, se produjo hace ya varios años una revalorización de esta, que llevó a la industria láctea a fabricar las llamadas leches maternizadas (también denominadas «formuladas» o «sustitutas»), que contienen casi todos los nutrientes y minerales presentes en la leche humana.

Sin embargo, es importante recalcar que ciertas moléculas, como los reguladores del crecimiento y algunas enzimas, no se encuentran en la leche de vaca ni en las formuladas, que, aunque presenten similitudes en cuanto a la composición química que poseen, la biodisponibilidad de los nutrientes es

totalmente diferente. Por lo tanto, la leche materna constituye la mejor fuente de calcio para el bebé.

Según un informe de la OPS (Organización Panamericana de la Salud), las mujeres de América Latina amamantan con leche materna de manera exclusiva por un período relativamente largo, pero este dista mucho de ser el óptimo. Lo ideal es un lapso de seis meses hasta después del primer año de vida. Esto garantiza los nutrientes esenciales para el bebé y, además, disminuye el riesgo de exponerlo a diarreas y enfermedades respiratorias.

Con el objetivo de concientizar a la población sobre las ventajas de este tipo de alimentación, todos los años, del 1 al 7 de agosto se promueve la Semana Mundial de la Lactancia Materna. Hoy en día es sabido que un bebé «que tomó la teta» tiene una excelente base nutricional para la salud no solo durante su niñez, sino también para su adolescencia y su vida adulta.

Fuentes: Fundación LACMAT –lactancia materna– (www.lacmat.org.ar); Organización Panamericana de la Salud (<http://new.paho.org/arg/>). [Consultado en mayo de 2009].

Análisis del trabajo científico

1. En el texto se mencionan diferentes nutrientes que contiene la leche materna. ¿Cuál es la función de estos nutrientes en el organismo? **Expliquen**.
2. ¿A qué se denomina *biodisponibilidad*? **Investiguen** cuál es la biodisponibilidad del hierro presente en la leche de vaca y **compárenla** con la de la leche materna.
3. **Busquen** un envase de leche común pasteurizada y otro de leche maternizada. ¿Cuáles son los componentes nutricionales de ambas leches? ¿En qué difieren? ¿Qué componentes de la leche materna son insustituibles?
4. ¿Qué precauciones deberían tomar las mamás que no amamantan a sus bebés cuando utilizan agua para disolver la leche maternizada? **Argumenten** sus razones.
5. En países menos desarrollados, las poblaciones de bajos recursos presentan casos frecuentes de diarreas provocadas por la llamada «enfermedad del biberón del bebé» y muchos casos de desnutrición, lo cual aumenta la mortalidad infantil. Estas situaciones pueden ser prevenidas con la lactancia materna. **Organicen** un debate en el que algunos de ustedes asuman diferentes roles: el de representantes de un país desarrollado; miembro de la Liga de la Leche; médico; psicólogo, y el de una madre de un país menos desarrollado.
6. **Imaginen** que son miembros de la OPS y les proponen idear un afiche para la Semana Mundial de la Lactancia Materna. ¿Cómo lo harían? **Divídanse** en grupos y **expongan** los trabajos en el patio de la escuela.

La función de nutrición y el sistema digestivo

En nuestro lenguaje cotidiano, es frecuente utilizar como sinónimos términos tales como *observar* y *ver*, *oír* y *escuchar* o *alimentarse* y *nutrirse*, pero no lo son. Al hacer un análisis más profundo, podemos advertir que no significan lo mismo. Vemos y oímos porque poseemos órganos de los sentidos especializados. Escuchamos cuando prestamos atención a lo que oímos. Observamos cuando el objeto o la situación que vemos despierta nuestro interés e incentiva nuestra curiosidad. La alimentación es solo una etapa de la nutrición, la cual implica una serie de procesos destinados a la incorporación, la asimilación y la eliminación de materia y energía.

Los organismos heterótrofos, como los hongos y los animales, deben tomar la materia orgánica directamente del medio. Para ello, el ser humano y otros animales superiores cuentan con diferentes conjuntos de órganos especializados: los sistemas digestivo, respiratorio, circulatorio y excretor. Cabe destacar que algunos animales pueden carecer de uno o más de estos sistemas, y que otros, así como también los hongos, no llegan a formar sistemas de órganos.

Dentro del contexto de la nutrición, el sistema digestivo se encarga de la ingestión, la digestión y la egestión de los alimentos.

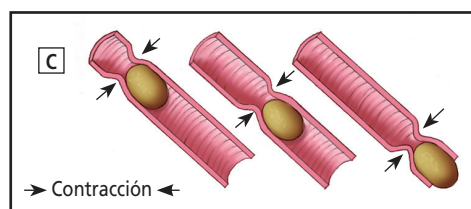
- La **ingestión** es la incorporación del alimento por la parte anterior del animal (donde está ubicada generalmente la boca).
- La **digestión** es el proceso clave de la nutrición; se basa en la incorporación del alimento y en su transformación en moléculas sencillas, las cuales son enviadas a las células del cuerpo para ser utilizadas como fuente de energía o como nutrientes esenciales.
- La **egestión** es la eliminación de los desechos del alimento, generalmente, por la parte posterior del animal (donde está ubicado el ano).

Las ilustraciones muestran las especializaciones del tubo digestivo para la absorción, la digestión, el movimiento y la eliminación del alimento. ¿Qué diferencias existen entre los organismos unicelulares y los pluricelulares durante estos procesos?

En los protozoos y en unos pocos animales (metazoos), el proceso digestivo es la **fagocitosis (A)**: las partículas alimenticias son capturadas de diferentes maneras e incorporadas, así, en el interior de la célula, donde tiene lugar la digestión.

En la mayoría de los animales, la entrada, la progresión del alimento y la salida de los desechos tienen lugar en el **tubo digestivo**. En este existen células especializadas que producen **enzimas**, gracias a las cuales las grandes moléculas de los alimentos pueden transformarse en otras pequeñas, para luego ingresar en el torrente circulatorio (**absorción**). En los organismos más complejos, el epitelio que recubre el interior del intestino presenta prolongaciones digitiformes (vellosidades intestinales) que a su vez poseen prolongaciones de menor tamaño, las microvellosidades, las cuales aumentan notablemente la superficie de absorción para los nutrientes (**B**).

Además, para facilitar la progresión del alimento —y de los desechos— por el tubo digestivo, así como la mezcla de este con las enzimas, existe abundante tejido muscular, que origina los movimientos necesarios en ambos procesos: los denominados **movimientos peristálticos (C)**.

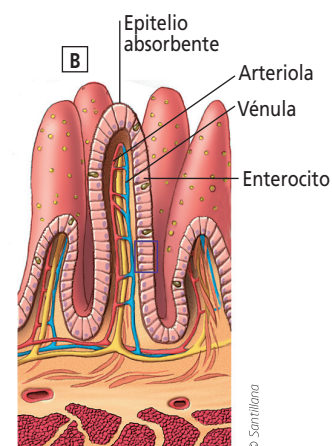
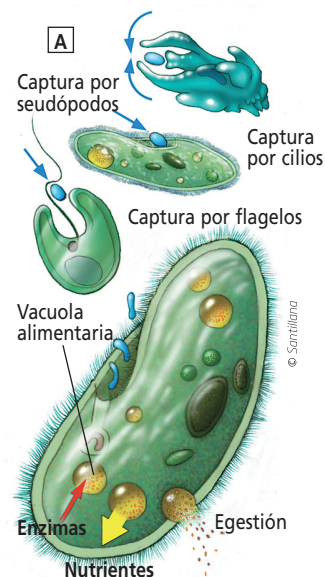


A: Esquema de la alimentación intracelular: fagocitosis y digestión. B: Esquema de las vellosidades del intestino delgado y su conexión con el sistema circulatorio: absorción. C: Movimientos peristálticos en el tubo digestivo: movimiento y eliminación del alimento.

Tarea

Define nutrición heterótrofa.

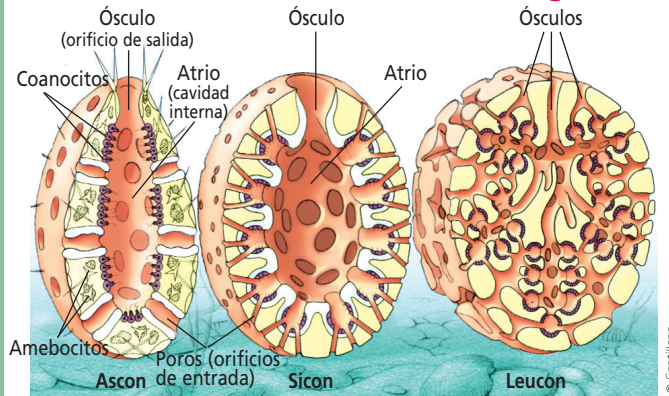
Además de los animales, ¿qué otros seres vivos tienen nutrición heterótrofa?



Evolución de las estructuras digestivas: de los poríferos a los vertebrados

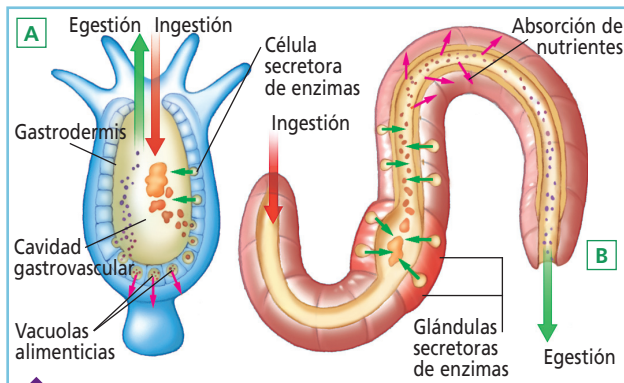
El mayor cambio evolutivo que tuvo lugar en los sistemas digestivos de los animales lo constituye el **pasaje de la digestión intracelular a la extracelular**. Solo algunos metazoos muy primitivos o muy especializados, como las esponjas, poseen **digestión intracelular**. La mayoría de los phyla de metazoos presentan **digestión extracelular**, que se realiza por completo dentro del tubo digestivo.

Digestión intracelular



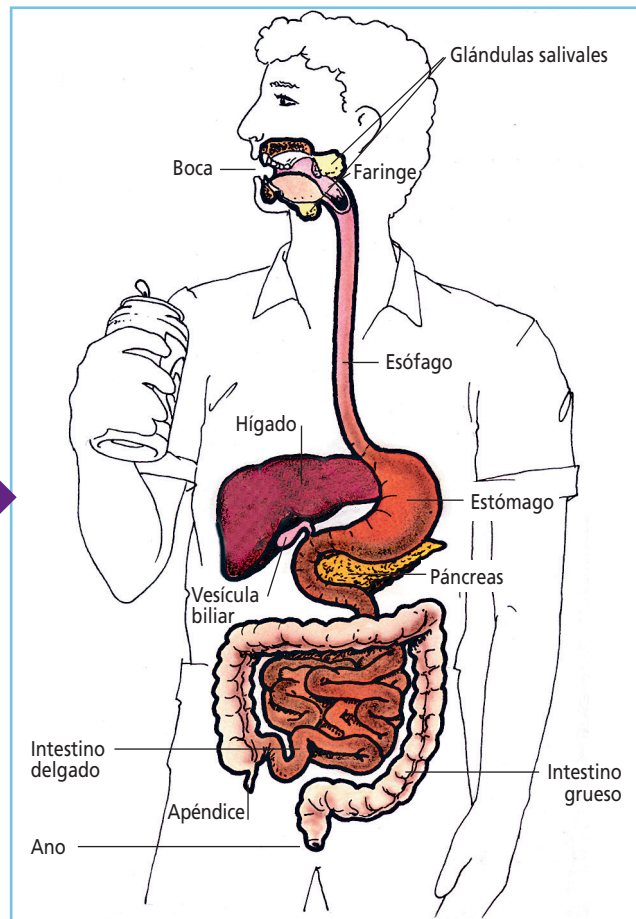
En los poríferos (esponjas), el agua que ingresa a través de los poros arrastra partículas microscópicas de alimento, las cuales son captadas por los **coanocitos** (células flageladas) y luego cedidas a los **amebocitos**, antes de ser expulsadas por el **ósculo**. Los amebocitos actúan como células aisladas, de manera análoga a las de los protistas. En la ilustración se observan tres grados de organización de complejidad creciente: ascon, sicon y leucon.

Digestión extracelular



Digestión extracelular e intracelular en animales con tubo digestivo provisto de un orificio (A, cnidario) o de dos (B, anélido). En los cnidarios (anémonas, medusas) se combinan los dos tipos de digestión. La capa interior de la pared corporal, o **gastrodermis**, contiene células especializadas en la digestión. Unas secretan enzimas en la **cavidad gastrovascular** (digestión extracelular) y otras fagocitan el alimento semidigerido (digestión intracelular). En el resto de los animales, el sistema digestivo es un conjunto complejo de órganos que forman tubos, generalmente con dos aberturas, y en los que la digestión es extracelular.

En los vertebrados, el tubo digestivo se continúa con la superficie externa del cuerpo, por lo que se considera que es una cavidad extracorpórea. En su trayecto, se anexan glándulas accesorias (salivales, hígado, vesícula biliar y páncreas), que colaboran en el proceso químico de la digestión. El tubo tiene áreas especializadas para cada proceso digestivo (boca, faringe, esófago, estómago, intestino y recto), pero la estructura de cada uno es similar.



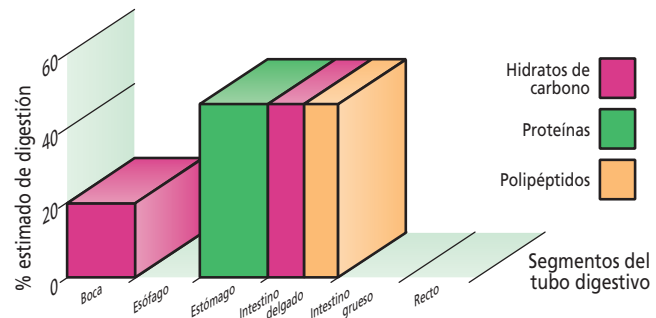
Estructura y función del sistema digestivo humano

El gráfico de la derecha ilustra el porcentaje de digestión que corresponde a los distintos segmentos del tubo digestivo. ¿En cuáles de ellos tiene lugar la digestión? ¿En cuáles no? ¿Por qué en el intestino delgado se produce solo la digestión de polipéptidos y no la de proteínas? ¿Qué pasaría si una persona no tuviera enzimas en el estómago?

En el ser humano y en otros vertebrados, el tubo digestivo y las glándulas accesorias llevan a cabo una serie de procesos mecánicos y químicos: ingestión, masticación, insalivación, deglución, digestión, absorción y egestión.

- La **digestión mecánica** es realizada por los dientes y por los movimientos peristálticos de los músculos del sistema digestivo.
- La **digestión química** es llevada a cabo por las enzimas, proteínas especiales de función catalítica, es decir, aceleradoras y reguladoras de las reacciones químicas del metabolismo. Dichas enzimas son producidas por distintos órganos (glándulas salivales, estómago, páncreas e intestino delgado) y están contenidas en la **saliva** y en los **jugos digestivos**: gástrico, pancreático e intestinal. Pero, ¿cómo actúan las enzimas en los distintos tipos de nutrientes orgánicos?
- Los **glúcidos** o **hidratos de carbono**, que aportan la energía en forma rápida durante el metabolismo celular, son degradados en la cavidad bucal gracias a las enzimas de la saliva, y luego en el intestino delgado, por las de los jugos pancreático e intestinal.
- Los **lípidos** o **grasas**, que aportan energía a largo plazo, es decir, constituyen una reserva energética para épocas de escasez, comienzan a ser degradados en el estómago por una enzima del jugo gástrico, y continúan siéndolo en el intestino delgado, por las enzimas de los jugos pancreático e intestinal.
- Las **proteínas**, macromoléculas que intervienen en la construcción y en la reparación de los tejidos, son degradadas primero en el estómago y luego en el intestino delgado, por diversas enzimas de los jugos gástrico, pancreático e intestinal.
- Los **nutrientes inorgánicos** —por ejemplo, el agua y las sales minerales— como son moléculas pequeñas no necesitan digerirse para ser absorbidas en el intestino.

Respecto de las restantes funciones del sistema digestivo, la ingestión, la masticación (trituration del alimento), la insalivación y la deglución se desarrollan en la boca; la absorción tiene lugar en el intestino delgado y, en menor proporción, en el intestino grueso; mientras que la egestión o eliminación de desechos se produce a través del intestino grueso. La clave de estas funciones está en la estructura de la pared del tubo digestivo. A continuación se muestra la del intestino delgado.



Glosario

mucosa (del latín *mucus*). Tejido epitelial con una membrana basal y tejido conectivo. En algunas áreas, tiene una delgada capa de músculo liso.

serosa (del latín *serum*, 'suero'). Capa de tejido conectivo.

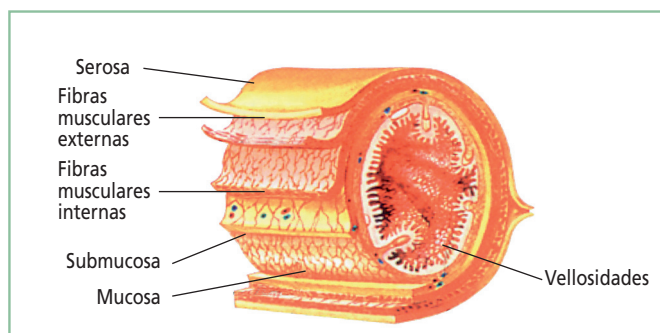
submucosa. Tejido conectivo con vasos y nervios.

Ti Trabajo individual

Realiza un esquema en el cual diferencias los aspectos químicos y mecánicos de la digestión.

I Investiga

La denominada *fibra* que abunda en los alimentos de origen vegetal, es indigerible para el ser humano. **Indaga** por qué, entonces, su consumo es necesario para mantener un sistema digestivo.



Capas de la pared del tubo digestivo.



Ingestión y comienzo de la digestión: la boca

Imagínense a ustedes a la hora del almuerzo, luego de varias horas de trabajo o de estudio. ¿Qué sucede cuando llegan a casa y huelen una exquisita comida? El aroma estimula las células olfatorias, y la proximidad de los centros nerviosos del olfato y del gusto nos hacen saborear mentalmente el menú que nos espera. El sistema nervioso autónomo estimula las glándulas salivales y «se nos hace agua la boca». Los labios y los dientes capturan el alimento y, con la ayuda de los músculos masticadores, tras la ingesta comienza la digestión.

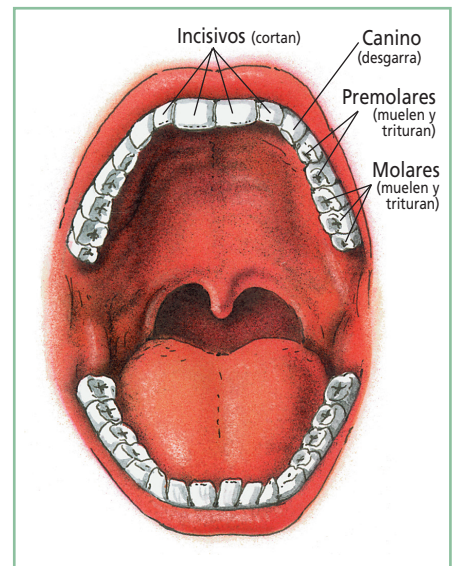
Los alimentos ingresan en el tubo digestivo por la boca. Como en la mayoría de los mamíferos, los seres humanos tenemos dos series de dientes. A los primeros, efímeros, se los llama **dientes de leche**. Son veinte y comienzan a salir entre el quinto y el séptimo mes de vida. Los treinta y dos **dientes permanentes** aparecen a partir de los cinco años.

De acuerdo con su forma y su función, se distinguen cuatro tipos de dientes: los **incisivos** cortan el primer bocado; los **caninos** desgarran el alimento; los **premolares** y los **molares** completan la masticación, triturándolo.

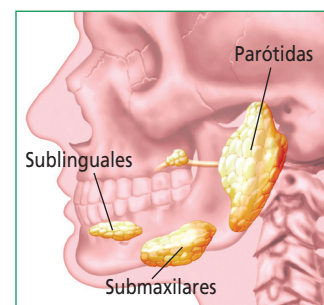
La **caries** es una enfermedad bucal corriente, caracterizada por la destrucción de los tejidos dentarios. La **placa bacteriana** (bacterias, saliva y restos alimenticios depositados sobre los dientes) se adhiere a la superficie del esmalte, genera ácidos que destruyen primero dicha sustancia, luego la dentina y, finalmente, la pulpa. Las bacterias forman colonias en las oquedades de los dientes, y si esta placa se remueve después de cada ingesta, las bacterias no tienen material alimenticio para degradar. Para prevenir las caries, es necesario cepillarse correctamente los dientes después de cada comida, utilizar una buena pasta dentífrica con flúor, que permite que el esmalte resista el ataque, y acudir al odontólogo regularmente.

Al mismo tiempo que se mastica, la saliva, ligeramente alcalina, humedece y aporta la primera enzima digestiva (la **amilasa salival**, conocida también como **ptialina**) que convierte el almidón en maltosa. La saliva es segregada por tres pares de glándulas salivales: las **parótidas**, las **submaxilares** y las **sublinguales**.

Por último, la **lengua**, órgano situado en la parte baja de la boca, mezcla el alimento y permite la deglución del bolo alimenticio, que pasa a la faringe.



Tipos de dientes.



Ubicación de glándulas salivales.

FUE NOTICIA

Las gaseosas destruyen el esmalte dental

Sucedió en Estados Unidos, en 2006...

Estudios recientes realizados por las Universidades de Iowa (Estados Unidos) y de Iceland (Islandia), publicados en la revista *British Dental Journal*, indican que el ácido de las gaseosas puede dañar los dientes. Según ambos grupos de investigación, el ácido presente en estas bebidas corroe la delgada capa de esmalte que protege externamente a los dientes, y los deja más vulnerables a infecciones o caries.

En el caso de los investigadores de Iowa, estos comprobaron el potencial de corrosión por ácido presente en cinco bebidas cola: para ello, sume-

rieron dientes en diferentes gaseosas durante 25 horas y restituyeron bebida fresca en los recipientes cada cinco horas. Luego, examinaron el índice de corrosión por ácido del esmalte, el cual resultó ser altísimo.

La Asociación Odontológica Británica fue más allá de su investigación, recomendando a las empresas fabricantes de gaseosas un cambio en sus formulaciones para reducir el impacto negativo del ácido que provoca en la dentadura este tipo de bebidas.

Fuente: <http://www.consumer.es/seguridad-alimentaria/2003/08/22/7942.php>
[Consultado en mayo de 2009].

Trabajo cooperativo

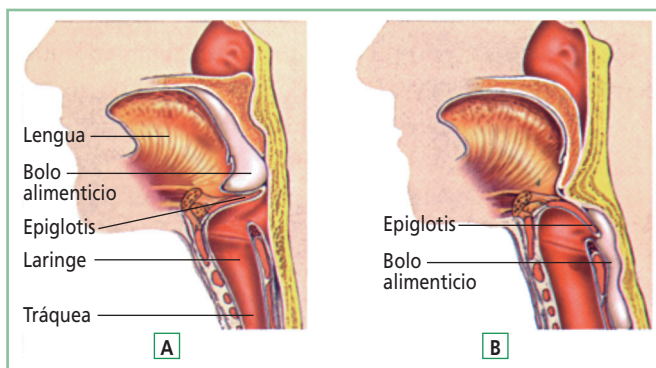
Formen grupos y **elaboren** una maqueta de la boca para explicar paso a paso cómo ocurre la digestión ahí. Para conocer en mayor detalle lo que ocurre en la boca, **visita** la siguiente página web: goo.gl/9HCNz, titulada Webfisio sobre la digestión en la boca.

Deglución y digestión: de la faringe al estómago

La **faringe** es un órgano musculoso que se comunica con las fosas nasales en su parte superior, y con el esófago, en su parte inferior. El **esófago** es un tubo cilíndrico de unos 25 cm de largo que comunica la faringe con el estómago, ubicado en la parte media de la cavidad torácica. Su cavidad interna está recubierta por **mucus** y presenta **fibras musculares**, que forman anillos. En la unión de este órgano y el estómago hay un anillo muscular o **esfínter**, denominado **cardias**, que se abre y se cierra por contracción y relajación e impide que los jugos ácidos del estómago lleguen al esófago.

La **deglución** es el proceso que permite el avance del bolo alimenticio hasta el esófago y, a través de él, al estómago.

El mecanismo de la deglución tiene lugar en dos etapas.



A: Etapa voluntaria. El bolo alimenticio es comprimido e impulsado voluntariamente hacia atrás, gracias al movimiento de la lengua contra el paladar, y pasa a la faringe.

B: Etapa involuntaria. El bolo estimula las zonas receptoras del reflejo de deglución cuando llega a la faringe, la **epiglotis**, lámina cartilaginosa que cubre la tráquea, desciende y obtura la entrada a las vías respiratorias; entonces, el bolo se dirige hacia el esófago. Los movimientos peristálticos del esófago, finalmente, conducen el bolo alimenticio hacia el estómago.

La saliva estimula la secreción de los jugos ácidos del estómago, que actúan sobre el bolo alimenticio.

El **estómago** es un órgano flexible, con forma de bolsa, que se comunica con el esófago a través del cardias, y con el intestino delgado por medio de otra válvula: el **píloro**. Contiene células especializadas en la secreción de:

- **Ácido clorhídrico** (HCl), que proporciona el medio adecuado para la acción de las enzimas y actúa como antiséptico.
- **Mucus**, que impide que la acción corrosiva del ácido destruya el epitelio estomacal.
- **Pepsinógeno**, un precursor de la **pepsina** (enzima digestiva que se encarga de la degradación de los polipéptidos).

Pero, además, el estómago produce otras enzimas, que junto con el agua, forman el **jugo gástrico**. Este transforma el alimento en una masa semilíquida (**quimo**), la cual pasará al intestino delgado a través del píloro.

Patologías del estómago

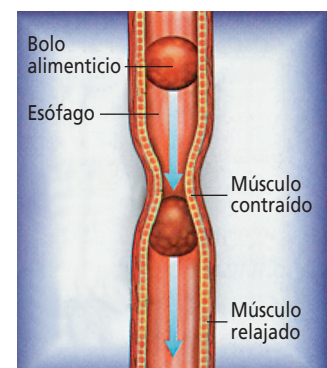
- La **gastritis** es cualquier inflamación de la mucosa gástrica, y se caracteriza por una erosión (lesión) superficial de la mucosa que cubre la cavidad interna del estómago.
- La **úlcera gástrica** se produce cuando la capa de mucus es escasa o la secreción del jugo gástrico es abundante y el ácido clorhídrico corroe las paredes estomacales desprotegidas. Si la úlcera avanza, puede afectar a un vaso sanguíneo, provocar hemorragias y hasta erosionar por completo la pared estomacal.

Las lesiones de ambas enfermedades pueden predisponer a contraer **cáncer de estómago** y, al parecer, los casos crónicos de ambas están correlacionados con la presencia de la bacteria *Helicobacter pylori*. También se asocian con el estrés y el consumo de medicamentos.

Investiga

Si por algún motivo el bolo alimenticio equivoca su camino y se dirige hacia la tráquea en lugar de la vía digestiva, provoca obstrucción respiratoria, que puede causar asfixia y, como consecuencia, la muerte, en un lapso de 5 minutos. El único medio para salvar a la víctima es la maniobra de Heimlich.

Observa la ilustración e **investiga** en qué consiste. ¿Existen lugares en nuestro país en donde se enseñe esta maniobra?



El peristaltismo (del griego *perí*, 'alrededor de', y *stalsis*, 'contracción') es una onda de contracciones musculares involuntarias, que empuja el bolo alimenticio a través del tubo digestivo. Esto permite el transporte eficaz de los líquidos y los sólidos hacia el estómago, y logra hacerlo aun al vencer la fuerza de gravedad.

Tarea

Lee sobre la gastritis y la úlcera gástrica y **prepara** un reporte sobre sus características, causas y recomendaciones médicas.



Digestión química y absorción: el intestino delgado

El **intestino delgado** es un tubo largo, de unos siete metros, plegado sobre sí mismo. Está recubierto en su interior por células secretoras de mucus, que lo protegen de la acidez del quimo estomacal. El alimento que se encuentra en la luz del intestino provoca un acto reflejo, que inicia inmediatamente la contracción del músculo. Este peristaltismo hará avanzar el alimento hacia el intestino grueso.

El intestino delgado se divide en tres porciones: el **duodeno** (la parte más cercana al estómago), el **yeyuno** (la parte media) y el **íleon** (el tramo final). El duodeno es la porción más activa en el proceso digestivo, ya que allí se produce el **jugo intestinal**, el cual contiene gran cantidad de enzimas propias. Además, recibe las secreciones del hígado, de la vesícula biliar (**bilis**) y del páncreas (**jugo pancreático**).

La bilis no contiene enzimas y trabaja como un detergente: emulsiona las grasas, fragmentándolas en gotitas, lo cual favorece la ulterior acción de las enzimas (lipasas). La bilis contiene **colesterol**, **sales** y **pigmentos biliares**, como la **bilirrubina**.

Por su parte, el jugo pancreático es un líquido alcalino —una mezcla de agua, bicarbonato de sodio y enzimas—, que transforma el pH (del valor 1 del estómago a 7 u 8) y lo adecúa a la acción enzimática correspondiente.

¿Cómo se produce la digestión química en el intestino? El quimo procedente del estómago, al recibir las secreciones intestinales y de las glándulas accesorias, se transforma en **quilo**. Las macromoléculas del quilo llegan al estado de monómeros por la acción enzimática. ¿Qué enzimas aportan los jugos intestinal y pancreático?

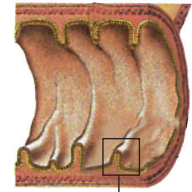
Enzima	Jugo digestivo	Acción: degrada
Carboxipeptidasa	Intestinal	las proteínas a oligopéptidos y aminoácidos.
Aminopectidasa	Intestinal	los oligopéptidos a dipéptidos.
Dipeptidasa	Intestinal	los dipéptidos a aminoácidos.
Quimiotripsina y tripsina	Pancreático	los polipéptidos a aminoácidos.
Enteroquinasa	Intestinal	los polipéptidos a aminoácidos.
Lipasa	Intestinal y pancreático	los lípidos a ácidos grasos y monoglicéridos.
Maltasa, lactasa y sacarasa	Intestinal	los disacáridos (maltosa, lactosa y sacarosa) a monosacáridos.
Amilasa pancreática	Pancreático	los polisacáridos (almidón y glucógeno) a disacáridos (maltosa).
Ribonucleasa	Pancreático	el ARN a ribonucleóticos.
Desoxirribonucleasa	Pancreático	el ADN a desoxirribonucleótidos.

Acción de las enzimas de los jugos gástricos.

El intestino delgado tiene la particularidad de estar revestido por microscópicas prolongaciones con forma de dedos, las **vellosidades intestinales**. Cada una de ellas, a su vez, está revestida por prolongaciones citoplasmáticas llamadas **microvellosidades**.

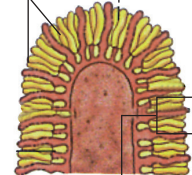
Las **microvellosidades** cumplen la función de absorción, en este caso, de los alimentos transformados en quilo, y ceden a la sangre los derivados simplificados de los compuestos orgánicos, es decir, sus monómeros, los pilares del metabolismo del organismo. El resto de los materiales sigue su camino hacia el intestino grueso.

Pliegue epitelial



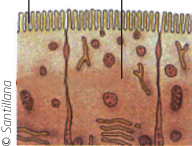
A

Vellosidades



B

Microvellosidades



C

Para lograr una absorción eficiente, existen tres niveles sucesivos de repliegues que aumentan al máximo la superficie de la pared interna del intestino delgado.

A: El epitelio de la membrana mucosa presenta pliegues en toda su longitud.

B: Cada pliegue tiene vellosidades, pliegues menores filiformes, con los que aumenta la superficie de absorción.

C: Cada célula de la vellosidad presenta microvellosidades.

Si el intestino fuera un tubo liso, solo tendría 4 m²; gracias a estos pliegues, aumenta hasta alcanzar los 300 m².



© Santillana

Microfotografía de un corte de intestino, que muestra tres vellosidades con sus respectivas microvellosidades. A cada microvellosidad se asocian arteriolas y vénulas, y la red capilar que estas forman envuelve a un vaso linfático que transporta el ácido graso, el glicerol y otros productos de la degradación de los lípidos.

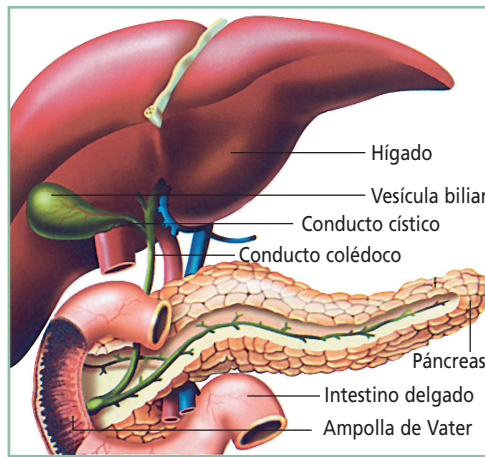
Hígado, vesícula biliar y páncreas

El **hígado** es el órgano más grande del cuerpo, ya que pesa aproximadamente 1,5 kg y se aloja por debajo y a la derecha del diafragma. Está formado por células especializadas, los **hepatocitos**. Entre las comidas, la sangre transporta los monómeros desde las vellosidades intestinales hasta los hepatocitos, donde se producen importantes reacciones metabólicas, entre ellas, la glucogenogénesis, la glucogenólisis, la gluconeogénesis, el almacenamiento de hierro, vitaminas y sangre, la formación de anticuerpos, la polimerización de los aminoácidos, su desaminación para formar nuevos aminoácidos, la lipólisis, etcétera.

Además, en el hígado se producen unos 800 ml diarios de bilis, que se almacenan y se concentran en la **vesícula biliar**. En ella también se forma bilis, lo que aumenta su concentración, que luego es liberada en el duodeno a través del **conducto colédoco**, formado por el **cístico** y el conducto hepático.

En ciertas condiciones anormales —cuando la secreción de bilis contiene dosis elevadas de colesterol— este y las sales biliares pueden precipitar, formando «piedras» de diversos tamaños, los **cálculos biliares**.

La otra glándula accesoria importante es el **páncreas**, ubicada por debajo del estómago y cuya porción exócrina produce el jugo pancreático, mientras que la porción endócrina produce hormonas.



La organización anatómica del hígado, la vesícula biliar, el páncreas y el intestino delgado permite una correcta integración funcional.

Absorción de agua y egestión: el intestino grueso

La porción final del tubo digestivo está constituida por el **intestino grueso**, un tubo de 1,50 m de longitud. Se halla inmediatamente después del intestino delgado y se comunica con este por medio de la **válvula ileocecal**. Aquí tiene lugar la última etapa en el camino de los alimentos: continuará la absorción de agua y de iones minerales presentes en el quilo, que comenzará en el tracto anterior.

En el intestino grueso pueden diferenciarse cuatro zonas: el **colon ascendente**, el **colon transverso**, el **colon descendente** y el **recto**. La primera porción del colon ascendente es el **ciego**, una bolsa pequeña en el ser humano pero mucho mayor en los herbívoros, ya que allí se alojan los microorganismos que degradan la celulosa.

En el colon tiene gran importancia la acción de las bacterias simbiotas, las cuales constituyen la **flora intestinal normal**, que se desarrolla también en el intestino delgado. Dicha flora actúa sobre los alimentos que aún no pudieron ser digeridos, con lo cual se obtienen algunos aminoácidos y vitaminas (fundamentalmente, la **vitamina K**, indispensable para la coagulación sanguínea). Como producto del metabolismo de la flora intestinal se obtiene el gas **metano**, que se elimina por medio de flatulencias. La cantidad y calidad de este gas dependen de la comida ingerida.

Gracias a la absorción de agua, el contenido del intestino se hace cada vez más sólido, hasta formar la **materia fecal**, constituida por agua, bacterias, células muertas, celulosa y otras sustancias indigeribles. El color marrón se debe a la **estercobilina**, pigmento originado por el metabolismo de la hemoglobina. El mucus segregado por las paredes del colon lubrica el desplazamiento de las heces hacia el recto y su posterior expulsión, a través del **esfínter anal**.

Glosario

glucogenogénesis o glucogénesis (del griego *gluk(o)*-, ‘vino dulce’; *génesis*, ‘producción’). Formación de glucógeno a partir de moléculas de glucosa.

glucogenólisis (*ly-sis*, ‘descomposición, disolución’). Formación de glucosa a partir de glucógeno.

gluconeogénesis (del griego *neo*-, ‘nuevo’). Formación de glucosa a partir de los ácidos grasos.

lipólisis (del griego *lipos*, ‘grasa’). Degradación o destrucción de las grasas.

polimerización. Formación de polipéptidos y de proteínas a partir de los aminoácidos.

Trabajo cooperativo

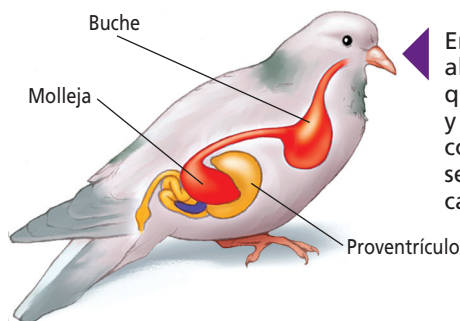
La cirrosis y la hepatitis son dos de las principales patologías que afectan el funcionamiento del hígado. **Investiguen** en qué consiste cada una y cómo se las puede evitar. **Averigüen**, además, qué es la **ictericia**.

a) El colon irritable consiste en un conjunto de síntomas, entre ellos, dolor e inflamación abdominal, que se relaciona con el estado de ansiedad y con la tensión nerviosa. ¿Por qué se contraindican el café y los alimentos irritantes —como el ají— a las personas que padecen de esta enfermedad?

b) ¿Qué es la diarrea y cómo se la puede prevenir?

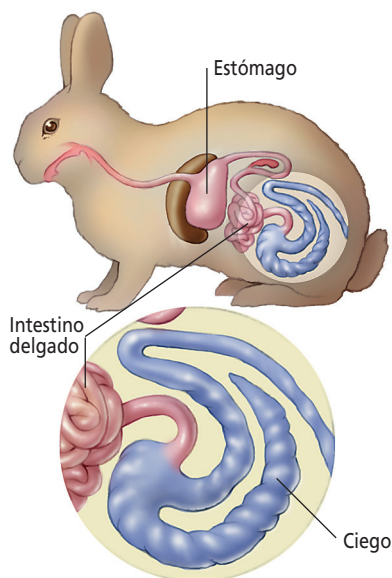
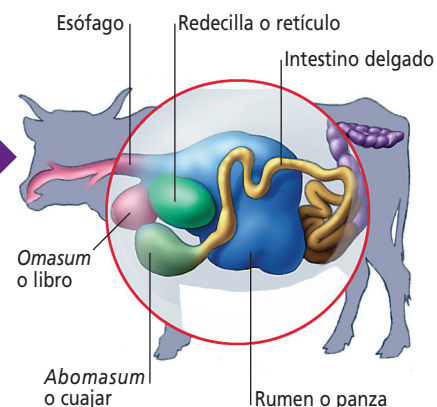
Sistemas digestivos especializados

El sistema digestivo de los vertebrados suele presentar diferencias anatómicas que guardan relación con los distintos regímenes alimentarios. Una serie de observaciones prácticas nos permite predecir el tipo de alimentación de un animal a partir de la estructura de su sistema digestivo.



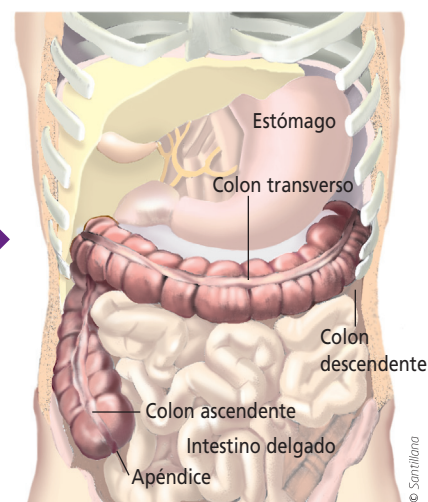
En las aves, el **buche** (esófago dilatado) almacena, humedece y ablanda los alimentos. El estómago presenta dos zonas diferenciadas: el **proventrículo**, que segrega jugos digestivos, y la **molleja**, cuyas gruesas paredes musculares y su revestimiento córneo se encargan, junto con las piedritas que ingieren con el alimento, de la trituración mecánica de este. Las aves granívoras (que se alimentan de semillas) tienen un desarrollo mayor de la molleja, y las carroñeras, del buche.

En los mamíferos herbívoros **rumiantes**, como la vaca, el estómago se halla muy modificado y dividido en cuatro cavidades. En el **rumen** o **panza** —la cavidad más grande— hay protozoos y bacterias simbiotes que degradan la celulosa (es decir, actúa como una cámara de fermentación). Las otras cavidades son el **retículo** (o **redecilla**), el **omasum** (o **libro**) y el **abomasum** (o **cuajar**). El alimento deglutido pasa al rumen donde, tras la fermentación, se convierte en bolas compactas. Estas vuelven a la boca, son masticadas y deglutidas de nuevo y pasan otra vez al rumen. Luego, el alimento degradado continúa su trayecto hacia las restantes cavidades; en el cuajar —el último tramo— es donde finalmente tiene lugar la verdadera digestión.



Otros mamíferos herbívoros, como las liebres y los conejos, al igual que algunos roedores, cuentan con una gran cámara de fermentación bacteriana, el **ciego**; en realidad, este es un apéndice del intestino —se halla situado detrás del intestino delgado— que es la principal zona de absorción. Por eso, no pueden absorber directamente los productos de la digestión y del metabolismo bacteriano. Para salvar este obstáculo, esos mamíferos producen dos clases de heces: las pelotitas duras, que todos conocemos, y otras más grandes y menos compactas, que provienen del ciego. Estas se producen únicamente de noche, y el animal las come directamente del ano, con lo que así se origina un segundo paso a través del intestino. Estas heces contienen metabolitos esenciales, sin los cuales el animal perecería.

En el ser humano, a partir del ciego se forma el **apéndice**, vestigio de nuestros antepasados herbívoros, para los cuales este resultaba sumamente útil (allí se lleva a cabo la fermentación bacteriana), y que intervendría en el sistema inmunitario por la gran cantidad de tejido linfático que posee. Por su ubicación, muchas veces se irrita, se inflama y luego se infecta (**apendicitis**). Si el apéndice llega a romperse y su contenido bacteriano se derrama en la cavidad abdominal, afecta al peritoneo y se produce la **peritonitis**, un trastorno grave que puede llegar a ser mortal.



Identifica los órganos involucrados en el sistema digestivo y las funciones que realizan.

1. En las siguientes selecciones múltiples, **completa** el encabezado con el nombre del órgano que cumpla con tres de las cinco funciones detalladas. **Elige** esos órganos de la lista que figura abajo. Luego, **arma** una descripción ordenada de las funciones del sistema digestivo y del trayecto que siguen los alimentos en él. **Dibuja** este recorrido en tu cuaderno.

Boca – Faringe – Esófago – Intestino delgado – Estómago – Vesícula biliar – Páncreas – Hígado – Intestino grueso

- I.**
- Tiene también función endócrina.
 - Segrega la enteroquinasa y la maltasa.
 - Absorbe agua e iones minerales.
 - En un tramo de este órgano se origina el apéndice, que tendría función inmunitaria.
 - Forma la materia fecal.
- II.**
- Recibe el alimento proveniente de la boca luego de la deglución.
 - Órgano en el que actúa la amilasa, que inicia la digestión de los hidratos de carbono.
 - Recibe las secreciones del páncreas.
 - Órgano tubular y musculoso que se comunica con las fosas nasales.
 - Recibe el bolo alimenticio gracias al movimiento de la lengua contra el paladar.
- III.**
- Sus células producen ácido clorhídrico.
 - Se obtienen aminoácidos a partir de los polipéptidos por la acción de determinadas enzimas, como la tripsina.
 - Se obtienen polipéptidos a partir de las proteínas, por acción de la pepsina.
 - Tiene un esfínter denominado *pilórico*, que permite el pasaje del bolo alimenticio hacia otro segmento del tubo digestivo.
 - En él actúan las enzimas ribonucleasas y desoxirribonucleasas.
- IV.**
- Produce movimientos peristálticos.
 - En él tiene lugar la digestión de los hidratos de carbono.
 - En su base se encuentra un anillo muscular, que se contrae para cerrarlo y se relaja para abrirlo.
 - Sus células producen ácido clorhídrico.
 - Interviene en la etapa involuntaria de la deglución del alimento digerido

- V.**
- Segrega un jugo de pH ácido.
 - En él se produce la digestión de las grasas, que se transforman en ácidos grasos y glicerol.
 - En él tiene lugar la digestión de los hidratos de carbono, maltosa, sacarosa y lactosa.
 - Segrega la bilis.
 - Permite la absorción de muchos nutrientes.
- VI.**
- Es el único órgano que produce la bilis.
 - Se encarga de concentrar la bilis.
 - Almacena la bilis que recibe del hígado.
 - En él actúan las lipasas.
 - Descarga la bilis en el intestino.
- VII.**
- En él se almacenan hierro, vitaminas y sangre.
 - Produce la bilis.
 - Actúa en la absorción de agua.
 - Se encarga la glucogenólisis.
 - En él actúan la tripsina y la quimiotripsina.
- VIII.**
- Almacena las secreciones de la vesícula biliar.
 - Produce la quimiotripsina y la tripsina.
 - Tiene también una función endócrina.
 - Tiene un pH alcalino por la producción de bicarbonato de sodio.
 - Participa en la deglución.

Reconoce los jugos y enzimas producidas por los órganos del sistema digestivo y la función que realizan.

2. **Copia y completa** el cuadro con las referencias que faltan.

Órgano	Jugo y/o enzima que produce	Función
Boca		Transforma el almidón en maltosa.
Estómago		Transforma las proteínas en péptidos.
	Ácido clorhídrico	
Intestino delgado	Enteroquinasa	
	Aminopeptidasa	
		Convierte los dipéptidos en aminoácidos.
	Maltasa	
		Convierten la sacarosa en monosacáridos.
	Lactasa	
	Bilis	
Páncreas		Eleva el pH a 7 u 8, con lo que se favorece la acción enzimática.
	Amilasa pancreática	
		Transforman los ácidos nucleicos en nucleótidos.
	Lipasa pancreática	Hidroliza las grasas y las convierte en glicerol y ácidos grasos.
	Tripsina, quimiotripsina	

Identifica las funciones del hígado.

3. Asocia las funciones de la columna de la izquierda con el concepto correspondiente de la columna de la derecha.

Funciones del hígado	Finalidad
A. Glucogenogénesis	1. Formación de glucosa a partir del glucógeno.
B. Glucogenólisis	2. Formación de nuevas proteínas.
C. Gluconeogénesis	3. Eliminación de sustancias venenosas o medicamentos que ingresan en el organismo.
D. Polimerización de aminoácidos	4. Formación de glucógeno a partir de moléculas de glucosa.
E. Desaminación	5. Eliminación de bacterias y virus patógenos.
F. Lipólisis	6. Degradación de las grasas.
G. Reacciones de desintoxicación	7. Formación de nuevos glóbulos rojos.
H. Almacenamiento de hierro y vitaminas	8. Formación de aminoácidos nuevos.
I. Fabricación de anticuerpos	9. Formación de glucosa a partir de ácidos grasos.

Analiza la función de la enzima lactasa.

4. Analiza el texto y **responde** las preguntas.

El período durante el cual los mamíferos dependen de la leche para nutrirse [...] varía con la especie. Los conejos maman durante solo pocos días; los gatos, durante 6 a 10 semanas; las hienas y los seres humanos, durante un año; los elefantes, durante 4 o 5. Sin embargo, [...] una vez que la lactancia ha terminado, no solamente se detiene el consumo de leche sino que también hay una disminución en el nivel de lactasa [...]. Los descendientes de europeos septentrionales tienen mucha más probabilidad de poseer esta enzima cuando son adultos que los descendientes de africanos o de mediterráneos. Esta distribución del alelo (o gen que se activa o inactiva) aparentemente se correlaciona con el hecho de que los septentrionales muy probablemente consumían leche (incluso leche de reno) cuando adultos, mientras que las poblaciones de climas cálidos, si llegaban a usar leche, utilizaban productos lácteos fermentados, como el queso o el yogur ...

Fuente: Curtis, H. y Barnes, N. *Biología*, 5.a edición. Buenos Aires, Editorial Médica Panamericana, 1993.

- ¿Qué relación existe entre el consumo de leche y la presencia de lactasa?
- ¿Por qué crees que el consumo de yogur y de queso no favorecen la producción de esta enzima?
- ¿En qué porción del sistema digestivo es segregada la lactasa?
- ¿Sobre qué alimentos actúa? ¿Cuáles son los productos de su acción digestiva?

Resuelve problemas relacionados con la nutrición y el sistema digestivo.

5. Supón que cada uno de los alimentos siguientes fue ingerido separadamente uno del otro. De acuerdo con esas condiciones, fue medida la secreción de amilasa salival por centímetro cúbico. **Explica** los resultados observados.

Alimento	Secreción de amilasa/cm ³
Carne	25
Papas	100
Pan	215
Manteca	20
Agua	9

6. Al consultorio de un médico nutricionista llegaron cuatro pacientes:

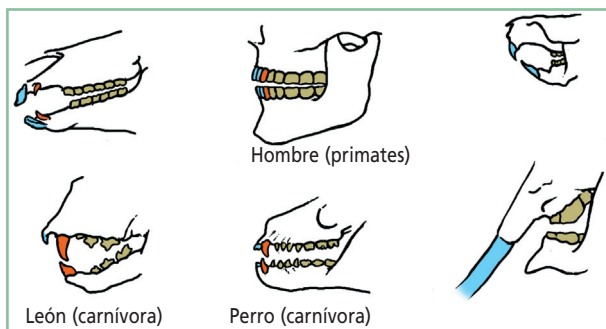
- La señorita Pérez, con diagnóstico de úlcera péptica.
- La señora Arregui, que padecía de hepatitis.
- El señor Libonatti, con una dolencia ocasionada por colon irritable.
- La señora de Barrio, con su hijo con diarrea.

El especialista prescribió dietas para cada uno de ellos, con algunas recomendaciones especiales. La secretaria mezcló las indicaciones entre sus papeles. **Ayúdala** a entregarlas correctamente.

- Dieta A**
Sopa de vitina o de sémola con caldo desgrasado y abundante queso rallado; pollo hervido con puré de zanahorias; gelatina; té; agua mineral abundante. Condimentar con sal.
- Dieta B**
Dieta normal: eliminar grasas, chocolates y alcohol. No consumir medicamentos de ninguna clase.
- Dieta C**
Consumir abundantes lácteos y sus derivados, verduras y carnes cocidas. Eliminar el cigarrillo, las frituras, el alcohol, las frutas y las verduras crudas.
- Dieta D**
Eliminar de la dieta el consumo de picantes, ají y café. Consumir preferentemente té de tilo. Incrementar la actividad al aire libre.

1. Una de las modificaciones más destacadas de los mamíferos, y que ha permitido el análisis evolutivo de su registro fósil, tiene que ver con los dientes de diferente forma (heterodoncia), estructuras para la captura y la masticación de los alimentos. En ellos, las cavidades bucales responden a un patrón de dentición básico (dos incisivos, un canino, dos a cuatro premolares y dos molares por cuadrante), que pueden experimentar modificaciones.

Observen y **comparen** las siguientes denticiones. **Encuentren** las que correspondan a cada tipología que se describe a continuación.



- Los herbívoros presentan incisivos con coronas filosas, biseladas, para cortar pastos y hierbas. En el lugar de los caninos (ausentes), es llamativa la presencia de un espacio sin dientes, la diastema (del griego *diastema*, 'intervalo'). Los molares muy desarrollados facilitan la trituración de las fibras.
- Los carnívoros muestran un considerable desarrollo de los caninos, cuyas coronas cónicas pueden desgarrar las fibras musculares.
- Los omnívoros, al carecer de una dieta diferenciada, también tienen una dentición no especializada.

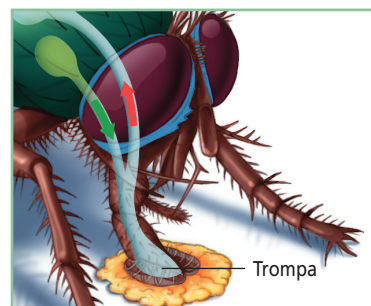
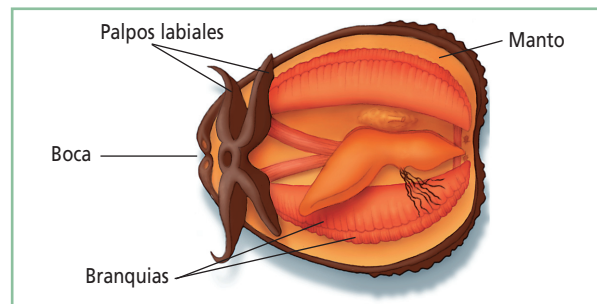
- Respondan:** ¿Qué tipos de diente son los colmillos de los elefantes? ¿Para qué los usan?
- Busquen** información acerca de cuáles son los mamíferos que tienen dientes reducidos, homodontes (dientes iguales) o los que los han perdido por completo.

2. En algunas estrellas de mar y en las arañas, la digestión comienza fuera de la boca. **Investiguen:** ¿Cómo es este tipo de digestión? ¿Dónde se lleva a cabo? ¿Qué otras adaptaciones tienen los organismos que presentan esta forma de digestión?



© Archivo Corel

3. **Analicen** las siguientes ilustraciones e **investiguen** sobre la forma de alimentación y la estructura del sistema digestivo de un mejillón y de una mosca.



© Santillana

- ¿Qué adaptaciones especiales existen en estos organismos para la captura del alimento?
- ¿Cuáles son las funciones de los órganos mencionados?
- ¿Existen adaptaciones especiales en el tubo digestivo de estos organismos?

4. **Formen** equipos de dos o tres compañeros para analizar e investigar sobre las adaptaciones de los sistemas digestivos de los siguientes animales. Luego, **respondan** las preguntas.



Rana



Hidra



Mariposa



Caracol



Planaria

© Santillana

- ¿Cuáles son las características sobresalientes de cada sistema digestivo? ¿Y las principales adaptaciones?
- ¿Qué es la espiritrompa de las mariposas? ¿Y el hepatopáncreas de los caracoles? ¿Cómo es la faringe de muchos platelmintos y cómo actúa en la captación del alimento?

Acción enzimática

Objetivo

Verificar la acción de las enzimas sobre los alimentos.

Materiales:

Diez tubos de ensayo; una pipeta; agua destilada; tres vasos de precipitación; hielo picado; un termómetro; almidón; cuatro cápsulas de Petri; solución de Lugol; licor de Fehling A y B; la clara de un huevo duro; un cristallizador; 1 g de pepsina sólida; una varilla de vidrio; un gotero; ácido clorhídrico; detergente líquido; aceite; pinzas para tubos de ensayo; un mechero de Bunsen.

Procedimiento

Acción digestiva de la saliva

1. **Rotulen** los tubos de ensayo de 1 a 4. **Pongan** 2 ml de saliva en los tubos 1, 2 y 3 y, en el tubo 4, 2 ml de agua destilada. Para eso **usen** la pipeta.
2. **Hiervan** 10 ml de agua destilada en un vaso de precipitación y **viertan** 2 ml en el tubo 1.
3. En otro vaso de precipitación, **coloquen** hielo picado e **introduzcan** el tubo 2.
4. **Midan** con el termómetro la temperatura del agua hervida: cuando alcance 36 °C, **echen** 2 ml en los tubos 3 y 4.
5. En otro vaso de precipitación, **preparen** una suspensión de agua y almidón al 5% (5 g de almidón en 100 ml de agua). **Agreguen** 1 ml de esa suspensión en cada uno de los tubos de ensayo y **dejen** reposar durante 15 minutos.
6. **Rotulen** las cápsulas de Petri de 1 a 4. **Viertan** en ellas parte del contenido de los tubos de ensayo respectivos.
7. **Coloquen** sobre cada muestra 10 gotas de Lugol. **Establezcan** un orden creciente de intensidad de la reacción.
8. **Agreguen** 0,5 ml de licor de Fehling A y 0,5 ml de Fehling B en cada tubo de ensayo y **calienten** hasta la ebullición. **Ubíquenlos** por orden creciente de reacción.



Acción digestiva del jugo gástrico

1. **Rotulen** otros cuatro tubos de ensayo de 1 a 4. **Introduzcan** en cada uno de ellos trocitos iguales de clara de huevo duro.
2. En un cristallizador, **mezclen** 20 ml de agua con 1 g de pepsina y **revuelvan** con la varilla de vidrio hasta disolver. **Pongan** 10 ml de esa solución en el tubo 1.
3. En el tubo 2, **agreguen** 10 ml de ácido clorhídrico.
4. En el tubo 3, **viertan** 5 ml de solución de pepsina y 1 ml de ácido clorhídrico.
5. En el tubo 4, **echen** 10 ml de agua corriente.
6. **Dejen** reposar los tubos durante 48 horas y **anoten** sus observaciones.

Acción de la bilis sobre los lípidos

1. **Rotulen** los tubos de ensayo 1 y 2. En el tubo 1, **coloquen** 5 ml de agua destilada; y en el 2, **viertan** 5 ml de detergente mezclado con agua.
2. **Agreguen** tres gotas de aceite en cada tubo y **agiten**.
3. **Registren** lo que sucede en cada caso.

Conclusiones

Acción digestiva de la saliva

- a. ¿Qué compuesto reconoce el Lugol? ¿Y el licor de Fehling?
- b. ¿Cuál es la acción digestiva de la saliva?
- c. ¿En cuál de los tubos se produce una reacción enzimática mayor?
- d. ¿Qué relación se verifica entre la intensidad de la reacción enzimática y la temperatura?
- e. ¿Qué ocurriría si la temperatura de la boca fuera de 5 °C?

Acción digestiva del jugo gástrico

- a. ¿Sobre qué alimentos actúa la pepsina? ¿Cuál es su acción?
- b. ¿Cuál de los tubos reproduce con mayor fidelidad lo que ocurre dentro del estómago?
- c. ¿Qué función cumple el ácido clorhídrico en la digestión?

Acción de la bilis sobre los lípidos

- a. ¿Cuál de los tubos simula la acción de la bilis?
- b. ¿Qué sucedería en el intestino si con la digestión de los lípidos ocurriera lo mismo que en el otro tubo?

Unidad 3.3

El sistema respiratorio

Destreza con criterio de desempeño:

Identificar las **relaciones de los procesos de organismos superiores: alimentación-excreción, circulación-respiración, equilibrio-movimiento**, desde la observación, identificación y descripción para comprender la integración de funciones en el organismo.



© Sanitiliana

De los gases que componen el aire, el oxígeno resulta indispensable para el mantenimiento de las funciones vitales de la gran mayoría de los seres vivos, incluido el ser humano. El mecanismo de captación de oxígeno del aire o el disuelto en el agua es, desde hace unos 2 100 millones de años, la respiración aerobia.

Conocimientos previos

¿En qué consiste la respiración?

¿Qué órganos están involucrados en el proceso de respiración?

¿Qué gas tomamos del aire y cuál expulsamos mediante la respiración?



© Archivo Corel



© Sanitiliana





para entrar en **tema**

La «borrachera» de las profundidades

De todas las enfermedades que afectan a los buceadores, la más común —y, pese a eso, la más imperfectamente conocida— es la «borrachera» de las profundidades o, hablando con mayor propiedad, la narcosis por nitrógeno.

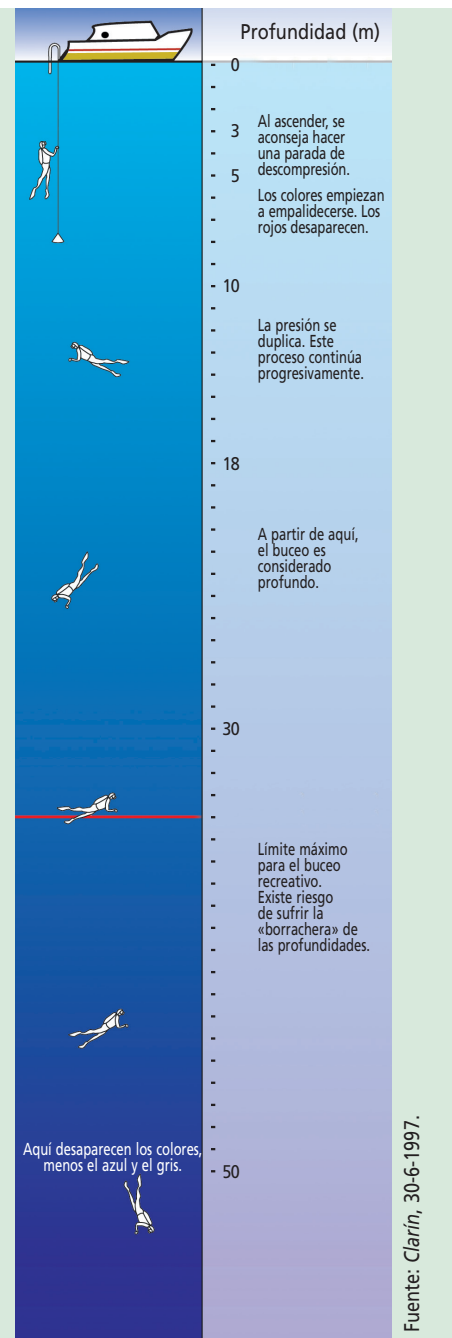
Los científicos que se dedican a estudiar este mal llegaron a la conclusión de que el ascenso rápido a la superficie determina una descompresión violenta del organismo (de ahí que también se llame a la narcosis «enfermedad por descompresión»). Esta se debe a que el nitrógeno disuelto en la sangre deja de ser soluble en el plasma —por el brusco descenso de la presión externa— y forma pequeñas burbujas en el tejido sanguíneo, que impiden que fluya normalmente. Esto ocasiona mareos, dolores en las articulaciones, fatiga e, incluso, inconciencia, que pueden llevar a la muerte. Para evitar este mal, el buceador debe realizar un ascenso y un descenso lentos de las profundidades para permitir la acomodación del organismo. Por eso, cuando los buzos ascienden a la superficie con lentitud, el nitrógeno disuelto en la sangre se elimina normalmente a través del pulmón.

Las investigaciones han demostrado que, en el 49% de los accidentes por descompresión, las personas habían bebido alco-

hol al menos 24 horas antes de la inmersión; pequeñas dosis de alcohol incrementan el riesgo de accidentarse. Esto se debe a que esta bebida aumenta los riesgos de deshidratación, porque actúa como un diurético, provocando mayor eliminación de orina. Se calcula que dicha eliminación aumenta 10 ml por cada gramo de alcohol ingerido.

La deshidratación perjudica la expulsión normal de nitrógeno del organismo, que entonces se acumula en los tejidos y aumenta el riesgo de que el buceador sufra narcosis por descompresión. Además, los efectos negativos del alcohol y del nitrógeno se potencian: beber dos copitas de vino antes de sumergirse a 30 metros de profundidad tiene el mismo efecto que una inmersión a 60 metros sin haber bebido, por lo que los problemas de narcosis —que afecta a los buceadores que descienden a más de 40 metros— también preocupa a los que descienden menos y han ingerido alcohol.

Fuente: Fundación Escuela de Recuperación Submarina (www.fers.org.ar/main1.htm); M@re Nostrum (marenostrum.org/).



Análisis del trabajo científico

1. **Analicen** la infografía: ¿A cuántos metros el buceo es considerado profundo? ¿Cuál es el límite máximo para el buceo recreativo? ¿A partir de qué punto puede experimentarse la «borrachera» de las profundidades?
2. **Respondan:** ¿Qué importancia tienen, en la práctica de este deporte, el entrenamiento y la aclimatación?
3. ¿Les parece que los buceadores tendrían que conocer algunos principios básicos de fisiología humana? ¿Cuáles? **Justifiquen** su respuesta.
4. ¿Por qué, en la inmersión, el nitrógeno del organismo forma burbujas y el oxígeno no? ¿El nitrógeno es un gas importante para la respiración? **Justifiquen**.
5. ¿Cómo se puede evitar la «borrachera» de las profundidades? **Argumenten** sus respuestas.
6. ¿Cuáles son, actualmente, los grupos de riesgo de la enfermedad por descompresión? ¿Piensan que también puede afectar a los astronautas y a los pilotos? **Expliquen**.

¿Por qué respiramos?

Los primeros seres humanos que ascendieron a las cumbres de las montañas seguramente sintieron los efectos del llamado **mal de las alturas**. A unos 3 000 metros sobre el nivel del mar (a veces menos) se producen los primeros síntomas de este mal, que no se deben a la disminución de la presión atmosférica sino a la falta de oxígeno (**hipoxia**). La hipoxia afecta, en primer lugar, a la corteza cerebral, en la que se desencadenan los procesos mentales de mayor complejidad. A medida que aumenta la altitud, la cantidad de oxígeno en la sangre disminuye. Las primeras manifestaciones corporales ante la hipoxia son: debilidad general, mareos, respiración entrecortada y taquicardia.

Para contrarrestar la falta de oxígeno, el organismo pone en marcha una serie de mecanismos fisiológicos, como el aumento de la frecuencia respiratoria, con el fin de expulsar el dióxido de carbono acumulado en los pulmones. ¿Qué características tiene, entonces, el proceso respiratorio?

La respiración, al igual que la digestión, es un proceso de «entrada y salida». La principal tarea del sistema respiratorio es permitir el ingreso del aire atmosférico, para que llegue oxígeno a todos los tejidos y pueda darse la **respiración celular**. A su vez, con la respiración, el cuerpo debe expeler el dióxido de carbono generado.

Composición del aire (%)

Nitrógeno (N ₂)	78,00
Oxígeno (O ₂)	20,95
Dióxido de carbono (CO ₂)	0,03
Argón (Ar)	0,93
Neón (Ne)	0,018
Otros gases	0,072

La composición de los gases del aire se mantiene aproximadamente constante: hay equilibrio entre el uso del O₂ en los procesos de oxidación (en primer lugar, la oxidación de los compuestos orgánicos), que liberan CO₂, y la asimilación del CO₂ por las plantas (en la fotosíntesis), que libera O₂.

Nota: El contenido de vapor de agua es variable en la atmósfera.

El proceso respiratorio comprende tres etapas:

- La **ventilación pulmonar**, o **respiración externa**, que es la entrada del aire a los pulmones y su posterior salida.
- El **intercambio de gases**, que se realiza entre los pulmones y la sangre, y entre la sangre y los tejidos.
- La **respiración celular** o **interna**, proceso en el que el O₂ permite la degradación de los nutrientes y, en consecuencia, se produce CO₂. Este proceso proporciona la energía necesaria para mantener las funciones vitales del organismo. Solo el O₂ y el CO₂ intervienen, entonces, en la respiración celular.

Dentro de las células, el O₂ ingresa en las mitocondrias, donde oxida los nutrientes obtenidos durante la digestión. Como producto de esta degradación, se libera energía en forma de moléculas de ATP y CO₂. Este es conducido por la sangre hacia los pulmones, desde donde es eliminado hacia la atmósfera.

El objetivo fundamental de la respiración, por lo tanto, es la incorporación del O₂ en el cuerpo, para ser distribuido por la sangre hacia todas las células. Es importante destacar que no interesa lo fuerte y lo aceleradamente que bombee el corazón; si el sistema respiratorio no provee al organismo de oxígeno, las células sufren daños irreversibles e incluso la muerte.



Los riesgos de hipoxia aumentan a medida que aumenta la altitud.

Ti Trabajo individual

1. **Explica** en qué consiste el proceso de respiración y cuál es su objetivo.
2. **Describe** las etapas del proceso respiratorio.

I Investiga

Busca información para responder la siguiente pregunta. ¿Por qué una persona no puede sobrevivir en la Luna, si no tiene el equipo adecuado?

El sistema respiratorio humano



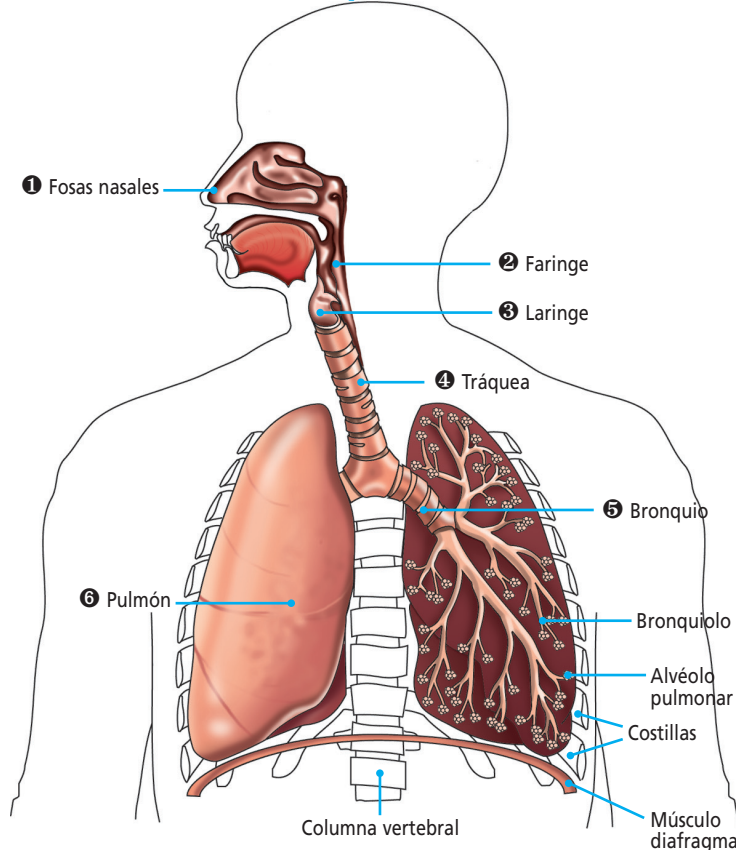
En la inspiración normal y en reposo, ingresan en el organismo 0,5 l de aire. Para que el aire circule, el **sistema respiratorio** está compuesto por:

- Un conjunto de conductos continuos por los que circula el aire, las **vías respiratorias**, ubicados en la cabeza, el cuello y el tórax.
- Un par de **órganos respiratorios**, los **pulmones**, donde tiene lugar el intercambio de gases entre el organismo y el ambiente.

Tc Trabajo cooperativo

Formen grupos y elaboren una maqueta del sistema respiratorio. Rotulen sus partes y expliquen la función de cada una.

Sistema respiratorio humano



❶ **Fosas nasales.** El aire ingresa a través de las fosas nasales, dos conductos ubicados en la parte inferior de la nariz. Constan de una **cavidad nasal** con dos orificios externos (**narinas**), separados por el **tabique nasal** y cubiertos por **pelos** o **vibris** que filtran el aire. Se abren en la faringe mediante dos orificios internos: las **coanas**.

Su interior está tapizado por un tejido epitelial especial: la **mucosa pituitaria**. Este tejido es ciliado (los cilios permiten que el aire se dirija hacia la faringe) y presenta glándulas secretoras de mucus, el cual capta el polvo y humedece el aire. La mucosa pituitaria está vascularizada; esto hace que el aire que ingresa se entibie. En la región posterior, la mucosa posee terminaciones nerviosas que captan los olores, se denomina **pituitaria amarilla**.

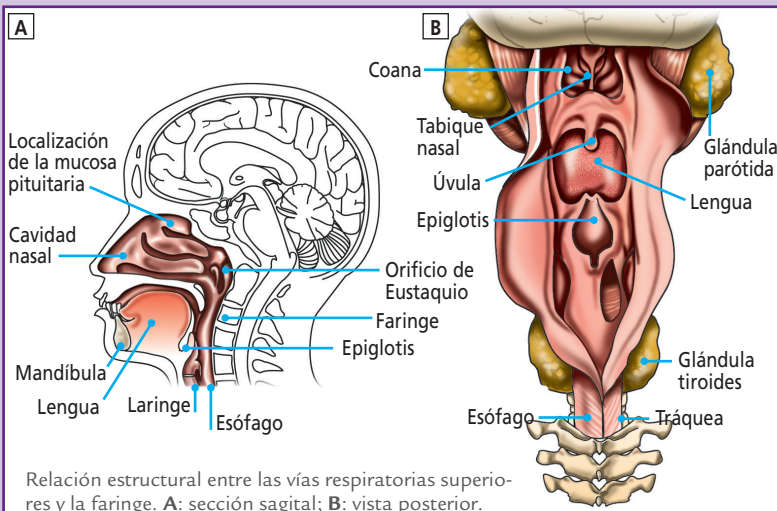
❷ **Faringe.** El aire pasa a la faringe, órgano compartido por los sistemas respiratorio y digestivo. Es un conducto de unos 14 cm que se comunica con las fosas nasales, la cavidad bucal, la laringe, el esófago y, a través de la **trompa de Eustaquio**, también con el oído medio. Desde la faringe, el aire es dirigido, pasando por la laringe, hacia la tráquea por el movimiento de los músculos y fibras elásticas.

❸ **Laringe.** El aire es transferido a la laringe, pequeño conducto protegido por nueve cartílagos, que la sostienen en su posición. Entre estos se destacan el **cartílago tiroides** (en los varones, forma la llamada «nuez de Adán») y la **epiglotis**, que cubre a la laringe en el momento de la deglución para evitar el ingreso de agua y de alimentos. La mucosa de la laringe está formada por pliegues que constituyen las **cuerdas vocales**.

❹ **Tráquea.** El aire sigue su camino por la tráquea, conducto tubular de unos 12 cm de longitud y 2 cm de diámetro, ubicado por delante del esófago. Está constituida por una serie de cartílagos flexibles (dieciséis a veinte aros en forma de herradura), cuyos dos extremos se dirigen hacia el interior y se unen por medio de fibras musculares lisas. La pared interna de la tráquea está tapizada por un tejido epitelial ciliado que produce mucus. Este retiene las impurezas que provienen del exterior y las elimina a través del movimiento reflejo de la **tos**.

❺ **Bronquios.** La tráquea se bifurca en dos conductos, los bronquios, en la zona denominada **carina**. Estos dos conductos están formados por una serie de anillos cartilaginosos incompletos, que se dirigen hacia uno y hacia otro pulmón, y están revestidos también por un tejido epitelial ciliado. Antes de entrar en los pulmones, se los denomina **bronquios primarios**, y cuando alcanzan el interior de aquellos, **bronquios secundarios**, los cuales se ramifican para formar los **bronquiolos**. Estos penetran en los alvéolos pulmonares.

❻ **Pulmones.** Son los órganos respiratorios; se analizan en detalle en la página siguiente.



Relación estructural entre las vías respiratorias superiores y la faringe. A: sección sagital; B: vista posterior.

© Samitrona

La importancia de los pulmones

La práctica de cualquier deporte implica un mayor requerimiento de oxígeno, imprescindible para la producción del trabajo muscular. Mientras una persona respirando normalmente ingresa como máximo 2,5 l de oxígeno por minuto, un deportista consume cerca de 5 l por minuto.

Durante una competencia deportiva (o con cualquier esfuerzo físico), la respiración puede alcanzar una frecuencia muy elevada, superior a la máxima necesaria para el trabajo muscular. Esto se debe a la capacidad que tienen los pulmones de poner en funcionamiento una cantidad de alvéolos y capilares pulmonares que, en condiciones normales, no funcionarían. De este modo, hay mayor disponibilidad de oxígeno para el metabolismo celular.



En las carreras cortas se necesita una gran potencia muscular y un escaso aporte de oxígeno.



En el maratón, en cambio, es fundamental el aporte de oxígeno a los músculos en actividad.



Y en el fútbol, un deporte mixto, se necesita tanto el aporte de oxígeno como la potencia muscular.

T Tarea

Responde: ¿Por qué los pulmones pueden aumentar y disminuir su volumen? ¿Cuál es el volumen máximo de los pulmones y cómo se calcula?

TIC

I Investiga

¿Por qué bostezamos? **Visita** la página web de *National Geographic* con un reportaje sobre el bostezo en goo.gl/QlArQ y **responde** la pregunta.

¿Cómo logra el aire entrar y salir de los pulmones? ¿Qué características tienen estos para permitir el funcionamiento de los alvéolos y de los capilares asociados?

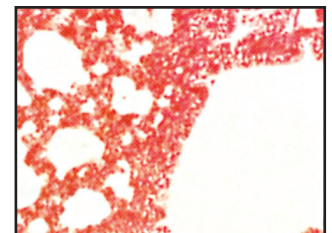
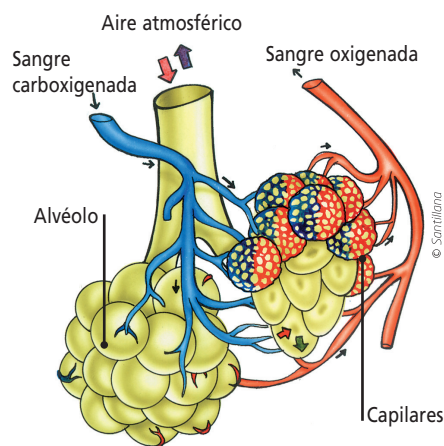
Los pulmones, órganos esenciales del sistema respiratorio, son dos voluminosas vísceras huecas y elásticas, de color rosado, que se alojan en la cavidad torácica. Por su estructura esponjosa, pueden **dilatarse** (para llenarse de aire) o **contraerse** (para expulsar el aire), al acompañar los movimientos del músculo **diafragma**, sobre el cual están apoyados.

El pulmón derecho es trilobulado, mientras que el izquierdo presenta solo dos lóbulos. Cada pulmón está envuelto por dos membranas, llamadas **pleuras**, cuya inflamación provoca la **pleuresía**, enfermedad que muchas veces puede causar **pulmonía**.

Cada pulmón está formado por millones de estructuras microscópicas, los **alvéolos pulmonares**, (diminutas bolsitas de paredes muy delgadas), que son fundamentales para el ingreso de O_2 en la sangre y el egreso de CO_2 hacia la atmósfera.

Los alvéolos están rodeados por una red de vasos sanguíneos muy pequeños, los **capilares**, que tienen una gran importancia funcional en el proceso de intercambio gaseoso: parte del oxígeno del aire atraviesa las paredes alveolares y llega a los capilares, donde es transportado por la sangre circulante a cada uno de los rincones del cuerpo.

Entre el aire que circula en los alvéolos y la sangre que hay en los capilares solo existen unos finos **endotelios**, que pueden ser fácilmente atravesados por las partículas gaseosas.



Sección de pulmón, en la que se aprecian los alvéolos como una serie de sacos redondeados y vacíos.

Alvéolo pulmonar. Cada alvéolo está rodeado por una fina trama de vasos sanguíneos: los capilares. A través de las delicadas paredes de los capilares, se produce el intercambio gaseoso entre el aire atmosférico y la sangre.



Intercambio gaseoso

Las paredes alveolares pueden experimentar un deterioro creciente, lo cual llega a provocar la atrofia de los alvéolos. Entonces, se produce lo que se conoce como **enfisema pulmonar**. La disminución de la superficie de ventilación pulmonar acarrea serios problemas respiratorios. ¿A qué se deben estos problemas? ¿Qué función cumplen los alvéolos?

Una vez que el aire llega a los alvéolos, ocurre el **intercambio gaseoso**: el O_2 pasa hacia los capilares y el CO_2 va de los capilares a los alvéolos, para ser eliminado durante la espiración.

La presión total del aire (presión atmosférica) es la suma de las presiones parciales de los gases que lo componen. En una mezcla gaseosa, la presión parcial de cada uno de los gases es directamente proporcional a la concentración en la que se encuentra: a mayor concentración, mayor es su presión parcial, y viceversa. Por lo tanto, la presión total del aire inspirado y espirado dependerá de las concentraciones de O_2 y de CO_2 . El aire espirado contiene más CO_2 y menos O_2 que los que tenía al llegar a los pulmones, mientras que la cantidad de N_2 no varía.

El intercambio gaseoso es posible gracias a la diferencia de concentración de ambos gases, que se encuentran tanto en los alvéolos como en los capilares que rodean a estos.

En consecuencia, el intercambio gaseoso se produce por **difusión** (es decir, el pasaje de las moléculas de una zona de mayor concentración a otra donde esta es menor) y es sumamente rápido (milésimas de segundo). Como en este proceso interviene la sangre, se lo denomina **hematosis** (del griego *aima*, 'sangre'; *osis*, 'proceso'; conversión de la sangre venosa en arterial).

La difusión opera en dos niveles:

1. Entre los alvéolos y los capilares sanguíneos. La presión parcial de O_2 en el aire inspirado (105 mm Hg) es mayor que en la sangre de los capilares alveolares (40 mm Hg). Por lo tanto, el O_2 se difunde desde los alvéolos hacia los capilares venosos, para ser distribuido a todas las regiones del cuerpo por la arteria aorta. El CO_2 , por otro lado, es transportado por la arteria pulmonar y los capilares arteriales y se difunde a partir de estos hacia los alvéolos, desde donde es expulsado al exterior.

2. Entre los capilares sanguíneos y las células. Una vez que el O_2 ingresa en los capilares, es distribuido por medio de la **hemoglobina** —proteína de estructura compleja presente en los glóbulos rojos, que contiene hierro, con la que forma el nuevo compuesto **oxihemoglobina**— hacia todas las células del cuerpo. La sangre oxigenada contenida en los capilares mantiene una presión parcial de O_2 (105 mm Hg) mayor que la que existe en las células (40 mm Hg). A causa de esta diferencia de presión, el O_2 se difunde desde los capilares arteriales hacia el líquido intersticial, y luego a las células, hasta que se restablece un equilibrio entre ambas presiones.

Durante el metabolismo celular se produce CO_2 . Como la presión parcial de este gas en las células (45 mm Hg) es mayor que en los capilares venosos (40 mm Hg), el CO_2 sale desde la célula hacia el líquido intersticial e ingresa en los capilares venosos, que lo transportan hacia los pulmones, para ser liberado hacia el exterior durante la espiración.

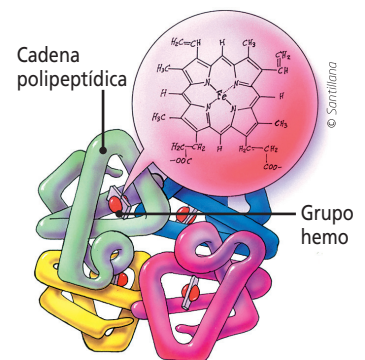
El CO_2 también viaja en la sangre junto a la hemoglobina (un 93%, mientras que el 7% restante está disuelto en el plasma), pero en este caso como **carboxihemoglobina**.

Tc Trabajo cooperativo

El monóxido de carbono (CO), gas incoloro e inodoro, se puede unir a la hemoglobina, lo cual suele ocasionar serios problemas respiratorios y cardíacos e, incluso, la muerte. La hemoglobina deja de transportar oxígeno y esto provoca un aumento de las frecuencias respiratoria y cardíaca para cubrir la falta de este gas. La hemoglobina es 210 veces más afín al CO que al O_2 .

Averigua qué actividades cotidianas liberan CO a la atmósfera.

Responde: ¿Qué medidas se podrían tomar en la localidad en que viven para disminuir la contaminación?



Molécula de hemoglobina, proteína formada por cuatro cadenas polipeptídicas, cada una de las cuales envuelve a un grupo hemo. Cada grupo contiene un átomo de hierro dentro de un anillo de porfirina.

Mecánica respiratoria

En reposo, la respiración se realiza a un ritmo parejo, denominado **ritmo respiratorio**. En el adulto, corresponde aproximadamente a unas dieciséis inspiraciones y espiraciones por minuto. Durante el ejercicio físico, este ritmo aumenta, ya que la contracción de los músculos esqueléticos necesita cien veces más energía que cuando estos se hallan en reposo. Por lo tanto, se requiere mayor cantidad de O_2 . Al aumentar la fuerza y el número de respiraciones por minuto, se incrementa la cantidad de O_2 que ingresa en el organismo; cuando el ejercicio termina, la respiración vuelve pronto a su ritmo normal.

Así como las vías respiratorias y los pulmones son estructuras orgánicas que participan directamente en la respiración, existen también otras estructuras, llamadas **anexas**, que colaboran con la mecánica respiratoria, logrando que esta importante función se lleve a cabo de manera eficaz. Estas estructuras son: el **diafragma**, los **músculos intercostales** y los **músculos abdominales**.

Estructuras anexas	Características	Función
Diafragma	Músculo esquelético que divide el cuerpo en dos cavidades: abdominal (aloja al estómago, al hígado, al páncreas, etc.) y torácica (contiene el corazón y los pulmones).	Expande la caja torácica hacia abajo durante la inspiración.
Músculos intercostales	Grupo de músculos que se ubica entre las costillas, a ambos lados de la caja torácica.	Se contraen y relajan durante los movimientos respiratorios.
Músculos abdominales	Músculos ubicados en la parte superior del abdomen.	Empujan el diafragma hacia arriba, comprimiendo la cavidad abdominal.

Se denomina **mecánica respiratoria** al proceso cíclico que mantiene constante la cantidad de aire de los pulmones. Abarca dos fases: la **inspiración**, que introduce el aire atmosférico en los pulmones, y la **espiración**, que expulsa el aire de los pulmones.

- **Fase de inspiración.** La contracción del diafragma junto con la de los músculos intercostales provoca el descenso del diafragma y la elevación de las costillas, con el consecuente aumento de volumen de la cavidad torácica y, por lo tanto, de los pulmones. En la inspiración forzada intervienen, además, los **músculos pectorales** y los **esternocleidomastoideos**. El aumento de volumen de la inspiración provoca un vacío, una diferencia de presión con respecto a la presión atmosférica, por lo que ingresa aire para lograr el equilibrio. La inspiración es la fase activa de la respiración, y es más prolongada que la espiración.
- **Fase de espiración.** Cuando el diafragma y los músculos intercostales se relajan, es decir, vuelven a su posición habitual, el diafragma se eleva y las costillas descienden, por lo que disminuye el volumen de la caja torácica y, en consecuencia, también el de los pulmones. Esto provoca la salida de aire hacia el exterior. Los músculos abdominales comprimen la cavidad abdominal y empujan el diafragma hacia arriba. Cuando el tórax se achica, la presión del aire dentro de los pulmones es mayor que la presión atmosférica y se produce la salida del aire contenido en los pulmones. La espiración es la fase pasiva de la respiración.

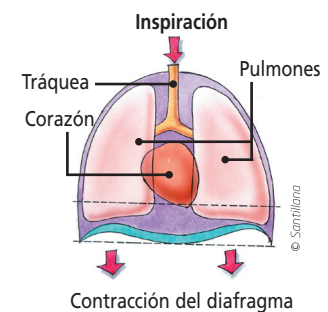
L Lección

Realiza un dibujo esquemático para explicar cómo se produce el intercambio gaseoso.

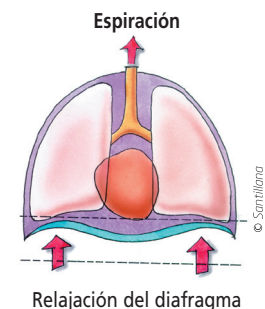
TIC

T Tarea

Visita la página web Plan Ceibal, sobre el aparato respiratorio, en goo.gl/Wf30J y **observa** el video sobre la inspiración y la espiración. **Realiza** la actividad propuesta y **escribe** tus respuestas en el cuaderno.



La presión intrapulmonar, que antes de la inspiración es igual a la presión atmosférica (760 mm Hg o 1 atm), desciende a 758 mm Hg; la presión intrapleural también desciende de 756 a 754 mm Hg.



La presión intrapulmonar se equilibra con la atmosférica (760 mm Hg), y la intrapleural asciende a 756 mm Hg.



Volúmenes de aire: capacidad pulmonar

Cuando una persona respira, en su organismo ingresa cierta cantidad o volumen de aire. Se ha calculado que el ciclo de inspiración y espiración o **frecuencia respiratoria**, en condiciones normales de reposo, se repite en un promedio de 17 veces por minuto, introduciendo en cada inspiración 500 ml de aire. Este volumen se conoce como **volumen de aire corriente** o **volumen de ventilación pulmonar** y aumenta durante el ejercicio.

Pero no todo el aire que ingresa llega a los alvéolos pulmonares; solo lo hacen entre 350 y 360 ml (el 70%), y el resto (unos 150 ml) permanece en el llamado espacio muerto constituido por las vías respiratorias (**volumen de aire muerto**). La totalidad de aire que inspira un individuo durante un minuto (**volumen minuto respiratorio**) se calcula multiplicando el volumen de ventilación pulmonar por la frecuencia respiratoria (que oscila entre 12 y 16 respiraciones por minuto). Es decir, es de aproximadamente 6 a 8 litros (12 a 16 x 500 ml).

En una inspiración forzada pueden ingresar 2 000 ml (2 l) de aire (**volumen de reserva inspiratoria** o **aire complementario**). Una espiración forzada puede desalojar de los pulmones unos 1 500 ml (1,5 l) de aire (**volumen de reserva espiratorio** o **aire suplementario**). No obstante, durante la espiración forzada permanecen en los pulmones unos 1 500 ml de aire (**volumen residual**).

La suma del aire corriente, el complementario y el suplementario indica la **capacidad vital** de un individuo, mientras que la suma de todos los volúmenes pulmonares permite establecer la **capacidad pulmonar total**, equivalente a unos 6 000 u 8 000 ml (6 a 8 l) de aire.

Alteraciones y enfermedades comunes del sistema respiratorio

La mecánica respiratoria normal se ve afectada, a menudo, por una serie de fenómenos comunes:

- El **estornudo** se produce a causa de la irritación de la mucosa nasal. Esto provoca una contracción involuntaria de los músculos nasales y, en consecuencia, se expulsa aire por la nariz y por la boca.
- El **llanto** y la **risa** van acompañados de muchas inspiraciones seguidas de espiraciones abruptas y breves, durante las cuales la **glotis** (cavidad de la laringe) permanece abierta y genera vibraciones de las cuerdas vocales.
- En el **hiipo**, el diafragma se contrae de manera espasmódica, la glotis se cierra y, en cada inspiración, se produce un sonido característico.
- La **tos** es un movimiento convulsivo y ruidoso provocado por la contracción brusca de los músculos que intervienen en la espiración.
- El **bostezo** se manifiesta en inspiraciones lentas y profundas, seguidas de espiraciones idénticas, provocadas por fatiga o sueño.

Muchas enfermedades pueden afectar las vías respiratorias, así como la inspiración y espiración normales.

- En la **bronquitis**, que es la inflamación de los bronquios, las glándulas mucosas que los revisten aumentan de volumen y comienzan a producir una mayor cantidad de secreción, de color amarillo-verdusco (**flemas**), que obstruyen las vías respiratorias.
- El **asma bronquial** está caracterizada por una hiperreactividad de los bronquios, en la que se contrae la musculatura de las paredes bronquiales y se producen síntomas de ahogo y gran dificultad para respirar. Los agentes etiológicos de ambas enfermedades son complejos; en el primer caso, polvo, virus y bacterias que ingresan con el aire, el monóxido de carbono proveniente de la contaminación atmosférica, etc., y en el segundo, influencias genéticas, psicológicas o de origen orgánico, como las **alergias**.

Ti Trabajo individual

Busca información sobre los efectos del humo del cigarrillo en las vías respiratorias. ¿Qué causan el alquitrán y la nicotina en los pulmones? Prepara un reporte.

I Investiga

La ventilación pulmonar está regulada por el centro respiratorio, ubicado en la parte baja del cerebro, en el bulbo raquídeo.

Investiga cómo se regula este proceso.

G Glosario

alergia (del griego *állos*, 'diferente'; y *ergía*, 'actuación'). Enfermedad estacional, llamada también *rinitis alérgica* o *fiebre del heno*, cuyos síntomas son la conjuntivitis, la secreción y obstrucción nasales, el prurito en los ojos, nariz y garganta, la cefalea y, en los casos más graves, el asma bronquial. La padecen, principalmente, individuos muy sensibles al polen de ciertas plantas.

¿Cómo respiran otros seres vivos?

Todos los seres vivos obtenemos la energía necesaria para cumplir con las funciones vitales mediante la incorporación de sustancias nutritivas, especialmente los glúcidos o hidratos de carbono, las cuales posteriormente se queman en las células, es decir, se combinan con el oxígeno. Este proceso constituye la **respiración aerobia** y tiene como productos de desecho CO_2 y agua.

Otros organismos, como algunas bacterias, son capaces de liberar la energía contenida en los alimentos prescindiendo del oxígeno, por medio del proceso denominado **fermentación**. Esta respiración sin oxígeno, conocida también como **respiración anaerobia**, tiene como productos de desecho, además de CO_2 , alcohol o lactato.

En el organismo humano, si la actividad física es demasiado intensa, el metabolismo de la glucosa sigue también el camino de la fermentación al degradar ese hidrato de carbono en lactato (**fermentación láctica**). Pero esto tiene un inconveniente: las concentraciones elevadas de lactato en la sangre son tóxicas, y comienzan a sentirse dolores musculares, como los de pinchazos de agujas. Por eso, cuando sobreviene ese tipo de dolor, se recomienda interrumpir el ejercicio e inspirar profundamente.

En los animales existe una gran diversidad de estructuras respiratorias; las plantas, por su parte, realizan el intercambio gaseoso principalmente a través de los estomas. Cualquiera que sea la manera en la cual se incorpore el oxígeno, el destino de este gas es siempre el mismo: llegar a cada célula e intervenir en la respiración aeróbica.

Algunos animales no tienen órganos respiratorios; realizan el intercambio gaseoso a través de las células de su cuerpo. En los anélidos (por ejemplo, la lombriz de tierra), la piel se encuentra adaptada para realizar el intercambio de gases con el ambiente (**respiración cutánea**). La epidermis en este caso se mantiene siempre húmeda por acción de glándulas mucosas y contiene vasos por donde circulan los gases respiratorios. Este tipo de respiración es de suma importancia en los anfibios (sapos y ranas), los cuales pueden llegar a vivir sin pulmones durante un tiempo bastante largo.

En un mayor grado de organización aparecen las branquias, las tráqueas y los pulmones o, más raramente, órganos con caracteres mixtos entre estos tipos principales.






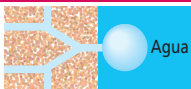


- Las **branquias** son expansiones filamentosas y ramificadas de los animales de vida acuática, como los crustáceos (langostinos y camarones) y los peces. En estos últimos, el flujo de agua a través de la branquia se efectúa a contracorriente de la circulación sanguínea para facilitar el intercambio gaseoso.
- Las **tráqueas** (propias de los insectos y las arañas) están formadas por un conjunto de tubos ramificados por todo el interior del cuerpo animal, los cuales se abren al exterior por pequeños orificios llamados **estigmas**.
- Los **pulmones** son los órganos respiratorios más evolucionados en la adaptación animal a la vida aeroterrestre.

Tc Trabajo cooperativo

En parejas, **revisen** el bloque 2 en lo relacionado con la respiración aerobia y anaerobia. **Elaboren** un cuadro comparativo entre ambas.

L Lección

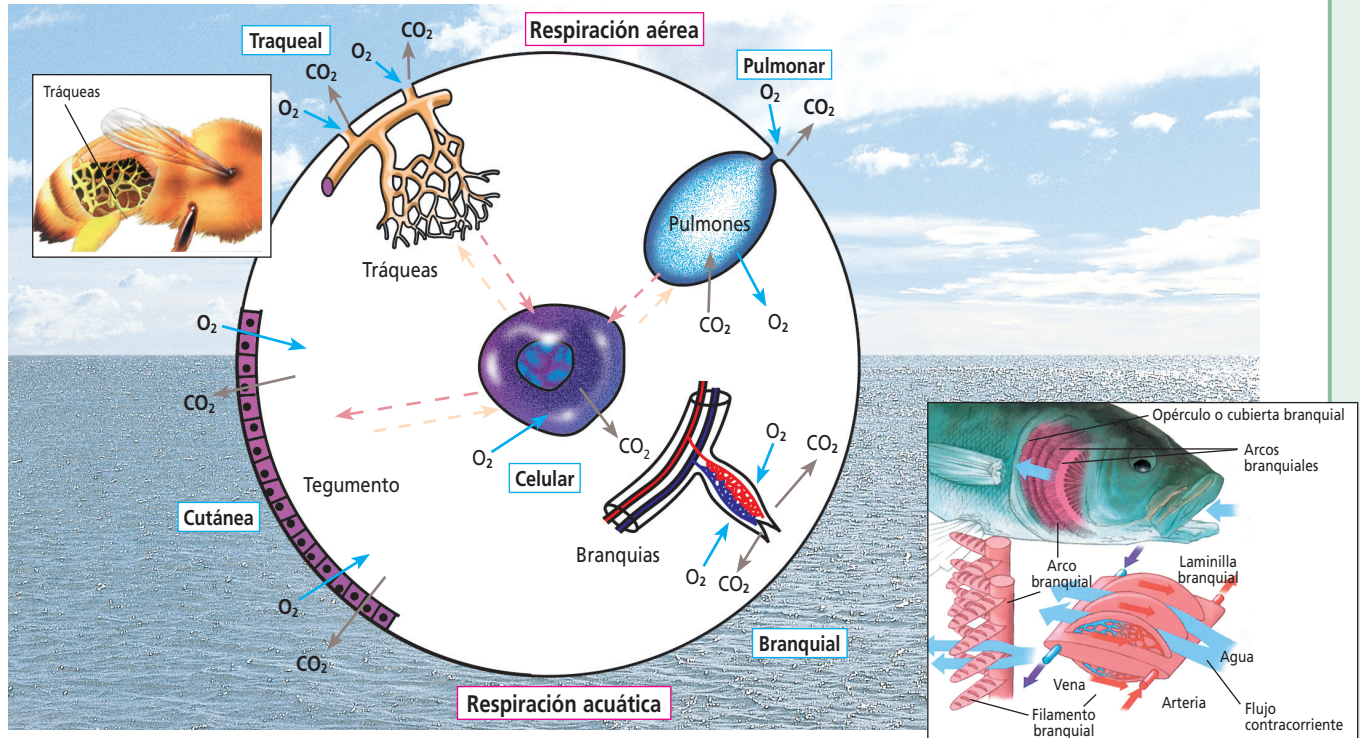
Elabora una tabla con animales que no figuren en el texto y **presenta** los tipos respiratorios indicados.

Modelos de superficie respiratoria en los animales					
Cuerpo del animal/medio		Ejemplos	Cuerpo del animal/medio		Ejemplos
Tegumento		Invertebrados acuáticos y terrestres de ambiente húmedo	Tráquea		Insectos, arañas
Branquia		Crustáceos, moluscos, peces, larvas de anfibios	Branquia traqueal (carácter mixto entre branquia y tráquea)		Larvas de insectos acuáticos
Saco pulmonar acuático (tipo especial de pulmón)		Holoturias o pepinos de mar (clase de equinodermo)	Branquia de burbuja (tipo especial de branquia)		Insectos acuáticos
Pulmón traqueal o en libro (carácter mixto entre pulmón y tráquea)		Arañas, escorpiones, caracoles	Pulmón aéreo		Cámara pulmonar de los caracoles, cámaras aéreas en peces con respiración aérea, pulmones (anfibios, reptiles, aves y mamíferos)

Órganos respiratorios de los animales

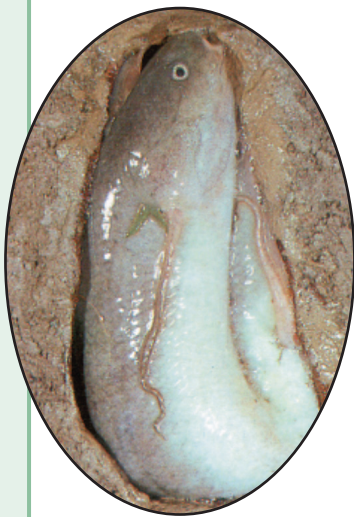
Sistemas de respiración según el medio

En los animales el intercambio de gases (O_2 y CO_2) tiene lugar a través de diferentes órganos, en relación con el medio en que viven, pero la respiración se lleva a cabo en la intimidad de las células.



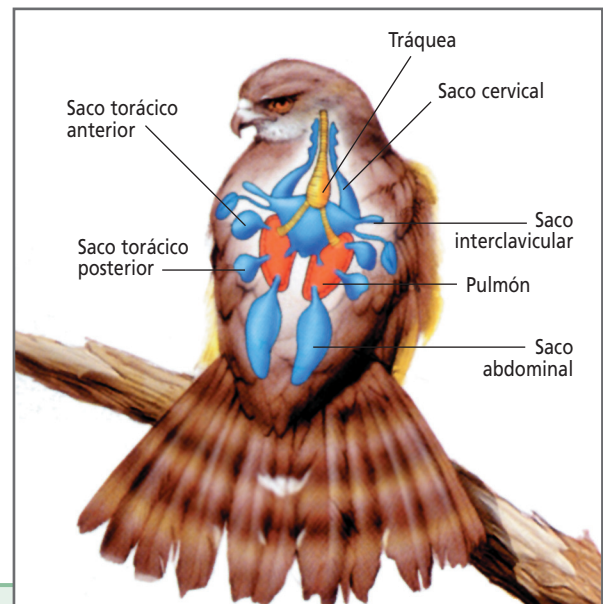
Adaptaciones especiales

Los dipnoos, o peces pulmonados, pertenecen a un antiguo orden de peces que tienen a la vez branquias y pulmones. Eran capaces de obtener oxígeno del aire gracias a la modificación de un órgano hidrostático, la vejiga natatoria, que se convirtió en un saco alveolar simple. Las aves regulan los cambios de presión mediante un sistema de sacos aéreos, relacionados con los pulmones, que se pueden contraer o expandir.



Pez pulmonado que hiberna en una madriguera. Actualmente, los peces pulmonados existen en Sudamérica, Australia y el continente africano.

Sacos aéreos de un ave. Cuando la presión aumenta, el volumen de los sacos se reduce y se incrementa la densidad del animal; cuando la presión disminuye, el sistema se expande llenándose de gas.



Identifica conceptos relacionados con el proceso respiratorio.

1. Elige, entre las siguientes alternativas de selección múltiple, la única respuesta que sea correcta o incorrecta.

- I.** La faringe no se comunica con:
- la tráquea.
 - el esófago.
 - el oído.
 - la cavidad bucal.
 - la laringe.
 - las fosas nasales.
- II.** La pulmonía se relaciona con:
- la destrucción de los alvéolos pulmonares.
 - la obstrucción de la faringe.
 - la obstrucción de los bronquios y la tráquea.
 - la inflamación de las pleuras.
 - factores genéticos y psicológicos.
 - la contaminación ambiental y las alergias.

III. En la fase de inspiración,...

- se contraen el diafragma y los músculos intercostales, y asciende el diafragma.
- se contrae el diafragma y desciende.
- se contraen los músculos intercostales.
- intervienen además, si es forzada, los músculos pectorales y los esternocleidomastoideos.
- el aumento de volumen provoca un vacío, una diferencia de presión con respecto a la presión atmosférica.
- los músculos abdominales no actúan.

Comprende el proceso de intercambio gaseoso.

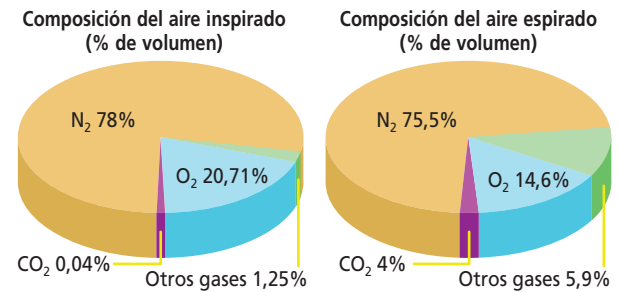
2. Analiza la tabla de datos, **cópia** las frases que figuran a continuación en tu cuaderno y **complétala**.

Tabla de presiones parciales (en mm Hg)			
	Aire alveolar	Capilares arteriales	Capilares venosos
O ₂	100	100	38
CO ₂	40	40	46
N ₂	569	567	569

- El O₂ tiende a difundirse desde hacia
- El CO₂ tiene mayor tendencia a difundirse desde hacia
- El intercambio de entre el aire alveolar y la sangre es escaso.
- La mayor diferencia entre la sangre venosa y el aire alveolar tiene que ver con la concentración de
- El aire espirado tiene más y menos que los tenía al llegar a los pulmones.

Analiza la variación del volumen respiratorio.

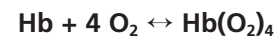
3. Analiza y comenta lo que se indica en los siguientes gráficos de torta.



- Explica** cuál es la razón biológica de la variación del porcentaje de gases entre el aire inspirado y el espirado.
- ¿Para qué se utiliza el oxígeno dentro del organismo?

Interpreta gráficos con curvas y picos para elaborar conclusiones.

4. La hemoglobina se combina con el oxígeno y forma hemoglobina oxidada u oxihemoglobina, según la siguiente reacción:



Esta reacción es reversible y, según las condiciones del medio, la oxihemoglobina liberará el oxígeno y se transformará en hemoglobina normal.

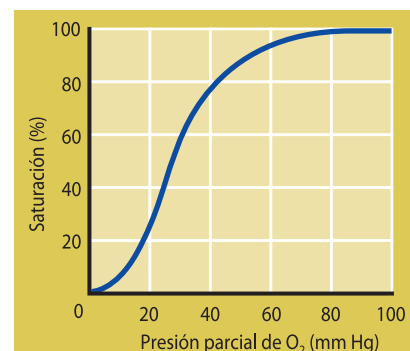
Se llama **saturación de oxígeno** en la sangre al cociente:

$$\frac{\text{contenido en O}_2}{\text{capacidad de O}_2}$$

Este cociente suele expresarse mediante un porcentaje, y se denomina **porcentaje de saturación**.

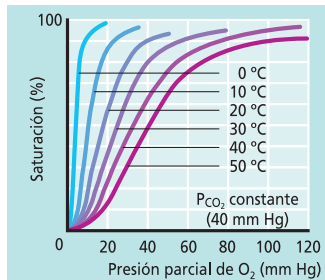
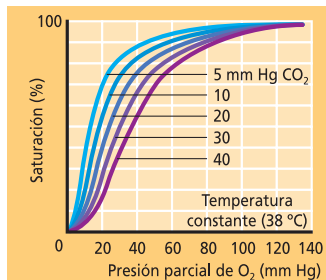
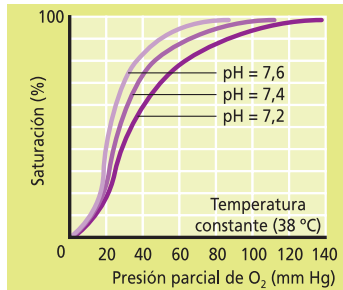
Si se relaciona la saturación de oxígeno con la presión parcial de oxígeno del medio, se obtiene la **curva de disociación de oxígeno** para la solución de hemoglobina o para la sangre.

I. Observa detenidamente el gráfico, que representa la curva de disociación de oxígeno de la hemoglobina.



- Indica** qué forma tiene la curva.
- ¿De qué depende el hecho de que la hemoglobina lleve cada vez más oxígeno o, lo que es lo mismo, que aumente su porcentaje de saturación?
- ¿A qué presión parcial de oxígeno se alcanza el 100% de saturación?

II. Observa ahora los tres gráficos representados y **responde** las preguntas.



- ¿Qué nuevos factores pueden variar la afinidad de la hemoglobina por el oxígeno?
- ¿Cuál o cuáles de esos factores pueden haber aumentado en una célula que acaba de tener una actividad intensa? ¿De qué manera variará la curva de disociación de oxígeno? ¿Puede tener importancia fisiológica?

5. La fiebre del heno o polinosis es la principal causa de alergias respiratorias, y se debe a la irritación de las mucosas por los granos de polen y las esporas. Los agentes etiológicos de esta enfermedad son las **glucoproteínas**, sustancias formadas por azúcares unidos a proteínas de la pared del grano de polen o de la espora, que son liberadas en la mucosa del enfermo en el lapso de 6 a 8 minutos después de la inhalación.

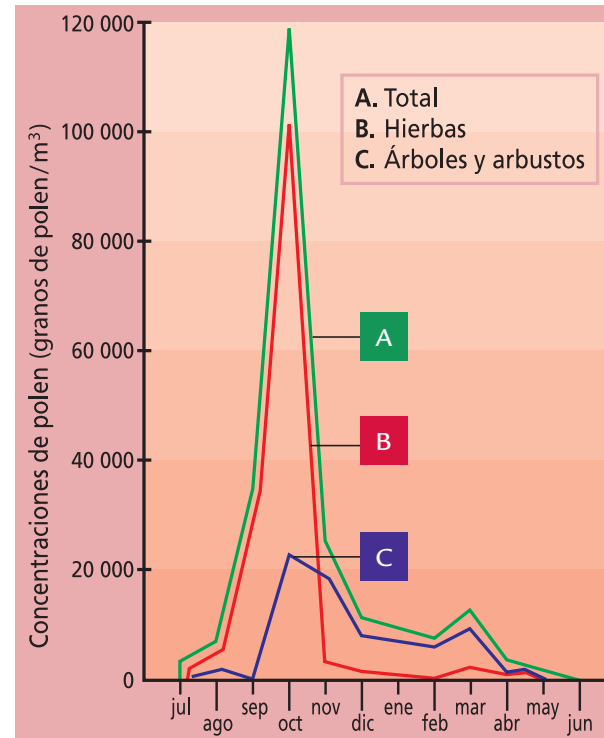
Para que un grano de polen sea considerado **alérgeno** (causante de alergia), es necesario que cumpla las siguientes condiciones:

- ✓ Debe tener actividad biológica (inmunógeno alérgeno).
- ✓ Debe ser anemófilo (es decir, dispersarse por el viento).
- ✓ Se debe formar en cantidades suficientes.
- ✓ Debe ser liviano.
- ✓ La planta que lo produce debe tener amplia difusión.



I. Analiza el siguiente gráfico que representa la variación en la concentración de granos de polen, a lo largo de un año, en una ciudad con las cuatro estaciones.

Responde las preguntas que figuran a continuación.



- ¿En qué mes del año se alcanza el pico de polen total?
- A la luz de estos resultados, ¿en qué mes crees que las personas presentan más alergias?
- ¿Cuáles son los meses del año de menor exposición a los granos de polen?

II. Después del análisis, responde.

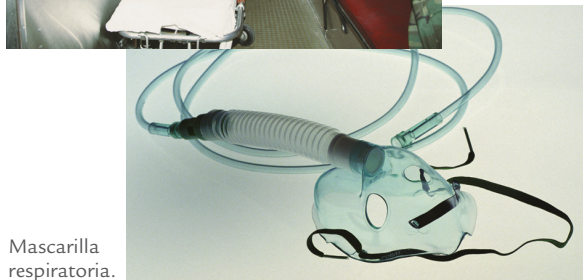
- ¿Cómo piensas que se hace el conteo de granos de polen diariamente?
- ¿A qué llamamos **lluvia polínica** y con qué etapa de la planta se relaciona?
- ¿En qué época del año puede la fiebre del heno provocar más molestias? ¿Por qué?
- ¿Qué medidas se podrían tomar para evitar el contacto con el alérgeno?
- ¿Crees que este mismo fenómeno podría observarse en un país tropical como Ecuador, que no presenta las cuatro estaciones? **Explica** tu respuesta.

1. Investiguen sobre los siguientes temas.

- ¿Qué es la insuficiencia respiratoria? ¿A qué estados fisiológicos o enfermedades suele estar asociada? **Averigüen** cuál es el tratamiento que se debe seguir ante una insuficiencia respiratoria.
- Busquen** información acerca de distintas enfermedades infectocontagiosas que afectan al sistema respiratorio. ¿Qué efectos producen? ¿Cuáles son las principales medidas preventivas para evitar el contagio?



Interior de ambulancia con aparatos de respiración artificial.



Mascarilla respiratoria.

2. Lean el siguiente texto y **debatan** con sus compañeros.

Existen aparatos mecánicos que permiten mantener la respiración en forma artificial. Algunos son portátiles, como los que utiliza la policía o el cuerpo de bomberos. Los aparatos denominados **respiradores artificiales** se usan para mantener la oxigenación de la sangre en las intervenciones a corazón abierto. Los pacientes con trastornos respiratorios graves pueden necesitar un ventilador mecánico: este introduce el aire con cierta presión en los pulmones, a través de un tubo que comunica la vía aérea con la nariz, la boca o incluso una abertura en la tráquea.

Los pacientes en coma, que dependen del respirador durante más de treinta días, pueden no recobrar la respiración espontánea. En el conocido y debatido caso de Karen Anne Quinlan (1976), el tribunal supremo de Nueva Jersey, en Estados Unidos, falló para que se desconectara el respirador mecánico. Karen Quinlan recobró la respiración y vivió. Sin embargo, se estableció un precedente para la desconexión de aparatos de soporte respiratorio, en ciertas circunstancias y a los efectos de que el paciente comatoso pueda morir con dignidad cuando no se registre ninguna actividad eléctrica en la corteza cerebral.

- Averigüen**, vía Internet, acerca del origen de los respiradores artificiales.
- ¿Existe legislación sobre este tema en nuestro país? **Fundamenten** sus respuestas
- Recaben** información sobre respiración artificial en la Cruz Roja y **debatan** en clase el contenido.

3. Organicen grupos de investigación. La intención de este trabajo es desarrollar una actitud cooperativa a través de la tarea en equipo. Algunos de los temas que podrán elegir son:

- ✓ Órganos del sistema respiratorio
 - ✓ Funciones
 - ✓ Relación con otros sistemas
 - ✓ Condiciones para un funcionamiento sano
 - ✓ Enfermedades respiratorias
- En grupos, **decidan**, por consenso, el contenido específico que abordará cada uno de sus integrantes.
 - En cada grupo, **elijan** un voluntario para la búsqueda del material bibliográfico necesario.
 - Diseñen** el plan de trabajo para organizar su participación en el tema. Todos deben aportar.
 - Finalizado el trabajo, **preparen** un documento para cada integrante del equipo.
 - Transmitan** a sus compañeros de equipo la información que encontraron y después **discutan** con ellos las principales dudas que persisten y los temas de opinión.
 - Aclaradas las dudas, cada integrante deberá preparar un cuestionario, al que debe responder el resto del equipo para afianzar ideas y comprobar si lo expuesto ha sido comprendido.
 - Al finalizar la tarea, todos deberán contar con la unidad didáctica completa.
 - Todos los grupos deberán realizar debates sobre los temas elegidos, para intercambiar dudas y responder al resto de la clase preguntas sobre el tema.
 - Al final de la discusión, **saquen** conclusiones entre todos los integrantes del equipo.



Ventilador infantil Bird VIP.

Construcción de un espirómetro

Objetivos

Medir la capacidad de los pulmones en una respiración normal y en una respiración forzada.

Materiales

Bidón vacío de agua mineral de 10 litros, probeta de 500 ml, manguera de silicona de 1 metro, recipiente de vidrio que pueda contener el bidón, marcador de tinta indeleble, soporte universal, sogá, agua.

Procedimientos

1. **Llenen** la probeta con 500 ml de agua y **viértanla** en el bidón. **Marquen** el nivel de agua y **completen** hasta las 8 marcas.
2. **Pongan** el agua del bidón en un recipiente y **coloquen** el bidón en posición invertida dentro del recipiente.
3. **Introduzcan** la manguera dentro de bidón y **dejen** un extremo fuera del recipiente, hasta que el nivel de agua coincida con la primera marca hecha en el bidón.
4. Una persona debe aspirar normalmente por la manguera y retirarse tapando la boca de la manguera con un dedo. Luego, debe realizar una espiración normal soplando por la manguera.
5. **Repitan** el paso anterior pero forzando la inhalación y la exhalación.
6. **Anoten** los datos del nivel de agua del bidón en milímetros luego de las inspiraciones y espiraciones normal y forzada, y **comparen** con los datos de otros cuatro compañeros.
7. **Calculen** el volumen de aire inspirado y expirado normalmente y forzadamente.

Conclusiones

- a. ¿Qué relación tiene el volumen del agua del bidón con el aire inspirado y expirado?
- b. ¿Observan diferencias entre los datos de sus compañeros?
- c. ¿Cómo sería esta experiencia si se la realiza a 4 000 metros de altitud?



Un espirómetro moderno modelo SpiroScout producido por GANSHORN.

La actividad respiratoria

Objetivo

Medir los efectos de la actividad respiratoria.

Materiales

Agua de cal; un recipiente o un frasco grande; un sorbete o manguera de plástico (20 cm de largo); una etiqueta o cinta adhesiva; un cronómetro.

Procedimientos

1. **Preparen** la siguiente tabla.

	Inhalaciones/minuto	Tiempo
En reposo		
En actividad		

2. **Llenen** el frasco con agua de cal hasta dos tercios de su capacidad.
3. **Marquen** el nivel del agua con la etiqueta o con cinta adhesiva.
4. **Cuenten** el número de veces que inhalan en 15 segundos. **Multipliquen** por 4 y **obtenan** la frecuencia/minuto. **Anoten** el resultado en la tabla anterior.
5. **Coloquen** el sorbete o la manguera dentro del agua y **soplen** lentamente. **Anoten** cuánto tiempo transcurre antes de que el agua cambie de color.
6. **Vacíen** el frasco, **llénenlo** con agua de cal limpia y **vuelvan** a llenarlo hasta la marca.
7. Alguno de ustedes debe hacer gimnasia durante un minuto (puede correr, saltar o realizar cualquier otra actividad).
8. **Repitan** los procedimientos 4 y 5.



Conclusiones

- a. ¿Qué cambios advirtieron en la respiración luego del ejercicio?
- b. Si esta experiencia pudiese ser repetida cuando estamos durmiendo, ¿cómo variaría el factor tiempo con respecto al cambio observado en el frasco?

Unidad 3.4

Los sistemas circulatorio y excretor

Destreza con criterio de desempeño:

Identificar las **relaciones de los procesos de organismos superiores: alimentación-excreción, circulación-respiración, equilibrio-movimiento**, desde la observación, identificación y descripción para comprender la integración de funciones en el organismo.



© Santillana

Para comprender en su totalidad la nutrición e integrar todos los procesos que ocurren en el organismo, es preciso entender cómo llegan el oxígeno y los nutrientes a las células y cómo se transportan y eliminan el dióxido de carbono y los principales productos de desecho. Estas funciones las cumplen los sistemas circulatorio y excretor.

Conocimientos previos

¿A qué sistema del cuerpo humano pertenece el corazón?

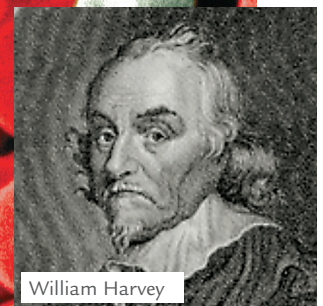
¿Qué otros órganos forman parte de ese sistema?

¿Qué sustancias transporta la sangre?

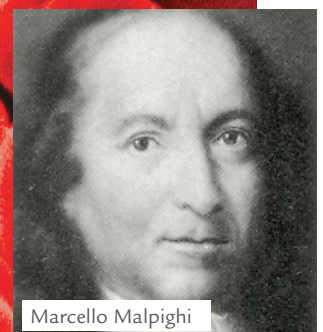
¿A través de qué sistema se pueden eliminar los productos de desecho del organismo?



Sangre humana vista con el MEB (2 300 x)



William Harvey



Marcello Malpighi

© Santillana



para entrar en **tema**

Del gran cedazo a los movimientos del corazón

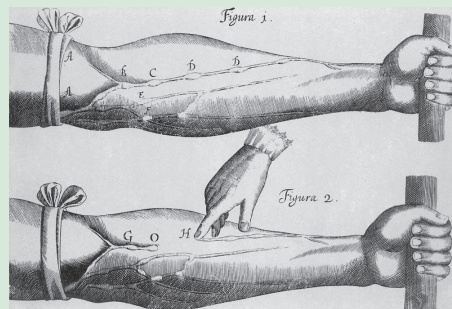
El médico griego Galeno, del siglo II d. C., sugirió que el interior de los riñones era un **cedazo** que filtraba las impurezas, eliminándolas a través de la orina. Lo imaginó como un tamiz de gran superficie, con innumerables poros, demasiado pequeños como para poder ser vistos. En realidad, su idea no era descabellada, si se tiene en cuenta que el papel del corazón y el de la circulación de la sangre recién fueron comprendidos trece siglos después.

William Harvey (1578-1657), médico inglés, fue quien descubrió la verdadera naturaleza del sistema circulatorio humano. Harvey estudió en la Universidad de Padua y asistió a las brillantes conferencias de Galileo Galilei, acerca de las leyes que rigen la caída de los cuerpos y la rotación de la Tierra. Tan impresionado quedó que decidió aplicar esa doctrina a la Fisiología y la Medicina.

En sus disecciones observó que, en el corazón, las válvulas que separan las dos cavidades superiores (aurículas) de las inferiores (ventrículos) solo funcionan en una dirección, y que la sangre solo puede pasar de la aurícula al ventrículo, nunca en el sentido contrario.

Mientras tanto, Hieronymus Fabricius de Aquapendente (Geronimo Fabrizio) (1537-1619), famoso anatomista y embriólogo italiano que fuera profesor de Harvey en Padua, descubrió las válvulas de las venas y un mecanismo similar al que dedujera Harvey: en las venas, la sangre solo circula hacia el corazón y nunca en el otro sentido.

Más tarde, Harvey calculó que la sangre bombeada en una hora hacia el corazón equivalía a tres veces el peso de un hombre, razón que debía ser equivalente a la totalidad del fluido sanguíneo que viajaba por las arterias, de estas a las venas y de las venas al corazón.



Experimentos de Harvey sobre la circulación de la sangre en las venas.

Entonces, dedujo que la sangre se movía en un circuito cerrado, es decir, que circulaba. En 1628, Harvey publicó estas y otras conclusiones en el libro *Exercitatio anatomica de motu cordis et sanguinis* (*Ejercicio anatómico sobre el movimiento del corazón y de la sangre*), que se convirtió en uno de los grandes clásicos de la ciencia. En esta obra describía, entre otras cosas, cómo se podía tomar el pulso y qué significado tenía este para la Medicina.

Por otro lado, los secretos de la función de los riñones permanecieron ocultos hasta la invención del microscopio. El célebre médico italiano Marcello Malpighi (1628-1694), quien trabajó en la Universidad de Bolonia y conocía los trabajos de Harvey, estudió el tejido renal. En las cartas *De pulmonibus* (*Sobre los pulmones*), de 1659, dirigidas a Borelli, dio a conocer sus observaciones sobre los capilares sanguíneos que se relacionaban con los túbulos renales. Describió, asimismo, que las arterias pulmonares más pequeñas se subdividían en el pulmón formando diminutas redes capilares, las cuales se prolongaban en el sistema venoso.

A pesar de haber hecho tantos aportes a la Medicina, las observaciones de Malpighi no fueron tan aceptadas como las de Harvey, y recién en 1842, el cirujano inglés William Bowman (1816-1892), en su tratado decisivo sobre los estudios renales, describió cómo el laberinto de túbulos y de vasos sanguíneos del riñón consigue filtrar los desechos y el agua de la sangre.

Análisis del trabajo científico

1. En el texto se mencionan dos sistemas: circulatorio y urinario. **Expliquen** la relación funcional entre ellos.
2. ¿En qué sentido se puede afirmar que el gran cedazo de Galeno tenía existencia real? ¿Con qué descubrimientos sobre la estructura de los sistemas circulatorio y urinario se relaciona? **Argumenten**.
3. ¿Por qué, para dilucidar la función renal, se requería un conocimiento más profundo de las características de la circulación? **Analicen**.
4. **Repasen** la cronología de los principales descubrimientos acerca de la estructura y la función de los sistemas circulatorio y urinario. ¿Cuáles son las principales características descritas?
5. Cada vez que nos sentimos enfermos y vamos al médico, este nos pide casi invariablemente un análisis de orina y de sangre completos. ¿Qué es lo que presentan nuestra orina y nuestra sangre como para que en ellas se puedan detectar enfermedades? **Expliquen**.

La sangre: componentes y funciones

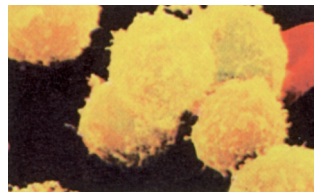
Muchos pueblos antiguos consideraban que la vida estaba en la sangre, por lo que podemos deducir que, aun sin conocer sus características y propiedades, el ser humano intuía la gran importancia de este tejido líquido.

La particularidad de la sangre de presentarse en forma líquida se debe a que tiene una gran cantidad de sustancia intercelular, llamada *plasma*, que está constituida en su mayor parte por agua.

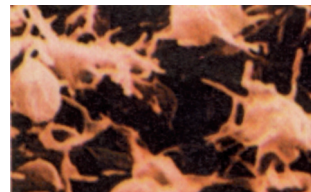
El plasma sanguíneo es de color amarillento y es el elemento de transporte por excelencia del cuerpo humano. Representa el 60% del tejido y en él se encuentran, en suspensión, las células sanguíneas: glóbulos rojos o eritrocitos, glóbulos blancos o leucocitos, y plaquetas o trombocitos.



Eritrocitos vistos con el MEB. Células con forma de discos bicóncavos. Carecen de núcleo y de mitocondrias. Su citoplasma está totalmente ocupado por la hemoglobina, la cual transporta los gases respiratorios y les otorga su color característico. Normalmente, hay entre 4 500 000 y 5 000 000 por mm³.



Leucocitos vistos con el MEB. Tienen núcleo y mitocondrias. Pueden pasar a través de las paredes de los vasos sanguíneos, lo que se conoce con el nombre de *diapédesis*. Actúan como elementos de defensa ante la presencia de cualquier agente extraño dentro del organismo. Normalmente, hay entre 6 000 y 10 000 por mm³.



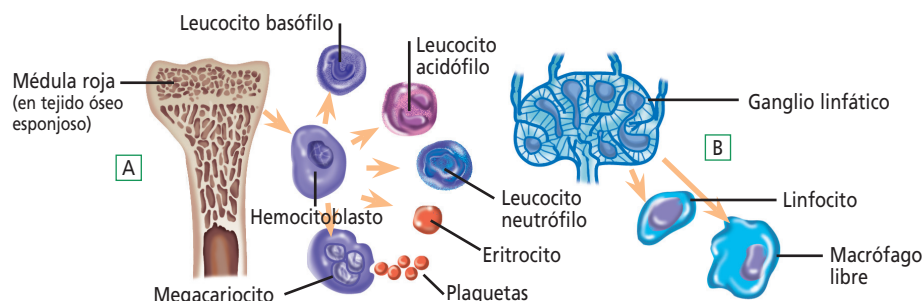
Plaquetas vistas con el MEB. Fragmentos citoplasmáticos desprendidos de células llamadas *megacariocitos*. Su principal función es intervenir en la coagulación de la sangre: cuando se produce una herida, se aglutinan y forman un tapón plaquetario. Normalmente, hay unas 300 000 por mm³.

Existen cinco variedades de leucocitos y cada una tiene su nombre específico.

- **Neutrófilos:** Fagocitan cualquier elemento extraño.
- **Eosinófilos** o **acidófilos:** Aumentan su número y se activan cuando se produce una alergia.
- **Basófilos:** Se ubican principalmente en los ganglios linfáticos y fagocitan los cuerpos extraños, segregando sustancias como la **heparina**, de propiedades anticoagulantes, y la **histamina**, que estimula los procesos inflamatorios.
- **Linfocitos:** Producen los anticuerpos.
- **Monocitos:** En general, actúan en las infecciones crónicas.

Entre los muchos trastornos que pueden afectar a la sangre, figuran la **anemia** y la **leucemia** o cáncer de la sangre. La primera se caracteriza por una disminución de la cantidad de eritrocitos o de la cantidad de hemoglobina que contienen; y la segunda, por un aumento rápido y anormal de los glóbulos blancos, buena parte de los cuales son inmaduros.

Origen y formación de las células sanguíneas



Ti Trabajo individual

Elabora un organizador gráfico para clasificar las células sanguíneas del ser humano. Dentro del organizador, **indica** la función que cumple cada una.

Las células sanguíneas derivan de un único tipo de célula germinal, el **hemocitoblasto**, que se produce en la médula roja de los huesos largos (A). Los eritrocitos, cuya vida media es de unos 120 días, se renuevan continuamente y se destruyen en el bazo. Algunos glóbulos blancos se producen en órganos linfáticos (B); su vida media varía desde algunas horas hasta meses o años, y son destruidos durante su acción defensiva. Por último, las plaquetas tienen una vida media de 10 días, aproximadamente.



El mecanismo de la coagulación

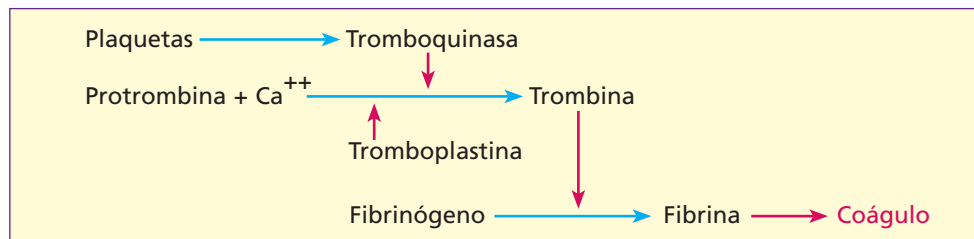
La sangre fluye en estado líquido y no coagula en el interior del cuerpo gracias a la **heparina**, un anticoagulante. Cuando por alguna herida pequeña en la piel se rompe un vaso sanguíneo, al cabo de un rato, la sangre deja de fluir y después se empieza a formar una especie de cáscara que cubre la herida hasta que esta cicatriza por completo. Este fenómeno se conoce con el nombre de **coagulación sanguínea**.

El papel protagonista de este proceso le corresponde a las plaquetas, que cuentan con la ayuda del plasma para llevarlo a cabo con éxito.

¿Se imaginan cómo eran las transfusiones de sangre de otras épocas? Uno de los grandes inconvenientes consistía en poder conservar este tejido en estado líquido sin que coagulara, ya que la coagulación es un proceso muy rápido, que se produce entre 3 y 7 minutos después de practicada la extracción sanguínea; por eso, las transfusiones se hacían directamente de persona a persona.

El médico argentino Luis Agote (1868-1954), gracias a sus investigaciones, en 1914 logró mantener la sangre *in vitro* (fuera del cuerpo) en estado líquido, al agregarle **citrato de sodio** —sal inorgánica formada por la combinación de ácido cítrico e hidróxido de sodio—. El citrato de sodio actúa como anticoagulante y provoca la precipitación de los iones calcio al formar un nuevo compuesto, el **citrato de calcio**, por lo que el calcio deja de ejercer su acción en la coagulación y esta se detiene. Así, es posible mantener la sangre en estado líquido durante varias semanas, siempre que se conserve refrigerada.

¿Cuáles son los pasos de la coagulación sanguínea?



1. Al producirse una lesión, se rompen algunos vasos sanguíneos y entonces las plaquetas, que naturalmente tienden a adherirse sobre superficies irregulares, se depositan en ellas (**tapón plaquetario**) y comienzan a desintegrarse. Al hacerlo, liberan una enzima, la **tromboquinasa**.

2. En presencia de los iones de calcio y de la trombocinasa, se activa el primer factor de coagulación: la **protrombina**. El producto de reacción es la **trombina**.

3. Mientras tanto, otro mecanismo libera una sustancia del interior de las plaquetas, la **tromboplastina**, que favorece la transformación de protrombina en trombina.

4. Al final de estas reacciones, en las que intervienen muchos otros factores además de los mencionados, la trombina permite que una de las proteínas presentes en el plasma, el **fibrinógeno**, se convierta en **fibrina**.

5. La fibrina forma una verdadera red en la que quedan atrapados los glóbulos blancos y los rojos, lo que constituye una estructura sólida llamada **coágulo**. Cuando faltan o resultan inactivos cualquiera de los mecanismos anteriores —por ejemplo, plasma sin fibrinógeno (suero), ausencia de calcio o producción de plaquetas insuficiente o nula—, no hay coagulación y la herida más leve puede resultar mortal.

Investiga

Indaga y resuelve las siguientes preguntas:
¿Qué es una trombosis?
¿Cómo se produce?
¿Y una embolia?

Glosario

anticoagulante. Factor o sustancia que impide el mecanismo normal de la coagulación.

Tarea

1. **Responde:** ¿Cómo diferenciarías un trombocito de una plaqueta?
2. **Explica** la función que desempeñan las plaquetas.
3. **Describe** el proceso de coagulación.

FUE NOTICIA

El hijo del zar aquejado por una extraña enfermedad

Sucedió en San Petersburgo, en 1915...

Una rara enfermedad hereditaria aquejaba al hijo del zar Nicolás II, la **hemofilia**. Este mal se caracteriza por la incapacidad de la sangre para formar coágulos, a causa de que el plasma carece del factor llamado **antihemofílico**. Esto produce un exceso de sangrado, incluso en las lesiones leves. El sangrado puede ser interno (**hematomas**) o externo (**hemorragias**).

Nuevo tratamiento para la hemofilia

Sucedió en Argentina, en 2007...

En abril de 2007, irrumpió en el mercado argentino un nuevo medicamento para tratar la hemofilia A. Este remedio, el **factor VIII recombinante de coagulación**, no posee derivados de plasma humano, lo que elimina el potencial de riesgo de infección.

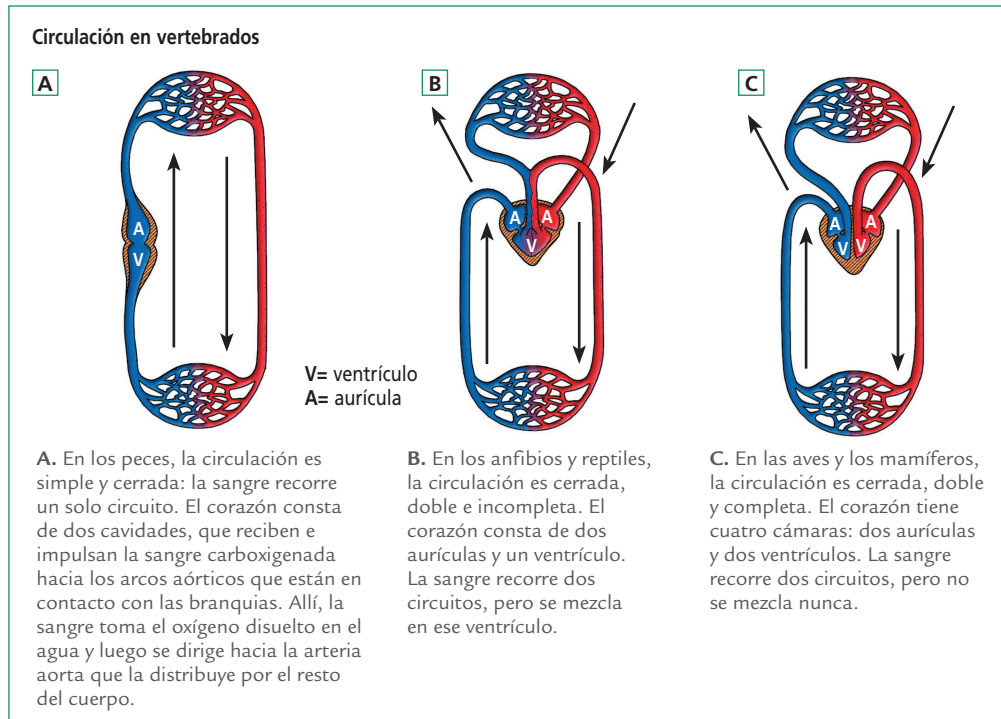
La tecnología recombinante utilizada en la fabricación de este producto —que reemplaza el factor VIII que no sintetizan las personas hemofílicas— permitirá a los pacientes mantener su homeostasis y además se podrá utilizar ante el primer signo de hemorragia, con el fin de detenerla y evitar complicaciones serias.

El sistema circulatorio en los vertebrados y el ser humano

Para entender la precisión y la eficacia con que se lleva a cabo la función de transporte, no podemos dejar de hablar de la ruta que recorre la sangre ni del motor que la impulsa y la mantiene en movimiento. Nos estamos refiriendo al **corazón** y a los **vasos sanguíneos** (arterias, venas y capilares).

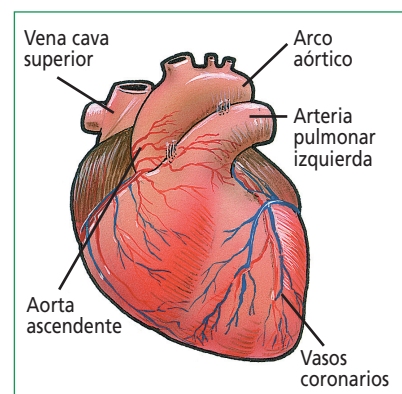
El sistema circulatorio humano ha ido evolucionando a partir de una estructura relativamente simple a una cada vez más compleja.

La circulación en los distintos grupos de vertebrados es cerrada, varían el número de cavidades y el recorrido de la sangre.



El corazón es el órgano primordial del sistema circulatorio y a él nos referimos cuando hablamos del «motor» de este sistema. En el ser humano está ubicado en la región llamada **mediastino**, en la parte central del tórax. Es, fundamentalmente, un órgano hueco con fuertes paredes musculares, de tamaño algo mayor que un puño cerrado.

- Los tejidos que forman el corazón son tres: el **pericardio** (capa externa), el **miocardio** (músculo cardíaco) y el **endocardio** (reviste las cavidades del corazón).
- El corazón se divide, por medio de tabiques, en cuatro cavidades: dos superiores (**aurículas**), una derecha y otra izquierda, y dos inferiores (**ventrículos**), uno derecho y otro izquierdo.
- La aurícula derecha (AD) y el ventrículo derecho (VD) se comunican entre sí a través del **orificio aurículo-ventricular**, tapizado por una válvula llamada **tricúspide**.
- La aurícula izquierda (AI) y el ventrículo izquierdo (VI) están comunicados por medio de un orificio similar al anterior, tapizado por la válvula **bicúspide** o **mitral**.
- Existen otras válvulas cardíacas, llamadas **sigmoideas** o **semilunares**, que comunican los ventrículos derecho e izquierdo con la arteria **pulmonar** y la **aorta**, respectivamente.



Vista externa del corazón y de los grandes vasos.

Tc Trabajo cooperativo

Formen grupos y seleccionen un tipo de vertebrado. Luego, representen en un cartel su sistema circulatorio.

L Lección

1. Diferencia la circulación simple de la circulación doble.
2. Indica qué tipo de animales tienen circulación simple y cuáles tienen circulación doble.

TIC

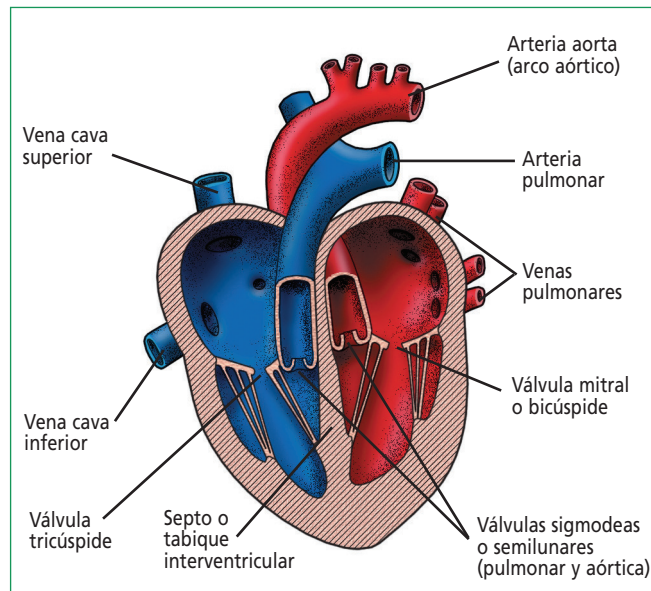
T Tarea

Visita la página web de Ciencias Naturales, sobre el aparato circulatorio goo.gl/Qr560 y mira las diferentes animaciones relacionadas con el sistema circulatorio del ser humano. Escribe un resumen de lo que hayas aprendido.



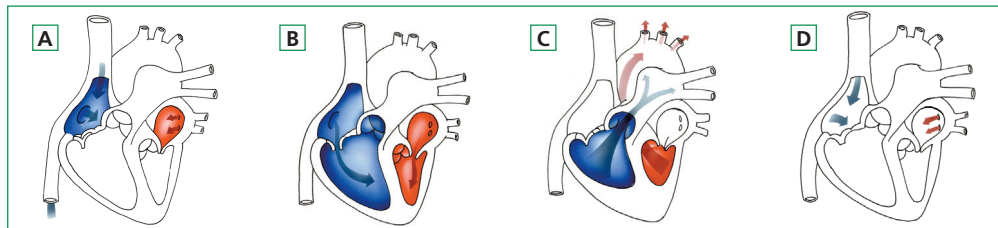
El funcionamiento del corazón

Para impulsar la sangre a través del sistema circulatorio, el corazón realiza dos movimientos: uno de contracción (**sístole**) y otro de relajación (**diástole**). Estos se suceden rítmicamente y determinan la **frecuencia cardíaca**, la cual puede ser constatada fácilmente al escuchar los ruidos cardíacos, que se producen junto con los movimientos descritos.



Sección del corazón.

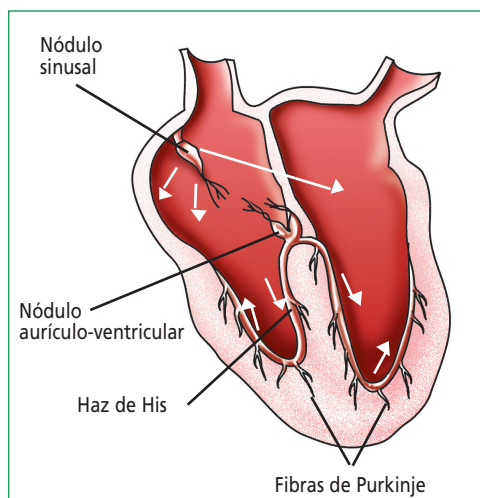
La sangre ingresa en el corazón y sale de él gracias a los movimientos sistólicos y diastólicos, lo cual constituye el denominado **ciclo cardíaco**. Este ciclo dura unos 0,8 s y cada minuto se producen, aproximadamente, de 60 a 80 latidos.



La sangre llega a las aurículas mientras estas se encuentran en su fase de diástole (A). Al llenarse completamente, comienza la sístole auricular; las válvulas aurículo-ventriculares se abren y la sangre pasa a los ventrículos (B). Estos, que se encontraban hasta ese momento en su fase diastólica, se llenan y comienzan a contraerse; las válvulas aurículo-ventriculares se cierran y producen el primer ruido cardíaco (**lub**), y la sangre es impulsada hacia las arterias (C). Al concluir la sístole ventricular, las válvulas sigmoideas se cierran y emiten el segundo ruido (**dup**) (D), y el ciclo se inicia de nuevo.

La frecuencia cardíaca está regulada por el sistema nervioso, el cual puede acelerarla o disminuirla, pero el impulso que determina la contracción de las cavidades cardíacas se origina en el propio corazón. Esta propiedad se denomina **automatismo cardíaco**.

El impulso cardíaco nace en el **nódulo sinoauricular** o **sinusal** —más conocido como marcapasos—, que se halla en la AD. Este nódulo determina la frecuencia con la que se suceden los impulsos, normalmente de 80 por minuto, y se propaga a otros sistemas de conducción eléctrica: el nódulo **aurículo-ventricular**, el **haz de His** y las **fibras de Purkinje**.



© Santillana

© Santillana

© Santillana

Investiga

Si, por alguna razón, el marcapasos deja de generar impulsos, el nódulo aurículo-ventricular puede producirlos pero con una frecuencia de 60 por minuto; y el haz de His también puede hacerlo, pero con una frecuencia todavía menor: de 40 por minuto.

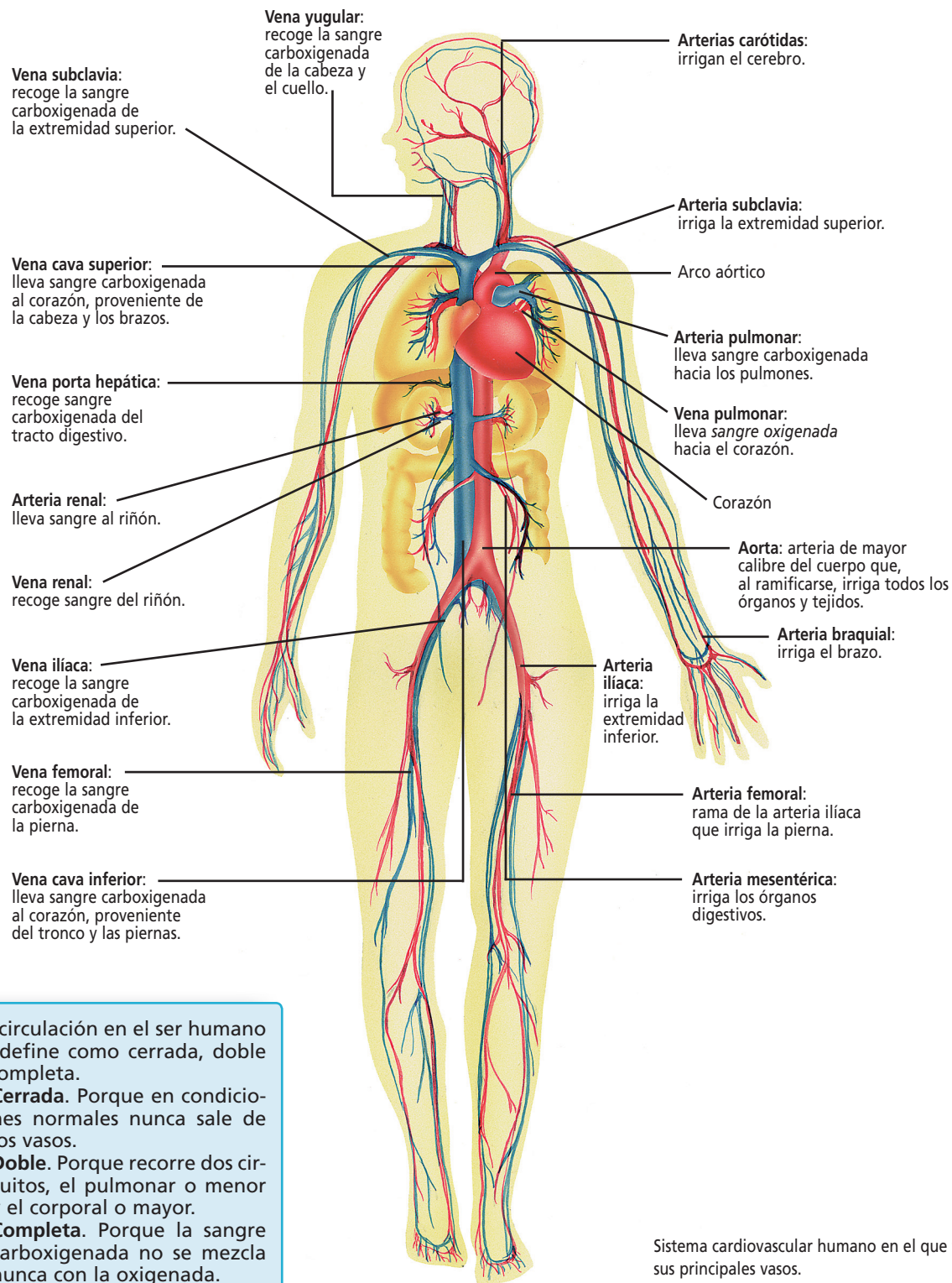
¿Qué sucede con las válvulas en cada una de las etapas del ciclo cardíaco?

Investiga: ¿Qué es un marcapasos artificial? ¿Qué analogías tiene con el marcapasos descrito en esta misma página?

El funcionamiento del corazón depende de la diferencia de potencial que se genera en las fibras cardíacas. Las ondas de despolarización en el nódulo sinusal son señales eléctricas que viajan por las membranas celulares de los sistemas de conducción. Cuando llegan a las terminales de las fibras de Purkinje, las fibras musculares cardíacas se contraen y se produce el latido del corazón, que permite el bombeo de la sangre.

Sistema cardiovascular humano

El sistema cardiovascular humano comprende un órgano impulsor de la sangre, el corazón, y un conjunto de vasos por los que esta circula: arterias, venas y capilares.



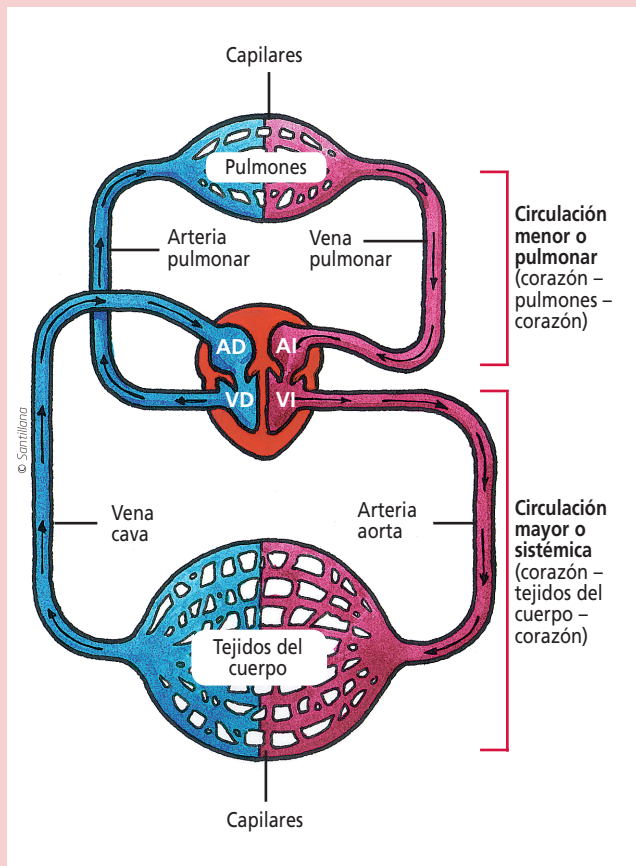
La circulación en el ser humano se define como cerrada, doble y completa.

- **Cerrada.** Porque en condiciones normales nunca sale de los vasos.
- **Doble.** Porque recorre dos circuitos, el pulmonar o menor y el corporal o mayor.
- **Completa.** Porque la sangre carboxigenada no se mezcla nunca con la oxigenada.

Sistema cardiovascular humano en el que figuran sus principales vasos.

El doble circuito de la sangre

*Si pudiéramos acompañar a un glóbulo rojo en su recorrido por todo el sistema circulatorio, veríamos que pasa dos veces por el corazón. Esto nos permitiría distinguir dos circuitos diferentes en ese trayecto: a uno se lo conoce con el nombre de **circulación mayor, sistémica o corporal**, y al otro, como **circulación menor o pulmonar**. Esta doble circulación solo se presenta en las aves y en los mamíferos.*

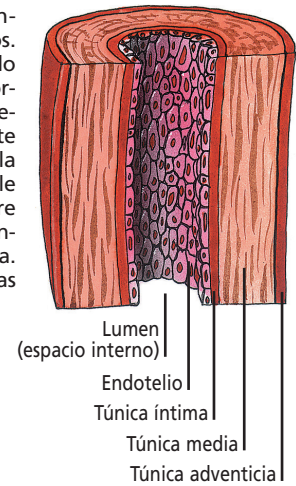


Circulación mayor. La sangre oxigenada (representada con color rojo) es impulsada desde la AI hacia el VI, y de allí pasa a la **arteria aorta**. Esta se bifurca en arterias de menor calibre, arteriolas y capilares; así, la sangre recorre toda la superficie corporal y deja a su paso el oxígeno en las células. A su vez, la sangre se carga del dióxido de carbono producido en las células, por lo que se transforma en carboxigenada (representada con color azul). Los capilares arteriales se prolongan con los venosos, los cuales se reúnen en vasos de calibre cada vez mayor hasta formar las **venas cavas superior e inferior**. Estas venas llevan la sangre carboxigenada hasta la AD. Allí termina la circulación mayor y comienza la menor.

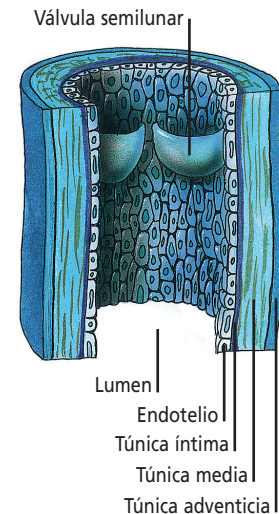
Circulación menor. La sangre carboxigenada pasa de la AD al VD y de allí es impulsada hacia la **arteria pulmonar**. Esta arteria lleva la sangre directamente a los pulmones. En los alvéolos pulmonares, como vimos en la unidad anterior, tiene lugar el intercambio gaseoso o hematosis; y la sangre oxigenada vuelve a la AI a través de las **venas pulmonares**, donde finaliza la circulación menor.

Arterias, venas y capilares

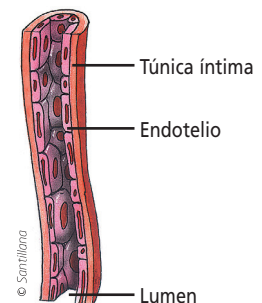
Arterias. Conducen la sangre que sale de los ventrículos. Poseen gran cantidad de tejido elástico —especialmente la aorta, la arteria de mayor diámetro (2,5 cm)—, que les permite dilatar sus paredes, aumentar la luz del tubo durante la sístole ventricular y recibir la sangre que sale del corazón, resistiendo la gran presión sanguínea. Durante la diástole, las arterias retoman su tamaño normal.



Venas. No soportan presiones elevadas, porque la sangre que regresa al corazón tiene una presión mucho menor que la arterial. Sus paredes son más delgadas y menos elásticas que las de las arterias. Casi toda la sangre venosa circula hacia el corazón, en contra de la fuerza de gravedad. En este caso, la circulación es favorecida por las paredes delgadas, que ofrecen menos resistencia al flujo sanguíneo; por las contracciones de los músculos esqueléticos que rodean a las venas (por ejemplo, las que se producen al caminar, fundamentales para el ascenso de la sangre); y por las **válvulas semilunares** de las venas, que imposibilitan el retroceso de la sangre: una vez que asciende, las válvulas se cierran automáticamente e impiden su regreso.



Capilares. Reciben este nombre porque tienen el diámetro de un cabello (alrededor de 6 micrones). Los capilares arteriales y venosos unen las arterias a las venas y forman inmensas redes alrededor de los tejidos. (Si se colocara en línea recta a los 10 000 millones de capilares que existen en el cuerpo, alcanzarían una extensión de 96 500 km!). Están constituidos por una sola capa de células y en ellos la circulación es muy lenta (0,5 mm/s). Estas características constituyen una gran ventaja para el intercambio de nutrientes y de gases. Las moléculas pequeñas y los iones atraviesan el capilar, mientras que las proteínas y otras moléculas grandes no pueden hacerlo.



Algunas enfermedades cardiovasculares comunes

El corazón, como cualquier otro órgano, necesita ser irrigado por los capilares sanguíneos. Si por algún motivo esa irrigación es insuficiente, las células se quedan sin oxígeno y se produce la muerte de ese grupo celular. Este es el fenómeno conocido como **infarto**. No solo se producen infartos en el corazón, sino también en cualquier órgano que deje de recibir irrigación durante cierta cantidad de tiempo.

En general, se le da el nombre de **enfermedades cardiovasculares** a los distintos trastornos que afectan al corazón y los vasos sanguíneos. Entre ellas figuran, además del infarto, la trombosis y la angina de pecho.

- La **trombosis** es la obstrucción o el bloqueo de un vaso sanguíneo por un trombo, que se forma a partir de las plaquetas depositadas en la superficie interna del vaso. El trombo puede formarse en una arteria afectada por arteriosclerosis o en una vena, cuando una persona permanece inmovilizada durante mucho tiempo.
- La **angina de pecho**, causada por perturbaciones arteriales del músculo cardíaco, se desencadena ante esfuerzos físicos muy intensos. En general, se manifiesta en personas que presentan estrechamiento de las coronarias a causa de la aterosclerosis.

El sistema linfático

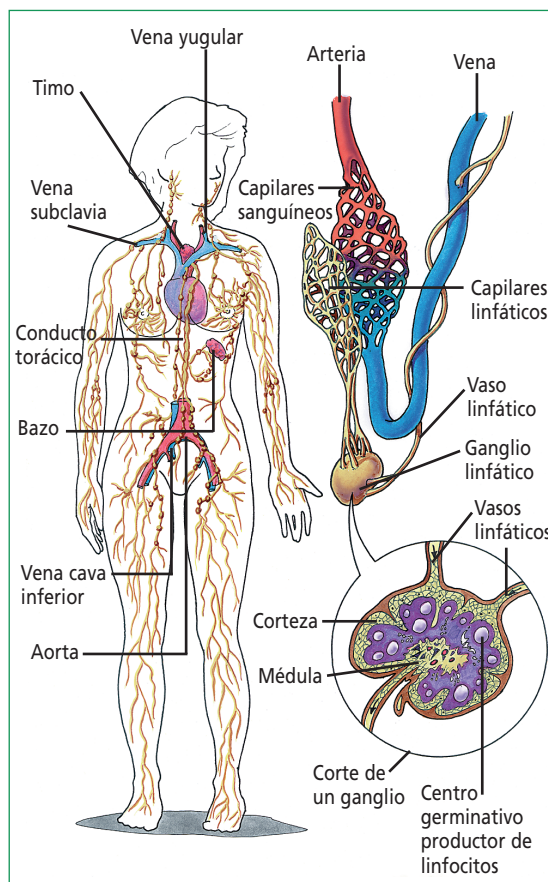
El sistema linfático está formado por una serie de vasos similares a las venas sanguíneas (**venas linfáticas**) y por los **ganglios linfáticos**, en los que se originan los linfocitos. El líquido que circula por este sistema recibe el nombre de **linfa**. Se trata de un plasma sanguíneo diluido, que contiene gran cantidad de glóbulos blancos, en especial linfocitos, y a veces glóbulos rojos.

La linfa se forma a partir del **líquido intersticial**, es decir, el plasma que sale de los capilares sanguíneos y permanece en los espacios intercelulares. Tras recorrer el cuerpo, la linfa pasa a la circulación sanguínea (a la altura de los hombros), en la unión de las venas subclavas y yugulares.

La circulación de linfa a través del sistema linfático es llevada a cabo por la **contracción** de los músculos corporales y ayudada por la presencia de **válvulas** dentro de los vasos linfáticos, que impiden su retroceso.

Cuando sobreviene una infección, los ganglios aumentan de tamaño a causa de la gran cantidad de linfocitos que producen, por lo cual se inflaman y duelen.

El sistema linfático tiene también fundamental importancia en el transporte, hacia el torrente de sangre, de los lípidos procedentes del intestino que no pueden ser conducidos por los vasos sanguíneos.



Glosario

arterioesclerosis. Enfermedad caracterizada por el engrosamiento de las paredes arteriales, debido a la acumulación de grasas y diversas partículas, como las plaquetas sanguíneas, lo cual disminuye el espacio interno (luz o lumen) de los vasos y dificulta la circulación sanguínea.

aterosclerosis (del griego *athéra*, 'papilla', y *sclerós*, 'endurecimiento patológico'). Afección provocada por la formación de placas de ateromas (ésteres de colesterol), que se depositan en las arterias, endurecen sus paredes y disminuyen su espacio interior. Es considerada un tipo de arterioesclerosis y a menudo se los usa como sinónimos.

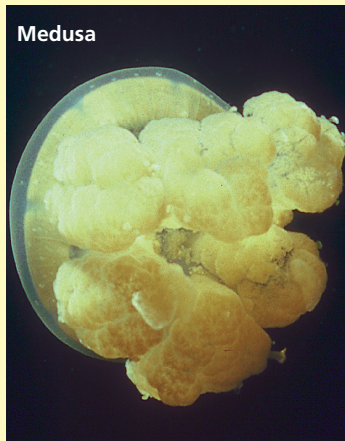
Otros órganos productores de linfocitos son el timo y el bazo. En ellos, la linfa llega a la zona de la médula y se filtra antes de ingresar en la circulación sanguínea. El sistema linfático es crucial para mantener constantes los líquidos corporales, pues recupera aproximadamente el 10% del volumen del líquido existente en el espacio extracelular y las proteínas contenidas en él.

Líquidos y sistemas circulatorios en los invertebrados

En los invertebrados, al igual que en los vertebrados, los lugares de captación y de utilización de oxígeno y nutrientes pueden estar bastante alejados, lo cual hace necesario su transporte a través de un fluido circulatorio.

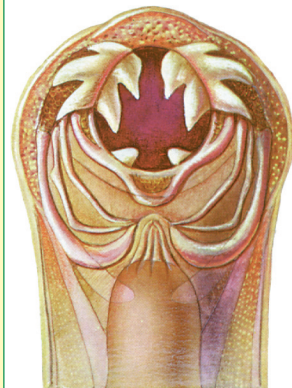
Este fluido necesita estructuras especializadas, que se van haciendo cada vez más complejas según el tamaño corporal y la actividad metabólica de los diferentes organismos.

En las **esponjas** y los **cnidarios** (medusas y pólipos) —que carecen de celoma, cavidad general del cuerpo entre el ectodermo y el mesodermo—, las sustancias son transportadas desde la cavidad interna (**atrio**, en las esponjas, y **celenterón**, en los cnidarios), que presenta una única abertura al medio externo, hacia las células corporales. La **linfa** (fluido interno) ocupa los escasos espacios intercelulares y no existe ningún órgano que la impulse.

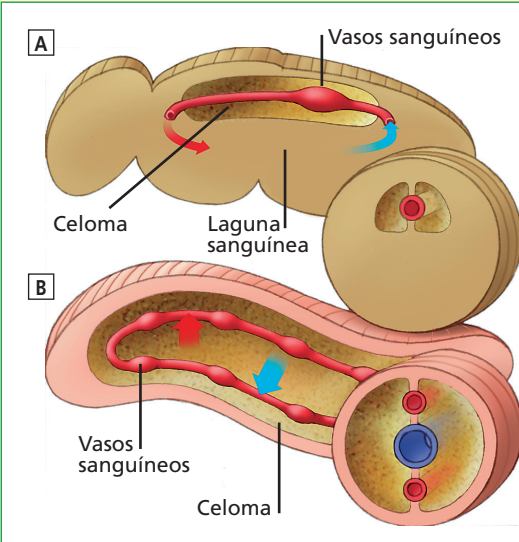


Medusa

Ancylostoma duodenale



En los **nematodos** (gusanos cilíndricos no segmentados), la linfa ocupa los espacios intercelulares y, además, los **seudocelos** (cavidades parcialmente rodeadas de mesodermo). La presión de la linfa en los pseudocelos mantiene la forma del cuerpo del animal al constituir una especie de esqueleto hidrostático. Carecen de un órgano impulsor: los movimientos del animal deforman los pseudocelos y hacen que el fluido se mueva de uno a otro.

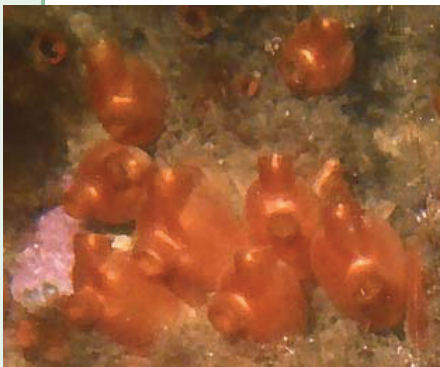


© Santillana

Otros invertebrados más evolucionados cuentan con auténticos vasos sanguíneos, es decir, disponen de un sistema circulatorio, el cual puede ser abierto o cerrado.

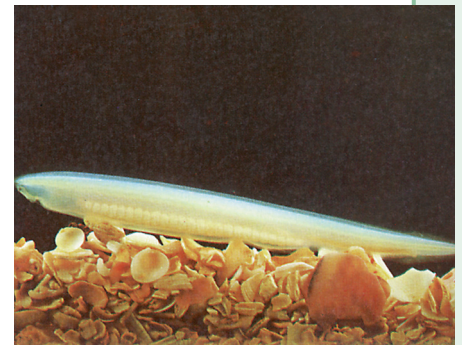
En un **sistema abierto (A)**, la sangre circula solo parcialmente por vasos sanguíneos, puesto que sale de ellos y es vertida en las **lagunas sanguíneas** o **cavidades hemocélicas**. Muchos moluscos presentan este tipo de sistema. Un pigmento sanguíneo típico de estos animales es la **hemocianina**, con cobre en vez de hierro.

En un **sistema cerrado (B)**, la sangre circula siempre en el interior de los vasos sanguíneos. Estos se encuentran, por ejemplo, en los anélidos (como la lombriz de tierra). Los pigmentos sanguíneos son la hemoglobina y la hemocianina.



Los **tunicados** o **urocordados** —animales estrechamente relacionados con los vertebrados— muestran características únicas y notables: un corazón contráctil, el único en todo el reino animal que invierte periódicamente el latido cardíaco, y la presencia de **vanadiocitos**, células sanguíneas con vanadio en lugar de hierro o cobre.

Los **cefalocordados** —el otro grupo próximo a los vertebrados— carecen de corazón y sus vasos sanguíneos son abiertos, pero el modelo anatómico de circulación es muy parecido al de los vertebrados: la aorta ventral es contráctil y actúa como órgano impulsor de la sangre.



© Yuri A. Zuyev, Hydrometeo. Univ., St. Petersburg

La excreción y el sistema urinario

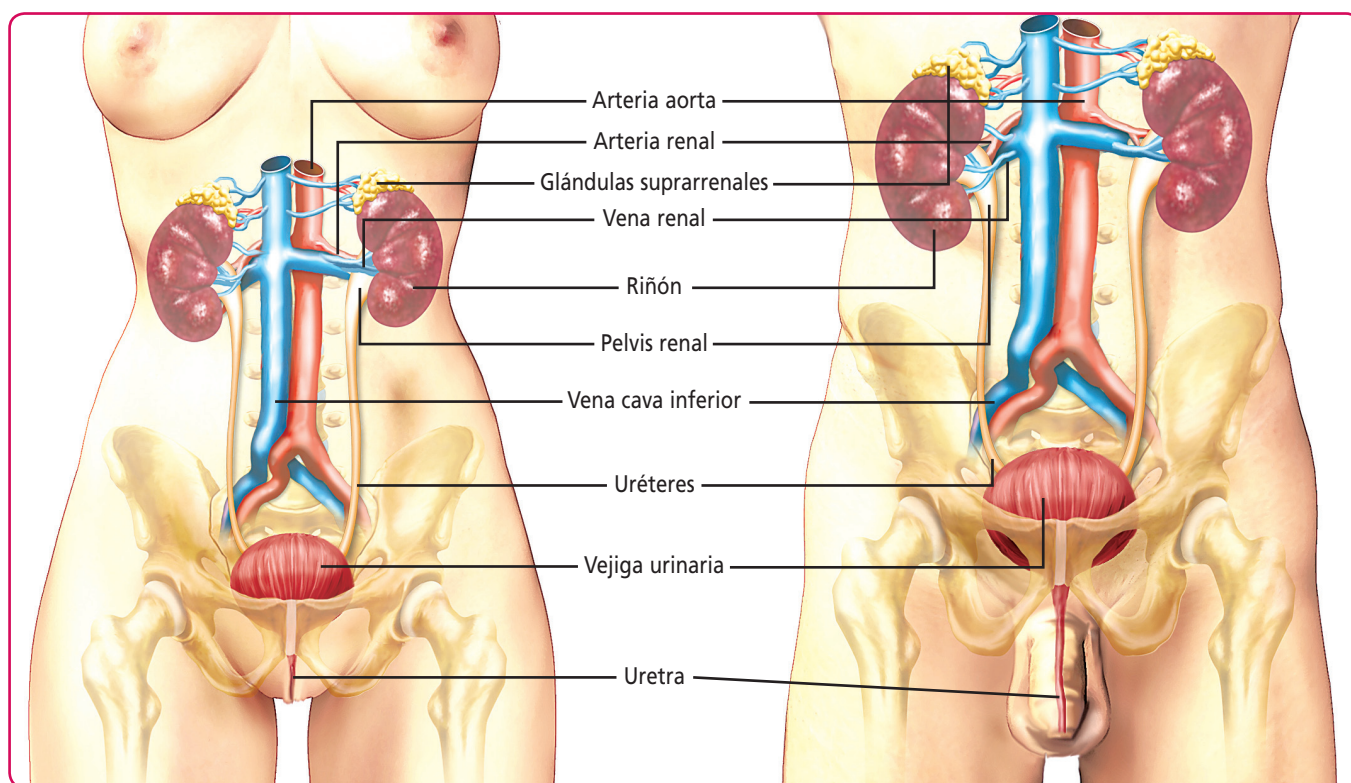
Los procesos normales del metabolismo celular generan, además de agua y algunas sales minerales (cloruros, fosfatos, bicarbonatos, oxalatos), ciertos productos de desecho, como la **urea** ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$), el **ácido úrico** ($\text{C}_5\text{H}_4\text{O}_3\text{N}_4$) y el amoníaco (NH_3). Estas sustancias son recogidas por la sangre, porque además de no tener ninguna utilidad, resultan tóxicas: si se acumulan en nuestro cuerpo, pueden llevarnos rápidamente a la muerte.

Para que esto no ocurra, nuestro organismo cuenta con un sistema de órganos que se encarga de recoger esas sustancias y expulsarlas al exterior: el **sistema urinario**.

Sus órganos principales son los **riñones**, que tienen la tarea de filtrar las sustancias de desecho de la sangre y formar la orina. Esta es llevada a través de dos conductos, los **uréteres**, hacia la **vejiga** (órgano que llega a almacenar unos 200 a 400 ml, aproximadamente). Luego, por el reflejo de **micción**, la orina es expulsada al exterior a través de otro conducto, la **uretra**. Los uréteres, la vejiga y la uretra conforman las **vías urinarias**.

Ti Trabajo individual

1. **Define** *excreción* y **relaciona** este proceso con la función de nutrición y circulación.
2. **Indica** qué órganos están relacionados con la función de excreción.



© Santillana

En cada riñón se distinguen, de afuera hacia adentro, cuatro capas o zonas bien diferenciadas (véase el corte esquemático del riñón en la página siguiente).

- La **cápsula renal** es una membrana fina de tejido conjuntivo fibroso muy resistente.
- La **corteza** forma una cubierta continua y, a intervalos regulares, extiende prolongaciones hacia el interior, llamadas **columnas de Bertin**.
- La **médula**, por debajo de la corteza, está dividida por las columnas de Bertin en sectores (entre nueve y doce), denominados **pirámides renales** o **de Malpighi**; los extremos de estas pirámides apuntan hacia el interior del riñón, y están compuestos por túbulos de diferente calibre.
- La **pelvis renal** es la cavidad interna, que está dividida en varias cámaras, o **cálices renales**, que coinciden con los extremos de las pirámides de Malpighi.

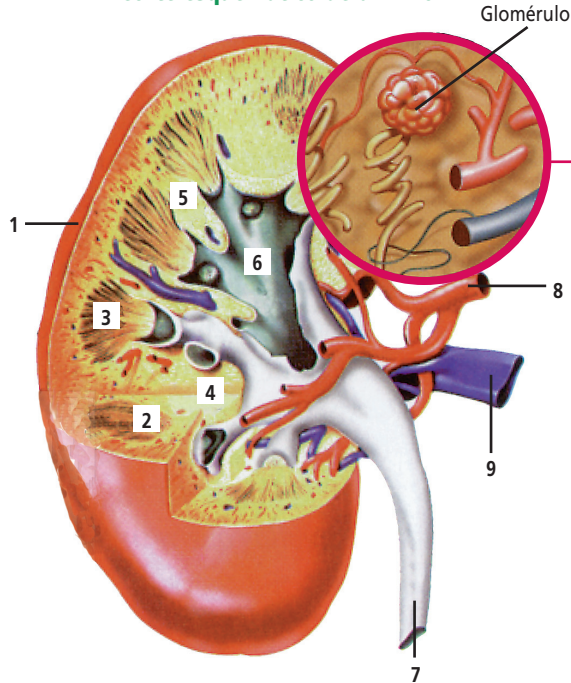
Tc Trabajo cooperativo

¿Qué otros sistemas excretan productos de desecho? ¿Cuáles son? **Formen** grupos para identificar estos sistemas y **elaboren** un gráfico que muestre este trabajo conjunto entre varios sistemas.

El nefrón y la formación de la orina

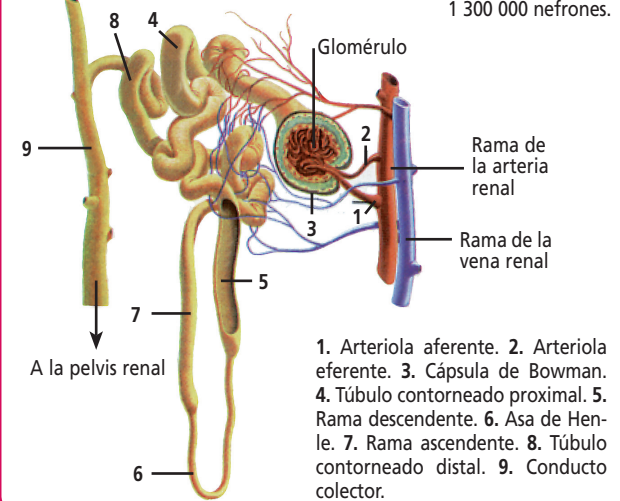
El nefrón es la unidad estructural y funcional del riñón, en la que se lleva a cabo el proceso de formación de la orina.

Corte esquemático de un riñón



1. Cápsula renal. 2. Corteza. 3. Columna de Bertin. 4. Médula. 5. Pirámide renal. 6. Pelvis renal. 7. Uréter. 8. Arteria renal. 9. Vena renal.

Detalle de un nefrón. Cada riñón humano consta de, aproximadamente, 1 300 000 nefrones.



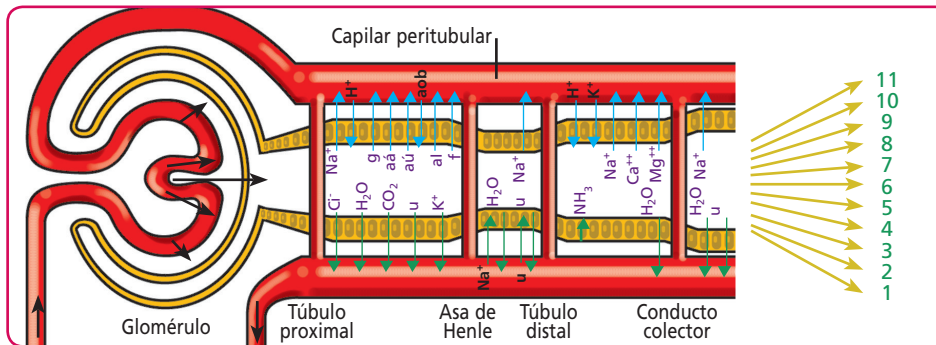
1. Arteriola aferente. 2. Arteriola eferente. 3. Cápsula de Bowman. 4. Túbulo contorneado proximal. 5. Rama descendente. 6. Asa de Henle. 7. Rama ascendente. 8. Túbulo contorneado distal. 9. Conducto colector.

Los nefrones se hallan en las cortezas renales. Cada nefrón está constituido por:

- El **glomérulo** o **corpúsculo de Malpighi**, ovillo de capilares arteriales por los que circula la sangre.
- La **cápsula de Bowman**, estructura con forma de copa que envuelve al glomérulo.
- El **túbulo contorneado proximal**, el **asa de Henle** y el **túbulo contorneado distal**, por los que circula el líquido filtrado.
- El **conducto colector**, que recibe el contenido de los túbulos contorneados distales de varios nefrones y lo vierte en los cálices renales.

Los túbulos contorneados, el asa de Henle y los conductos colectores están rodeados por una compleja red de capilares sanguíneos, denominados **peritubulares**.

La formación de la orina



La formación de orina en los nefrones consta de tres procesos principales: la filtración, la reabsorción y la secreción.

1. **Filtración.** Comienza cuando la sangre ingresa en el corpúsculo de Malpighi, a través de la arteriola aferente. Esta tiene un calibre mayor que la eferente, lo cual asegura que la sangre circule a gran presión. Por eso, ciertas sustancias se filtran desde los capilares hacia la cápsula de Bowman. El líquido filtrado contiene aminoácidos, glucosa, agua y sales minerales, pero carece de eritrocitos y proteínas de elevado peso molecular.
2. **Reabsorción.** Consiste en la recuperación de sustancias útiles para el organismo, como los aminoácidos, la glucosa y ciertas sales minerales presentes en el filtrado glomerular. Tiene lugar desde los túbulos contorneados y el asa de Henle hacia los capilares peritubulares que los rodean. Las sustancias que se reabsorben (el 99% del volumen filtrado) son solo las que resultan útiles para el organismo.
3. **Secreción.** Consiste en el pasaje de ciertas sustancias de desecho, que no llegaron a filtrarse, desde los capilares peritubulares hacia la luz de los túbulos renales. Por ejemplo, los iones hidrógeno (H^+), potasio (K^+) y amonio (NH_4^+), la urea y algunos antibióticos, como la penicilina.

Referencias

g: Glucosa
aá: Aminoácidos
aú: Ácido úrico
aob: Ácidos orgánicos y bases
al: Ácido láctico
f: Fosfatos
u: Urea

Composición de la orina (%)

1. Agua	95
2. Iones sodio (Na^+)	0,35
3. Iones cloro (Cl^-)	0,6
4. Iones potasio (K^+)	0,15
5. Iones calcio (Ca^{++})	0,015
6. Iones sulfato (SO_4^-)	0,18
7. Iones fosfato (PO_4^{3-})	0,15
8. Iones amonio (NH_4^+)	0,04
9. Urea	2
10. Creatinina	0,075
11. Ácido úrico	0,05

Análisis de orina y enfermedades urinarias

En todos los casos, aunque varíe la cantidad de orina producida, la excreción de las sustancias tóxicas debe mantenerse. Por lo tanto, si se genera poca orina, las sustancias de desecho estarán más concentradas que si esta es abundante.

La cantidad de agua y de algunos de los componentes normales de la orina pueden variar por diferentes causas. Sin embargo, el **análisis de orina** es utilizado a menudo como elemento del diagnóstico, porque la alteración de su composición normal constituye un verdadero síntoma de algunas enfermedades. Por ejemplo:

- Un volumen de orina excesivo o la presencia de determinadas cantidades de glucosa son característicos de la diabetes.
- En las personas que padecen de hepatitis, la orina es oscura por la presencia de pigmentos biliares.
- La cantidad de urea se eleva en los estados febriles y en la diabetes, y disminuye durante la inflamación del riñón.
- La orina de pacientes con leucemia o gota presenta cantidades de ácido úrico anormalmente elevadas.

Entre las enfermedades comunes de las vías urinarias cabe mencionar las **litiasis**, provocadas por la formación y precipitación de cristales, los cuales constituyen verdaderas piedras, llamadas **cálculos**. Los cálculos renales están formados generalmente por sales de calcio (oxalatos, fosfatos y carbonatos), que si bien son componentes normales de la orina, precipitan y forman piedras. Cuando el cálculo se aloja en el uréter, aparece el síntoma típico de esta enfermedad: fuertes dolores lumbares que se extienden hacia el abdomen, conocidos como **cólicos renales**.

La litiasis desaparece cuando se eliminan los cálculos. Si son pequeños, se disuelven con medicamentos específicos; si son grandes, se extirpan quirúrgicamente o se aplican ondas de choque, técnica que permite fragmentarlos y así poder eliminarlos a través de la orina.

La insuficiencia renal y el sistema circulatorio

La **insuficiencia renal** es una condición que consiste en una capacidad reducida del riñón para desarrollar sus funciones. Esta disfunción afecta también al sistema circulatorio.

Se sospechaba que el riñón interviene en la regulación de la presión arterial desde 1827, cuando Richard Bright (1789-1858), médico inglés, observó que la mayoría de los pacientes afectados de insuficiencia renal crónica presentaba una presión arterial muy elevada, además de padecer cardiopatías.

Para someter a prueba esta hipótesis, se llevó a cabo la siguiente experiencia. Se inyectó extracto crudo de tejido renal a un conejo y se observó que, transcurridos algunos minutos, se producía un sostenido aumento de la presión sanguínea. Los investigadores llamaron **renina** al principio activo que ocasionaba ese aumento de presión.

En el año 1934, el premio Nobel argentino Bernardo Houssay (1887-1971) llegó a purificar la renina y demostró que esta reacciona con un componente plasmático para formar otra sustancia, la **angiotensina**.

Cuando la presión arterial desciende, la circulación sanguínea al riñón disminuye; entonces, este segrega renina a la sangre y se forma angiotensina, que provoca vasoconstricción y aumenta la presión arterial.

En la insuficiencia renal crónica, al haber menos tejido renal funcional, se produce una continua liberación de renina a la sangre, lo cual ocasiona un incremento constante de la presión arterial y del flujo sanguíneo al riñón. Como consecuencia, se genera un exceso de trabajo cardíaco, lo que provoca, en los enfermos renales agudos, diversos tipos de enfermedades cardiovasculares.

Investiga

Diariamente, los riñones producen cerca de 125 l de filtrado glomerular, de los cuales solo quedan entre 1 y 1,5 l de orina para ser expulsados al exterior. ¿Cómo se llega a esa cantidad? ¿Qué sucede con el resto del líquido filtrado?

Investiga ¿Qué son las sustancias diuréticas y antidiuréticas? ¿Qué mecanismos regulan la cantidad de agua reabsorbida?

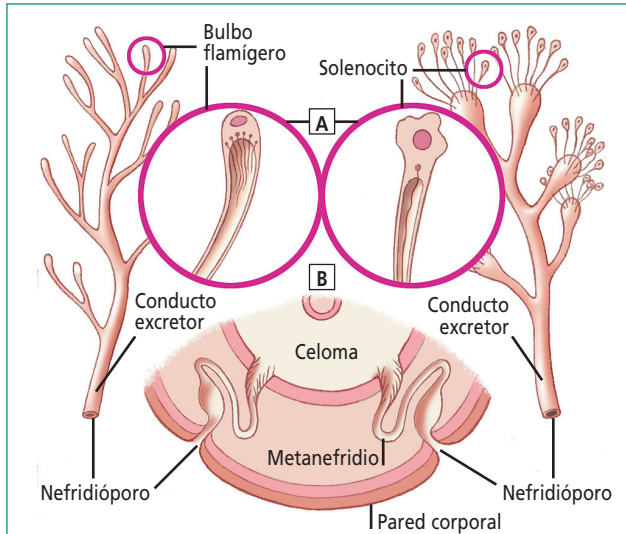


© Soritillano

Los análisis de orina revelan el funcionamiento del organismo.

Tipos de órganos excretores en los animales

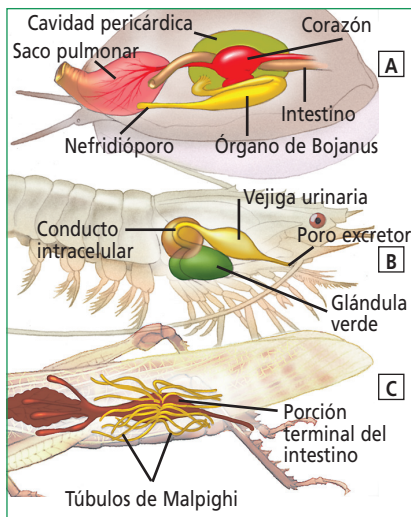
La función de la excreción es expulsar los desechos producidos por las células en su metabolismo. Sirve, además, para regular el equilibrio químico en el interior del animal, y entre este y el medio en el que vive.



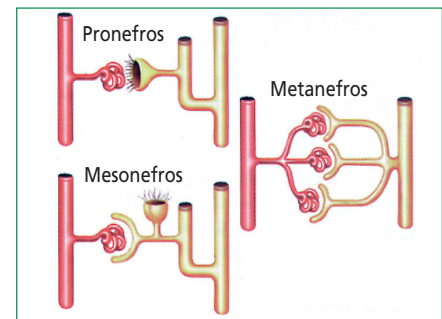
Sistemas excretores de los invertebrados (I). Hay muchos tipos de órganos excretores en los invertebrados, aunque la mayoría tiene forma tubular.

El **protonefridio (A)** es un tubo con un extremo que se abre al exterior y otro cerrado que termina en una célula denominada **flamígera**, debido a su aspecto de llama, o en un grupo (**solenocitos**). Estas células poseen cilios que recogen las sustancias de desecho de células vecinas y, así, ayudan a eliminarlos al exterior. Por ejemplo, muchos gusanos poseen este tipo de órgano.

El **metanefridio (B)** tiene un extremo abierto a la cavidad general del cuerpo y el otro, casi siempre con una dilatación o vejiga previa, desemboca en el exterior. En general, está segmentado y las paredes del tubo permiten la filtración, reabsorción y secreción de diferentes sustancias, procesos que conducen a la formación de orina. Este órgano se presenta, por ejemplo, en los anélidos (lombrices).

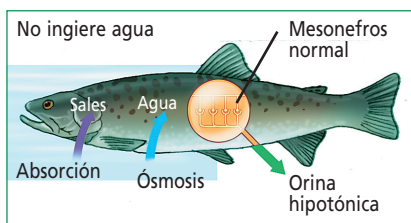


Sistemas excretores de los invertebrados (II). El **órgano de Bojanus** de los moluscos o vejiga urinaria (A), la **glándula verde** o **antena** de los crustáceos decápodos (B) y los **túbulos de Malpighi** de los insectos (C) responden a un esquema básico similar: un conducto con tramos especializados que da paso, en uno o en otro sentido, a diversos materiales. Además, comunica el interior con el medio exterior, directamente o a través del intestino.

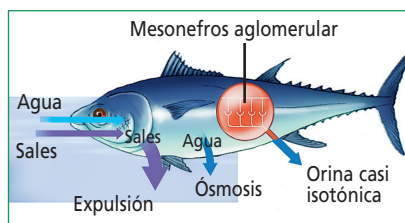


Sistemas excretores de los vertebrados. Los vertebrados poseen riñones que presentan unidades tubulares dispuestas en segmentos (**pronefros** y **mesonefros** de peces, anfibios y de las fases embrionarias de los demás) o reunidas en masas más o menos compactas (**metanefros** de reptiles, aves y mamíferos). Estas unidades forman la orina, que después pasa por los uréteres hacia la cloaca o el intestino, en el caso de los reptiles y las aves, o hacia una vejiga, de la que saldrá por la uretra, en el caso de los mamíferos.

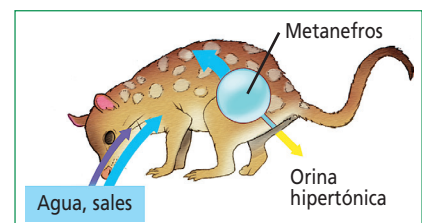
Ingestión y expulsión de agua y sales en distintos vertebrados



Los peces de agua dulce, **hipertónicos** respecto del medio externo, deben eliminar el exceso de agua, la cual ingresa por ósmosis, por las branquias y el tubo digestivo. El riñón se encarga de producir una orina muy diluida. A la vez, se pierden muchas sales, que se recuperan absorbiéndolas por medio de glándulas especializadas en las branquias.



Los peces marinos, en cambio, están expuestos a una pérdida continua de agua por ósmosis. Para evitar este inconveniente, en primer lugar, reabsorben toda el agua que pueden en sus túbulos renales (la orina resulta casi isotónica); y en segundo lugar, ingieren agua por la boca y la retienen, expulsando el exceso de sales por unas glándulas especializadas localizadas en las branquias.



Los vertebrados terrestres deben evitar la pérdida de agua. Si excretasen el nitrógeno en forma de amoníaco, muy tóxico, deberían diluirlo en gran cantidad de agua para paliar esa toxicidad. Por eso, ese compuesto se transforma en otros menos tóxicos, en una orina diluida que contiene urea (mamíferos), o en una orina concentrada y sólida que contiene el ácido úrico (aves).

Reconoce los componentes y la función de los órganos que intervienen en la circulación.

1. Elige la respuesta correcta entre las siguientes selecciones múltiples.

I. Los vasos sanguíneos por los que el oxígeno llega a las células se denominan:

- a. capilares.
- b. arterias.
- c. venas.
- d. vasos linfáticos.

II. Los vasos sanguíneos que transportan la sangre del corazón son:

- a. venas.
- b. arterias.
- c. capilares.
- d. vasos linfáticos.

III. Uno de los siguientes elementos no es componente normal de la orina. ¿Cuál?

- a. El agua.
- b. La urea.
- c. La glucosa.
- d. Los iones de sodio.

IV. En la constitución del nefrón, no interviene...

- a. el túbulo contorneado distal.
- b. la cápsula de Bowman.
- c. el asa de Henle.
- d. los cálices renales.

2. Señala las opciones incorrectas en las siguientes selecciones múltiples.

I. Los eritrocitos o glóbulos rojos:

- a. son células en forma de discos bicóncavos y no tienen núcleo.
- b. contienen el pigmento hemoglobina que les otorga su coloración característica.
- c. se encuentran, normalmente, entre 6 000 y 10 000 por mm^3 .
- d. transportan el oxígeno.
- e. forman anticuerpos y tienen una función defensiva.

II. En la coagulación sanguínea interviene:

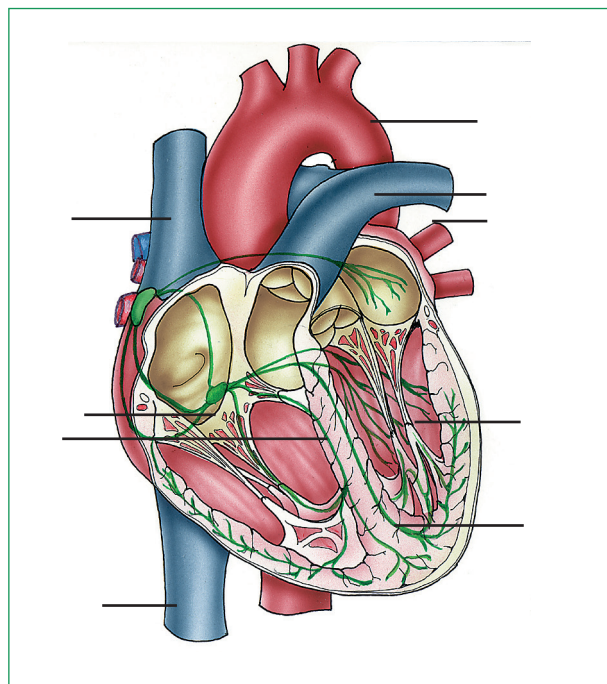
- a. un tapón plaquetario, y después se libera la enzima tromboquinasa.
- b. el citrato de calcio, que se relaciona con el coágulo.
- c. el primer factor de coagulación, la protrombina, que se transforma en trombina.
- d. una proteína del plasma, el fibrinógeno, que se convierte en fibrina.
- e. la heparina, que tiene efecto aglutinante.

III. ¿Cuáles de las siguientes afirmaciones son incorrectas?

- a. La leucemia se caracteriza por un rápido aumento de los glóbulos rojos.
- b. La hemofilia se caracteriza por la incapacidad de la sangre para formar coágulos, porque el plasma carece del factor llamado *antihemofílico*.
- c. La anemia se caracteriza por la disminución en la cantidad de glóbulos blancos.
- d. La trombosis consiste en el bloqueo de un vaso sanguíneo.
- e. La angina de pecho se presenta, en general, en personas con estrechamiento de las arterias coronarias a causa de la aterosclerosis.

Identifica las partes del corazón.

3. Completa el siguiente esquema del corazón.

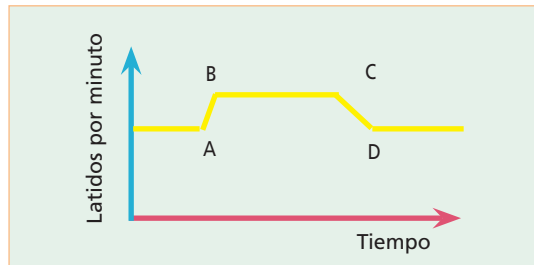


Interpreta gráficos relacionados con los latidos cardíacos y la circulación de la sangre.

4. Entre un estado de reposo y de ejercicio, pueden darse grandes variaciones en la circulación sanguínea. **Realicen**, en parejas, la siguiente experiencia para comprobarlo.

1. Con la palma de la mano hacia afuera, **apoyen** la yema del dedo índice sobre la arteria radial (en la muñeca).
2. **Cuenten** la cantidad de pulsaciones que hay en un minuto.
3. **Realicen** un ejercicio intenso durante 5 minutos y **vuelvan** a contar las pulsaciones.

- a. Sabiendo que en la sístole de una persona normal y en estado de reposo el corazón impulsa 70 ml de sangre, ¿cuántos mililitros de sangre por minuto expulsó el corazón antes y después de realizar el ejercicio? **Expliquen.**
- b. El siguiente gráfico muestra la frecuencia cardíaca de una persona de 15 años, antes, durante y después de realizar un ejercicio aeróbico. **Respondan** las preguntas.

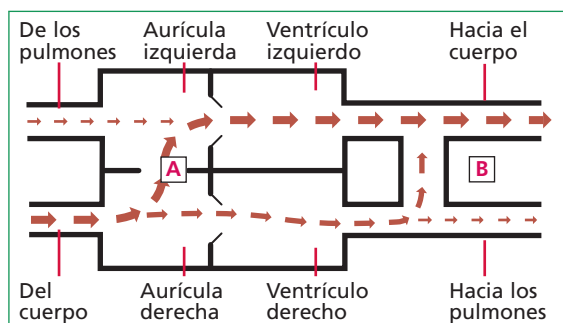


- I. ¿Cuándo comienza el ejercicio?
- II. ¿En qué período transcurre el ejercicio?
- III. ¿Cuándo finaliza el ejercicio?
- IV. **Dibujen** la curva que correspondería a un adulto de 50 años que realiza el mismo ejercicio durante el mismo lapso.
- V. **Dibujen** la curva que correspondería a un niño de 4 años que realiza el mismo ejercicio durante el mismo lapso.

Analiza información científica relacionada con el colesterol y el sistema sanguíneo.

5. En el diagrama de la circulación de la sangre durante la vida fetal, pueden observarse algunas particularidades:

- ✓ En A se nota una comunicación interauricular.
- ✓ El recorrido de la sangre está representado por tres tipos de flechas, que se diferencian por su color y grosor (este alude al mayor o menor volumen de sangre).
- ✓ En B se observa una comunicación entre las vías que deben transportar la sangre hacia los pulmones y hacia el resto del cuerpo.
- ✓ De acuerdo con el diagrama, la sangre que llega a los pulmones es muy escasa.



Sobre la base de los datos consignados, **responde.**

- a. ¿Qué diferencias existen entre la circulación fetal y la de los adultos?
- b. ¿En qué momento exacto desaparecen las comunicaciones observadas?
- c. ¿Qué tipo de relación puede determinarse entre la función: *feto —placenta y recién nacido— pulmones*?

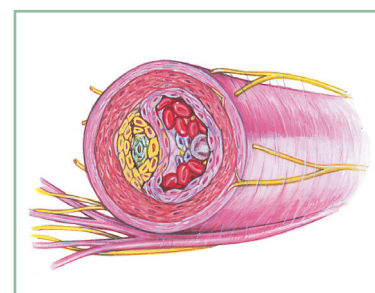
6. **Analiza** el siguiente texto y, luego, **realiza** las actividades sugeridas.

El colesterol es una sustancia química natural [...] esencial para el buen funcionamiento del tejido nervioso y para producir la bilis y diversas hormonas. Además de extraerlo de los alimentos [...], el cuerpo fabrica su propio colesterol en el hígado. Existe un proceso de retroalimentación que ayuda a regular los niveles sanguíneos de colesterol: cuanto más lo consume una persona, menos lo produce el cuerpo. Pero si la dieta contiene grandes cantidades de colesterol y el metabolismo del cuerpo se halla afectado de alguna forma, el exceso contribuirá a la formación de placas en las arterias.

El colesterol es insoluble en el suero acuoso de la sangre, por lo que, químicamente, circula en conexión con las moléculas de lipoproteína [...]. Las investigaciones indican que pueden existir lipoproteínas «buenas» y «malas». Las malas son las LDL, o lipoproteínas de baja densidad, que son ricas en colesterol. [...] Las buenas son las pequeñas y pesadas HDL, o lipoproteínas de alta densidad. Algunos investigadores afirman que las HDL despejan la grasa de las paredes arteriales y la devuelven al hígado para su extracción.

Fuente: John O. E. Clark: «El cuerpo humano». Plaza & Janés, Barcelona, 1992.

- a. **Pide**, a tus amigos y parientes, resultados de análisis de sangre en los que figure el nivel de colesterol. ¿En qué casos recomendarían un tipo de dieta especial? ¿Por qué?
- b. **Haz** una lista con las medidas que recomendarías a una persona para bajar el colesterol y mantenerlo en los niveles normales.



Representación de depósitos de colesterol en una arteria.

1. Marie Curie, de soltera Marja Sklodowska, nació en Varsovia (Polonia) el 7 de noviembre de 1867. Su padre era profesor de Física. En 1891, fue a París (donde cambió su nombre por Marie) e ingresó en la Sorbona. Dos años más tarde, concluyó sus estudios de Física y fue la número uno de su promoción. En 1894 conoció a Pierre Curie y se casaron en 1895.



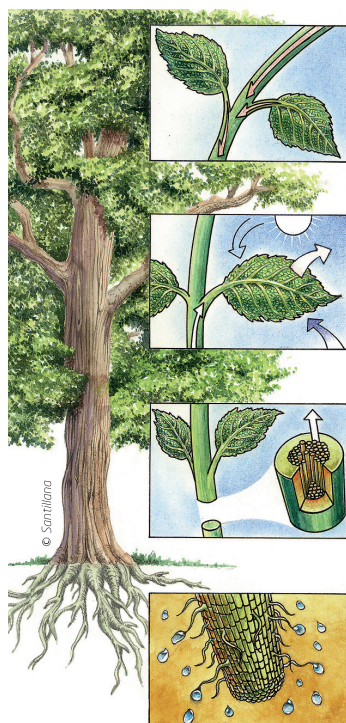
Los esposos Curie.

Marie Curie fue la primera mujer a la que se le concedió el Premio Nobel, y la primera persona que lo ganó dos veces.

El brillante trabajo de Marie Curie le costó la vida: a causa de él sufrió una **anemia perniciosa** y murió el 4 de julio de 1934, en el Alta Saboya.

- Investiguen** cuáles fueron los trabajos de Marie Curie por los cuales fue galardonada dos veces con el Premio Nobel.
- ¿Qué es la **anemia perniciosa**? **Recaben** información sobre la enfermedad.
- ¿De qué manera las investigaciones de Curie afectaron su salud, provocándole el mal que terminó con su vida? **Expliquen**.

2. Las plantas vasculares tienen un sistema de conducción del agua y de las sales minerales (el xilema) y otro de la materia orgánica elaborada durante el proceso de la fotosíntesis (el floema). En el primero, el sentido de la circulación es de abajo hacia arriba; en el segundo, en cambio, se realiza en ambos sentidos.



La materia orgánica elaborada durante la fotosíntesis es transportada por el floema hacia toda la planta.

En las hojas, parte del agua interviene en la fotosíntesis y la otra se evapora.

Ascenso de agua a través del xilema.

Ingreso de agua a través de la raíz.

¿Cómo puede llegar el agua desde el suelo hasta las hojas de un árbol de 60 m? La explicación científica de esto constituye la **Teoría de la cohesión-tensión**. **Busquen** información y **respondan**.

- ¿Cómo ingresa el agua en las raíces? ¿Qué es la presión radical?
- ¿De qué manera la transpiración influye en el ascenso del agua?
- ¿Qué papel desempeña la cohesión de las moléculas de agua?
- ¿En qué consiste el fenómeno de la capilaridad?

3. Las plantas carecen de un sistema excretor organizado, pero poseen estructuras y mecanismos con los que pueden realizar un proceso similar. Por ejemplo:

- ✓ Los compuestos nitrogenados resultantes de su metabolismo son utilizados para la síntesis de nuevas sustancias.
- ✓ Las resinas quedan almacenadas en los canales resiníferos.
- ✓ El látex se acumula en forma de gotas en los canales laticíferos.
- ✓ Ciertas gomas, como la arábica, se expulsan al exterior si la corteza resulta dañada, mientras que otras se acumulan en conductos para ser utilizadas en la reparación de tejidos.
- ✓ Los aceites esenciales son eliminados al exterior por las células secretoras (tricomas glandulares) de hojas, yemas y flores, o bien se almacenan en bolsas o células oleíferas.

- Investiguen** qué características físicas y químicas tienen las resinas, el látex, las gomas y los aceites esenciales y qué funciones cumplen.
- Muchas sustancias de excreción vegetal son de utilidad para el ser humano. ¿Qué productos se elaboran a partir del látex? ¿Y a partir de la goma arábica? **Expliquen**.



Dartmouth Electron Microscope Facility, Dartmouth College.

Microfotografía electrónica de barrido que muestra la superficie de una hoja con tricomas glandulares.

Análisis de la presión arterial

Diversos factores, como la dieta, la ingesta de alcohol, el consumo de cigarrillos y el deporte, influyen sobre la presión arterial.

Objetivo

Analizar la influencia de distintos factores sobre la presión arterial.

Material

Un tensiómetro.



Procedimiento

1. **Seleccionen** dos grupos de personas: 30 mujeres de entre 40 y 60 años y 30 hombres de entre 40 y 60 años.
2. **Tomen** la presión sistólica y la diastólica a ambos grupos, por medio del tensiómetro. Para hacer esto, **tengan** en cuenta que el valor de la presión máxima (sistólica) está dada por el primer flujo de sangre que avanza por la arteria, cuando ha disminuido la presión externa que ejerce el brazalete. Por otra parte, la presión mínima (diastólica) se manifiesta por el último sonido audible del mismo flujo de sangre, antes de que empiece a fluir normalmente por la arteria.
3. Una vez que tengan los valores de ambos grupos, **ordenen** los resultados de acuerdo con los siguientes parámetros de presión normal. Presión sistólica ➤ entre 110 mm Hg y 130 mm Hg. Presión diastólica ➤ entre 60 mm Hg y 85 mm Hg.
4. Junto con la toma de presión, **hagan** las siguientes preguntas a cada una de las personas.
 - a. ¿Ingiere habitualmente alimentos ricos en colesterol?
 - b. ¿Consume alcohol?
 - c. ¿Fuma? De ser así, ¿cuántos cigarrillos por día?
 - d. ¿Tiene antecedentes familiares de hipertensión?
5. **Preparen** una tabla por cada grupo en la que puedan indicar, con una cruz, los datos obtenidos en la encuesta.

Conclusiones

Sobre la base de los datos que figuran en la tabla, **respondan** las siguientes preguntas.

- a. ¿Cómo influyen los hábitos de los encuestados en la presión arterial?
- b. Si en un mismo encuestado se hallan varios factores de riesgo, ¿se potencia la posibilidad de tener hipertensión arterial?
- c. **Indiquen**, para ambos sexos, cuál es el porcentaje de:

- ✓ Hipertensos que tienen antecedentes familiares
- ✓ Hipertensos fumadores
- ✓ Hipertensos que beben alcohol
- ✓ Hipertensos que ingieren altas dosis de colesterol en la dieta

Disección de un riñón de cordero

Objetivo

Reconocer las partes del riñón.

Materiales

Riñón de cordero, cubeta de disección, balanza, bisturí y hoja de afeitar, alfileres, jeringas, probetas graduadas, portaobjetos y cubreobjetos, microscopio y lápices de colores.

Procedimiento

1. **Midan** el riñón (largo, alto y ancho) y **pésenlo**. **Calculen** el volumen colocándolo dentro de una probeta graduada con agua. **Anoten** los datos.
2. **Dibujen** el aspecto externo e **indiquen** sus partes.
3. **Coloquen** el riñón en la cubeta de disección y **cúbralo** con agua corriente. **Introduzcan** aire dentro de él con la jeringa para ubicar la arteria renal, la vena renal y el uréter.
4. Con el bisturí, **corten** longitudinalmente el riñón, **ábralo** y **dibujen** su aspecto interno. **Indiquen** sus partes.
5. **Hagan** un corte finísimo de la parte interna de la corteza, **colóquenlo** sobre el portaobjeto con una gota de agua y **cúbralo** con el cubreobjeto. **Observen** a través del microscopio y **dibujen**.

Conclusiones

- a. ¿Cuáles son las partes internas y externas del riñón del cordero?
- b. ¿Cómo se llaman las células que se observan en la muestra de la parte interna de la corteza del riñón?
- c. ¿En qué se asemeja y en qué se diferencia el sistema excretor del riñón con el de aves y anfibios?

Unidad 3.5

El sistema osteoartromuscular

Destreza con criterio de desempeño:

Identificar las **relaciones de los procesos de organismos superiores: alimentación-excreción, circulación-respiración, equilibrio-movimiento**, desde la observación, identificación y descripción para comprender la integración de funciones en el organismo.



Nuestra postura corporal erguida y el andar bípedo, consecuencias de la estructura y de la organización del sistema osteoartromuscular, resultaron fundamentales para el desarrollo del cerebro. Este hecho nos sitúa —desde el punto de vista evolutivo— en una posición privilegiada entre los seres vivos.

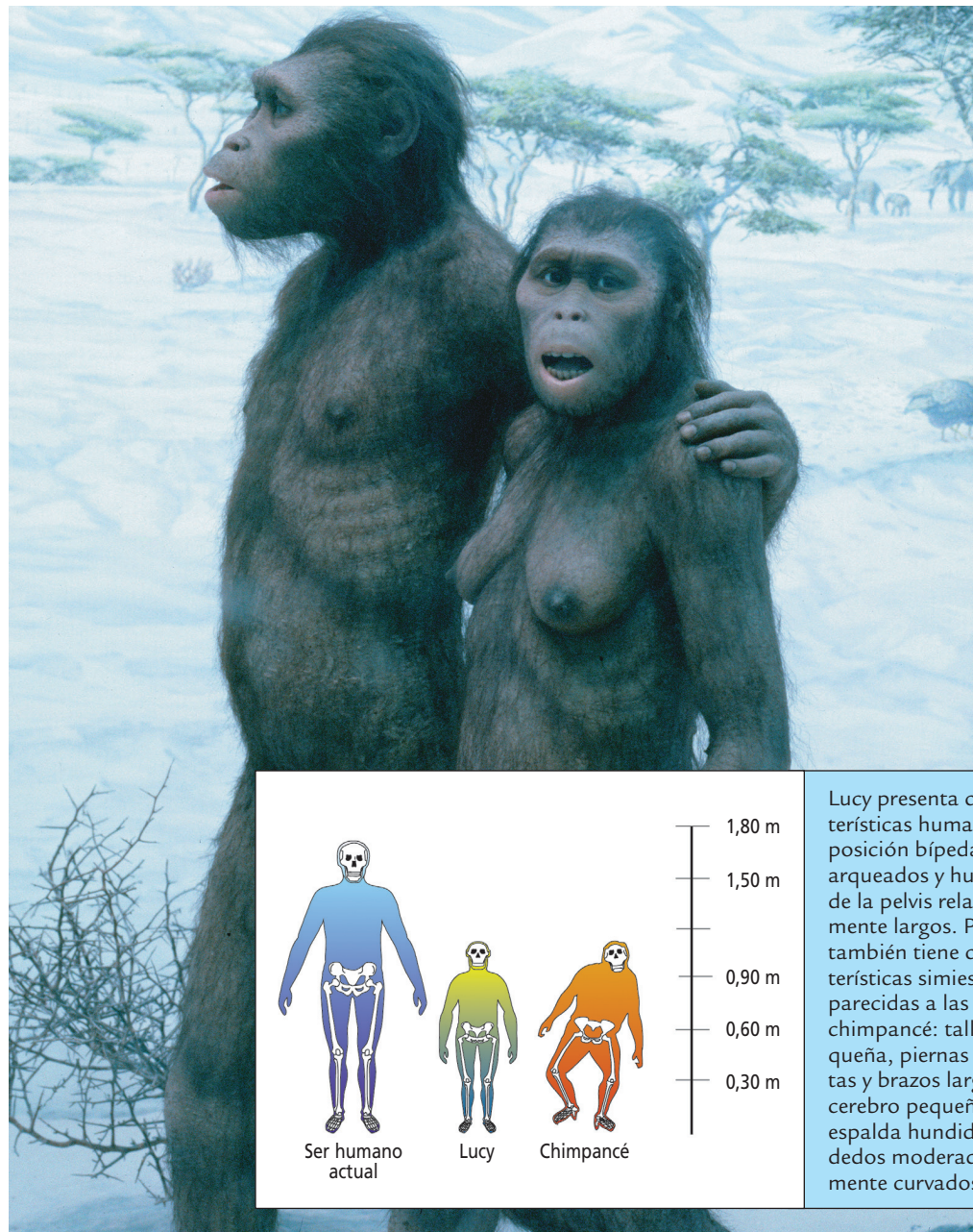
Conocimientos previos

¿Cómo ocurre el movimiento en los animales?

¿Cómo se relacionan los músculos, los huesos y las articulaciones?

¿Cómo funciona el sistema muscular y el sistema esquelético?

Reconstrucción de Lucy y su pareja, en el Museo de Ciencias Naturales de Nueva York. El hallazgo de Lucy confirmó que la posición bípeda fue un avance adquirido por nuestros antecesores homínidos, hace casi cuatro millones de años.



Lucy presenta características humanas: posición bípeda, pies arqueados y huesos de la pelvis relativamente largos. Pero también tiene características simiescas, parecidas a las del chimpancé: talla pequeña, piernas cortas y brazos largos, cerebro pequeño, espalda hundida y dedos moderadamente curvados.



para entrar en **tema**

Si Lucy pudiera hablar...

En noviembre de 1974, una expedición paleoantropológica descubrió en Etiopía (región de Afar) un gran conjunto de huesos fósiles —casi la mitad de un esqueleto—, que fue datado en más de tres millones de años. Esos restos pertenecieron a uno de los grupos de homínidos más antiguos y primitivos, los australopithecinos, antecesores del hombre, al que se denominó *Australopithecus afarensis*.

La reconstrucción del esqueleto y su posterior estudio permitieron deducir el sexo, el aspecto, la postura y la manera de caminar de este antepasado del hombre.

El esqueleto encontrado era de sexo femenino. Los huesos que forman la pelvis presentan diferencias significativas entre la mujer y el varón, las cuales guardan relación, principalmente, con el embarazo y el parto. Entonces, los científicos dedujeron que el ejemplar hallado era de sexo femenino y lo bautizaron «Lucy», porque en el momento del hallazgo estaban escuchando una canción de Los Beatles llamada *Lucy in the sky with diamonds*.

El esqueleto pertenecía a un individuo adaptado al bipedismo. La cintura pélvica de Lucy poseía características similares a las del ser humano actual (*Homo sapiens*), propias de una postura corporal erguida. La estructura y la disposición de los coxales daban lugar a una pelvis más corta y más ancha que la de los animales cuadrúpedos; estos huesos tenían forma de canasta, lo cual les permitía soportar el peso del cuerpo. Además, su parte laminar posterior contaba con una estructura que posibilitó la fijación de los grandes y fuertes músculos de las nalgas, necesarios para la marcha bípeda.



Cráneo de *Australopithecus afarensis*.

© Santillana

Estas características, junto con la configuración de los huesos del muslo y de la pierna —como así también de las articulaciones existentes entre ellos—, llevaron a los científicos a aseverar que Lucy caminaba en posición totalmente erguida.

La capacidad cerebral de Lucy habría sido muy inferior a la del ser humano. El tamaño y el desarrollo encefálicos no llegaban a la tercera parte de lo que presenta el hombre actual. La medición del volumen de la cavidad craneana, en la cual se aloja el encéfalo, determinó para Lucy una capacidad de 400 cm^3 , mientras que en el ser humano de nuestros días es de unos 1350 cm^3 .

Su talla era pequeña. De acuerdo con la contextura y la longitud de sus huesos, el ejemplar fósil encontrado correspondería a una persona que medía poco más de un metro de altura y su peso era cercano a los veinte kilogramos.

Conclusiones. Este y otros hallazgos de australopithecinos son pruebas concluyentes de que la reestructuración del sistema osteoartromuscular adaptado al bipedismo fue, a lo largo de la evolución, uno de los primeros logros de nuestros antepasados, y que la marcha erguida habría representado un paso decisivo y fundamental para el posterior desarrollo cerebral que nos identifica.

Análisis del trabajo científico

1. Evalúen con datos del texto lo siguiente.

«La postura corporal y el tipo de locomoción de un animal guardan estrecha relación con la forma, el tamaño y la disposición de los huesos que conforman el esqueleto, y con la asociación entre ellos y la musculatura».

2. Además de la función de sostén, en ciertas regiones corporales, el esqueleto cumple una función protectora. Citen un ejemplo mencionado en el texto.

3. Salvo excepciones, ¿a qué se debe que los únicos órganos que pueden llegar a conservarse a través del tiempo sean los huesos? Expliquen.

4. Analicen el gráfico comparativo entre un ser humano actual, Lucy y un chimpancé. ¿Qué similitudes y diferencias observan entre ellos?

5. Discutan, en grupos de no más de cinco compañeros, acerca de las ventajas del bipedismo y verifiquen sus conclusiones.

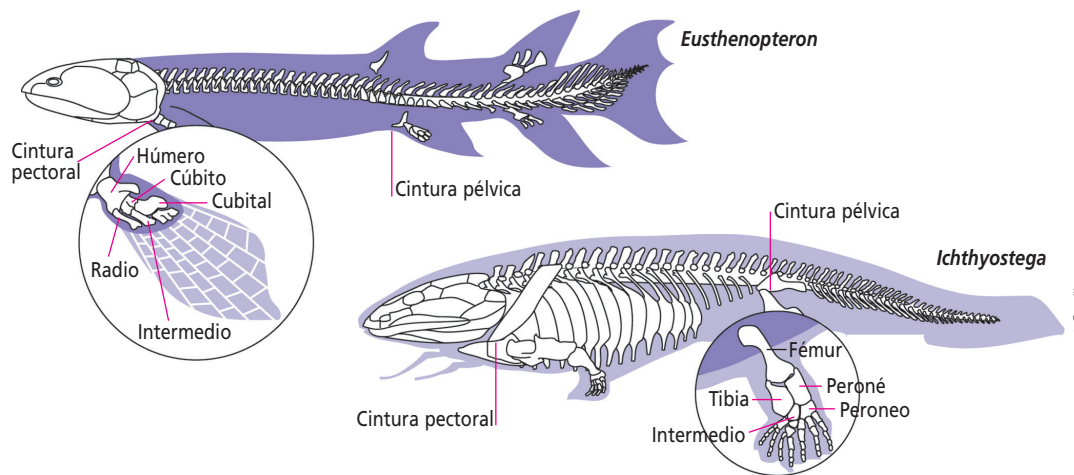
El esqueleto: sostén corporal y movimiento

Cuando la marea baja, con frecuencia se observan en las playas aguas vivas (medusas), cuyo aspecto es el de una esfera aplastada, gelatinosa e inmóvil.

El medio acuático aliviana el efecto que la fuerza de gravedad ejerce sobre los cuerpos, permitiendo que organismos como las aguas vivas puedan mantener su forma y movimiento.

Si bien ese tipo de sustento no basta para mantener la estructura corporal de otros animales acuáticos (en particular, los más activos), este ejemplo demuestra que los seres vivos que habitan en ambientes aeroterrestres son los que presentan mayor exigencia para soportar y mantener la forma de su cuerpo.

La siguiente ilustración corresponde a un pez de aletas carnosas o lobuladas, *Eusthenopteron*, y a un posible descendiente, el primer anfibio, llamado *Ichthyostega*. Estos animales convivieron hace unos 400 millones de años, durante el período Devónico.



¿Qué diferencias y similitudes presentan? ¿Cómo se modificaron sus miembros? ¿Qué rasgos de pez mantiene *Ichthyostega*? ¿Qué observan al comparar las aletas lobuladas de *Eusthenopteron* con las extremidades anteriores y posteriores de *Ichthyostega*? ¿Y en cuanto a la conexión de la cintura pélvica con el cráneo? ¿Qué otras estructuras del esqueleto debió desarrollar este primitivo anfibio para evitar el colapso por la fuerza de gravedad? ¿Qué ventajas y desventajas presentan el medio líquido y el medio aeroterrestre para los organismos que viven en ellos?

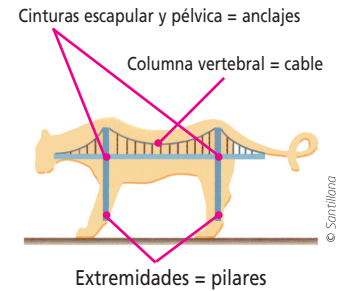
Tanto en estado de reposo como en actividad, sobre los seres vivos actúan **fuerzas externas**, tales como la que ejerce la gravedad, que tiende a comprimirlos y a aplastarlos.

La aparición de tejidos o sistemas especializados para el sostén del propio cuerpo permitió a los organismos mantener una postura y una forma corporal características.

El medio aéreo es menos denso que el acuático y presenta condiciones ambientales más inestables. La flotabilidad y la elevada viscosidad del medio líquido impiden que los organismos colapsen por la fuerza de gravedad.

Pero en el medio aeroterrestre, la baja viscosidad del aire facilita los movimientos; por lo tanto es preciso contar con estructuras rígidas de sostén para evitar el colapso que provocaría dicha fuerza.

Hace 400 millones de años comenzaba la progresiva colonización del medio aeroterrestre por las primeras plantas vasculares —hasta esa época, todos los organismos vivían en el agua—, y poco tiempo después, por los primeros escorpiones, milpiés, insectos y anfibios (*Ichthyostega*).



En los vertebrados terrestres, por ejemplo los mamíferos, las cinturas escapular y pélvica sirven como puntos de anclaje de toda la estructura del animal y soportan fuertes tensiones. La columna vertebral desempeña una función semejante a la de los cables o las cadenas de hierro que sostienen el peso de un puente colgante. Y las extremidades actúan como pilares que soportan el peso de toda la estructura.

T Tarea

Busca información y **explica** cuáles son los tejidos o sistemas especializados para el sostén del cuerpo de los animales.

I Investiga

Indaga y responde las preguntas: ¿Qué sucede cuando un delfín o una ballena quedan varados fuera del agua? ¿Qué cambios trajo el retorno al medio acuático en los mamíferos y otros organismos que ya se habían adaptado al medio aeroterrestre?



Exoesqueletos y endoesqueletos

A través del estudio del esqueleto de un animal, podemos determinar su forma y su postura, su capacidad cerebral, su clase de alimentación, etc. No obstante, también pueden deducirse aspectos relacionados con el tipo de movimiento que posee o poseía, como vimos al estudiar las características de Lucy y compararla con un chimpancé y un ser humano. ¿Qué características les sugieren las siguientes fotografías en cuanto a estos aspectos?



► Reconstrucción del **Edmontosaurus**, un hadrosaurio o dinosaurio pico de pato, en el Museo de Ciencias Naturales de Nueva York.

◄ Cráneo de un orangután, **Pongo pygmaeus**, y de una especie emparentada extinta, **Sivapithecus indicus**, de hace unos 8 millones de años.



Ti

Trabajo individual

Dibuja el exoesqueleto de un invertebrado o un artrópodo, y el endoesqueleto de un vertebrado. Establece las principales semejanzas y diferencias.

A diferencia de la mayoría de los organismos sésiles o sedentarios, los animales con locomoción activa poseen una estructura especializada, el **esqueleto**. Este, además de cumplir con la función de sostén corporal (y en ciertos casos de protección), brinda el apoyo necesario para el accionar de los músculos encargados del movimiento e integra así un sistema más amplio denominado **locomotor**.

Según su ubicación, estructura y/o función, los esqueletos se clasifican en:

- **Exoesqueletos o esqueletos externos**, como en muchos organismos unicelulares (radiolarios, diatomeas, foraminíferos, etc.), algunos invertebrados (como los caracoles) y los artrópodos (insectos, crustáceos y arácnidos).
- **Endoesqueletos o esqueletos internos**, como en los distintos vertebrados.

Los esqueletos rígidos de los artrópodos y de los vertebrados se encuentran fragmentados en elementos que se relacionan de tal manera que, mediante el accionar de los músculos, pueden desplazarse unos sobre otros, lo cual les confiere una gran movilidad.

Ambos tipos de esqueleto comparten la funcionalidad, pero difieren en aspectos tales como la ubicación anatómica y la relación con los otros órganos del cuerpo, la composición y la estructura de los elementos que los constituyen, el origen y el desarrollo.

	Ubicación anatómica	Composición y estructura	Crecimiento
Exoesqueleto 	Externa, con respecto al resto de los órganos y sistemas.	Una cubierta segmentada que recubre la superficie exterior del cuerpo, compuesta por quitina, sustancia impermeable y resistente.	A medida que el animal crece, tiene lugar un recambio de su esqueleto por uno nuevo y más grande (muda).
Endoesqueleto 	Interna, con respecto al resto de los órganos y sistemas.	Elementos articulados formados por tejidos cartilaginosos y óseos: cartílagos y huesos.	Los huesos acompañan el crecimiento del animal al aumentar de tamaño, gracias a la actividad de los tejidos que los forman.

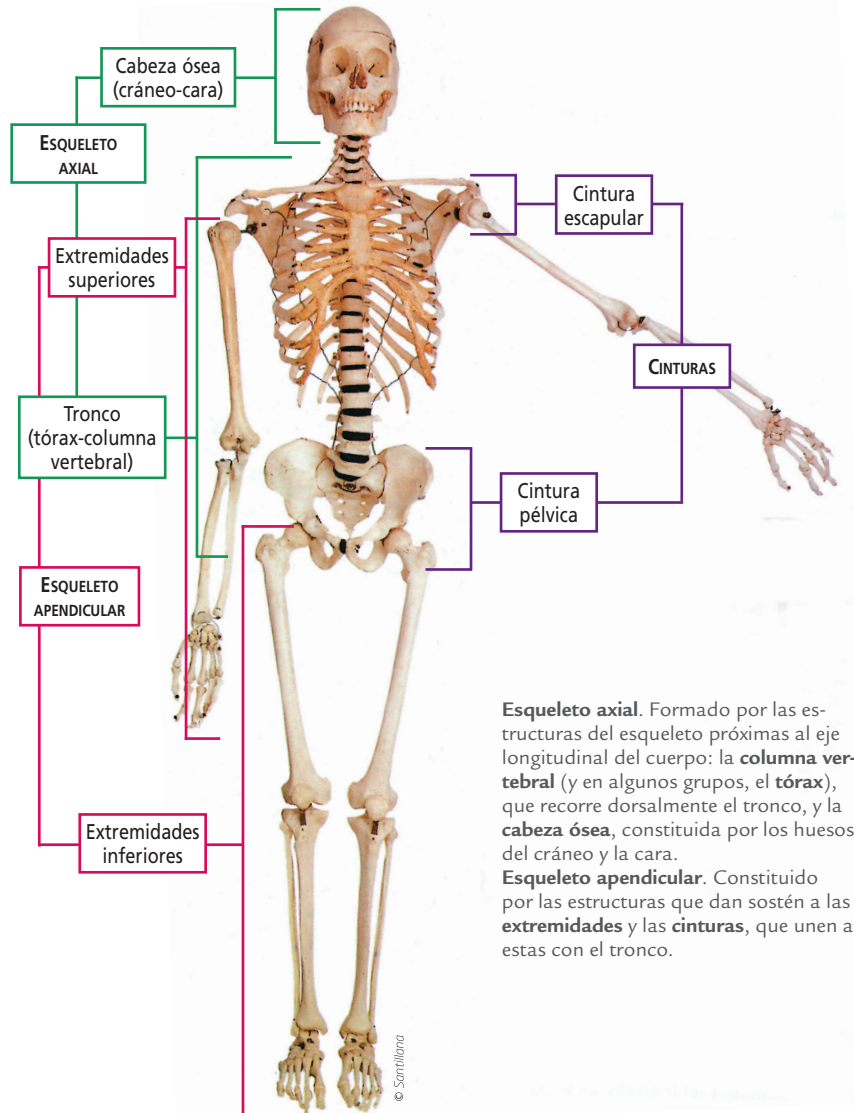
El esqueleto y las regiones corporales

Si analizan los esqueletos de distintos tipos de vertebrados, podrán identificar sin mayor inconveniente las estructuras que corresponden a la cabeza, el tronco y las extremidades. La correlación que mantiene el esqueleto con las regiones corporales permite dividirlo en **cabeza, tronco y extremidades**.

En la Antigüedad, la capacidad de movimiento era tomada como criterio para diferenciar a los animales del resto de los seres vivos. Si bien hoy en día se consideran como criterios de clasificación y aspectos de mayor jerarquía relacionados con la evolución y la fisiología, no podemos descartar el movimiento, por ser una actividad propia de los animales e íntimamente ligada con la manera de obtener su alimento.

Lo concreto es que la forma y el tamaño de los organismos guardan una estrecha relación con el tipo de locomoción.

Por ejemplo, el tiburón, el delfín y el ictiosaurio pertenecen a diferentes grupos de vertebrados no emparentados evolutivamente de manera directa; sin embargo, observamos que la forma corporal es similar: alargada o fusiforme, con sus extremos cefálico y caudal aguzados. Esta analogía tiene su explicación en que ambos comparten un mismo tipo de locomoción, la natación, para la cual el hecho de poseer un cuerpo fusiforme resulta altamente adaptativo. Recordemos, sino, la forma que adopta un nadador al zambullirse desde un trampolín... ¿Es similar a la de los animales acuáticos?



Esqueleto axial. Formado por las estructuras del esqueleto próximas al eje longitudinal del cuerpo en el cual son requeridas. Constituido por las estructuras que dan sostén a las extremidades y las cinturas, que unen a estas con el tronco.

Esqueleto apendicular. Constituido por las estructuras que dan sostén a las extremidades y las cinturas, que unen a estas con el tronco.

FUE NOTICIA

Imanes y células para curar huesos

Sucedió en Inglaterra, en 2009...

Las células madre son células indiferenciadas que todavía no se han especializado y que tienen la capacidad de diferenciarse en cualquier tipo de tejido. Aproximadamente, dentro de cinco años, solo bastará con una inyección de células madre de la médula ósea de un individuo para reparar el tejido óseo dañado. En el laboratorio, se les agregará a estas células partículas nanomagnéticas y luego, una vez dentro del cuerpo, serán dirigidas hacia la zona afectada para generar nuevas células óseas.

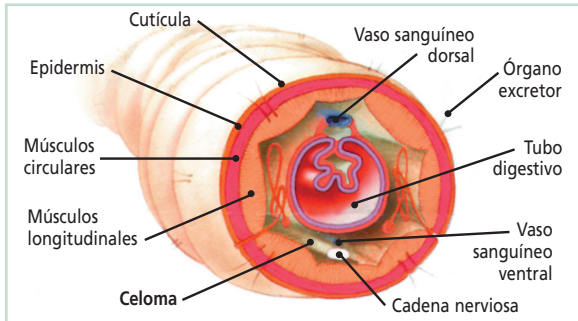
El gran desafío que plantea esta nueva técnica es que las células madre lleguen al lugar exacto del cuerpo en el cual son requeridas.

Los científicos de la Universidad Keele, en Inglaterra —que están investigando este tema en ratones— pretenden que la utilización de este nuevo método disminuya la ingesta de fármacos en los pacientes con lesiones óseas que, muchas veces, tienen efectos no deseados en el enfermo.

Cavidades corporales

A lo largo de la evolución de los animales (metazoos), los órganos del cuerpo se fueron alojando en espacios internos, cada vez más complejos. Estos espacios se denominan **cavidades**, protegen a los órganos y tienen líquidos lubricantes que mejoran su funcionamiento.

El celoma: cavidad general del cuerpo

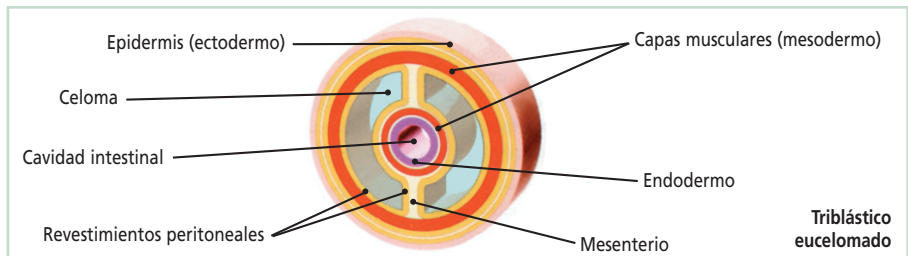
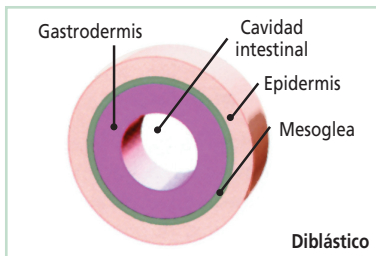
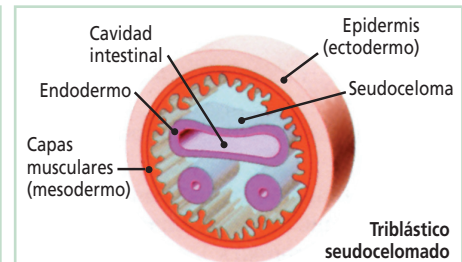
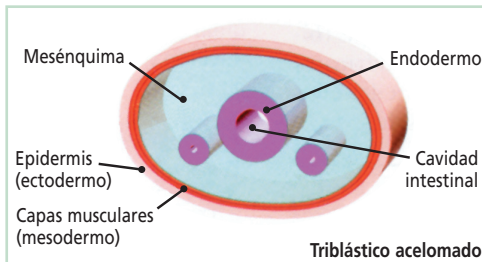


El celoma (del griego *koilos*, 'hueco') brinda varias ventajas a los organismos que lo poseen, entre ellos el ser humano, el resto de los vertebrados y la lombriz de tierra, de la que se observa en la ilustración un corte transversal:

- Hace que los movimientos del tubo digestivo sean independientes de la pared corporal.
- Contiene líquido que brinda sostén interno, a modo de esqueleto hidráulico, y permite que el animal alcance un tamaño mayor.
- Aumenta la proporción de superficies libres y favorece la difusión de los desechos metabólicos de las células y de los nutrientes digeridos en el tubo digestivo.
- Suministra un espacio extra para la expansión de las vísceras.

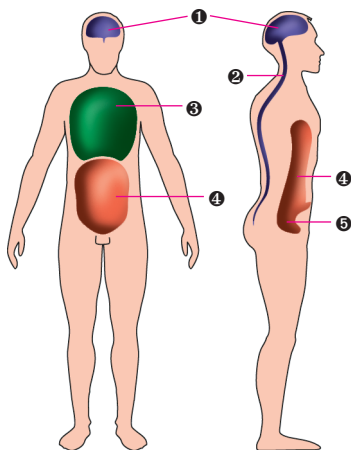
Los metazoos fueron complicando su estructura corporal al pasar de dos capas u hojas embrionarias* (diploblásticos) a tres (triblásticos), y de no poseer celoma (acelomados) a tenerlo (celomados). Los dibujos muestran cortes transversales del cuerpo de un representante de cada tipo de estructura.

* Las hojas embrionarias (endodermo, mesodermo y ectodermo) originan, con el desarrollo y la diferenciación paulatina, todos los tejidos y estructuras del cuerpo.



Las cavidades del cuerpo humano

En el ser humano, al igual que en otros vertebrados, se distinguen cinco cavidades corporales principales, dos de las cuales, la abdominal y la pélvica, tienen su origen en el celoma.



Cavidades	Constitución	Órganos que alojan	Espacios entre/de órganos	Membranas y líquidos
Craneana ①	Huesos cortos y planos del cráneo.	Encéfalo: cerebro, cerebelo, protuberancia, bulbo.	Ventrículos: laterales, tercer ventrículo, cuarto ventrículo.	Meninges y líquido cefalorraquídeo.
Raquídea ②	Columna vertebral.	Médula espinal y vasos.	Conducto del epéndimo.	Meninges y líquido cefalorraquídeo.
Torácica ③	Anterior: esternón Lateral: costillas Posterior: columna vertebral.	Pulmones, corazón, grandes vasos (arteria aorta, venas cavas, arterias y venas pulmonares).	Cavidades pleurales, cámara pericárdica, aurículas y ventrículos.	Pleuras y líquido pleural. Pericardio y líquido pericárdico. Sangre.
Abdominal ④	Músculo diafragma.	Hígado, páncreas, estómago, intestinos, riñones, bazo.	Celoma: cavidad general del cuerpo.	Peritoneo parietal y visceral.
Pélvica ⑤	Huesos coxales, hueso sacro.	Genitales internos, vejiga, conductos y vasos.	Celoma: cavidad general del cuerpo.	Peritoneo parietal y visceral.

Los huesos: formación, crecimiento y clasificación

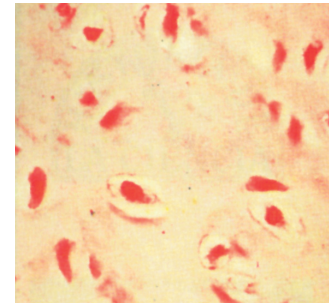
A diferencia de lo que ocurre en el adulto, en el niño el hueso largo parece interrumpido entre los extremos y la parte central. Esta apariencia se debe a que esas zonas del hueso, denominadas **placas de crecimiento**, están formadas por tejido cartilaginoso.

La producción de cartílago de las placas y su posterior sustitución por tejido óseo determinará el **aumento en longitud** del hueso hasta la adultez.

El sistema óseo humano está constituido, entonces, por los **huesos**, órganos duros y resistentes, y por los **cartílagos** que, en los adultos, se encuentran en ciertos órganos, como la nariz y la oreja (pabellón) y recubren y protegen los extremos de algunos huesos.

- La sustancia intercelular del cartílago está formada por un 60% de agua y un 40% de sustancias sólidas (fibras colágenas, glúcidos y materia inorgánica), y carece de vasos sanguíneos. Las células cartilaginosas se denominan **condrocitos**.
- Los huesos, en cambio, son órganos resistentes y, al mismo tiempo, livianos. La matriz intercelular del hueso está compuesta por un 40% de agua y un 60% de sustancias sólidas (fibras colágenas, mucopolisacáridos y minerales cálcicos —cristales aplanados de **hidroxiapatita**—. Estos cristales tienen la particularidad de conferirles dureza a los huesos.

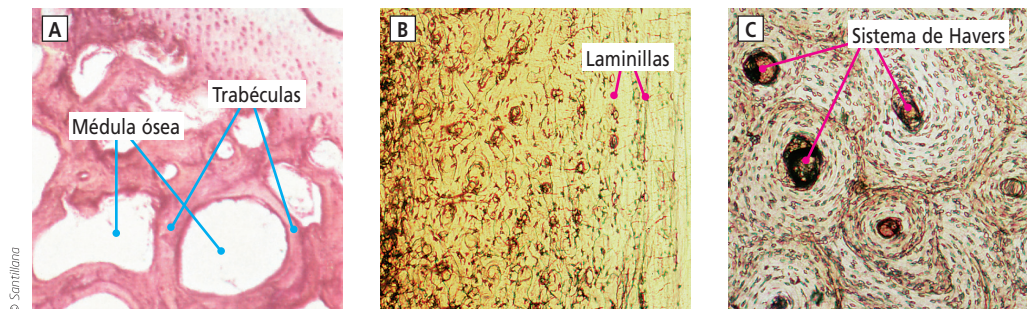
La sustancia intercelular ósea tiene cavidades (osteoplastos), que alojan a los osteocitos (células óseas) y a los vasos sanguíneos. Además, está surcada por muchos canales estrechos, los conductillos óseos, que se ramifican y forman una extensa red por la que circulan los nutrientes de los vasos a las células. Estos elementos forman unidades estructurales delgadas, las laminillas, que se superponen una encima de otra como las páginas de un libro.



Tejido cartilaginoso visto con el microscopio óptico. Los condrocitos aparecen teñidos de rojo.

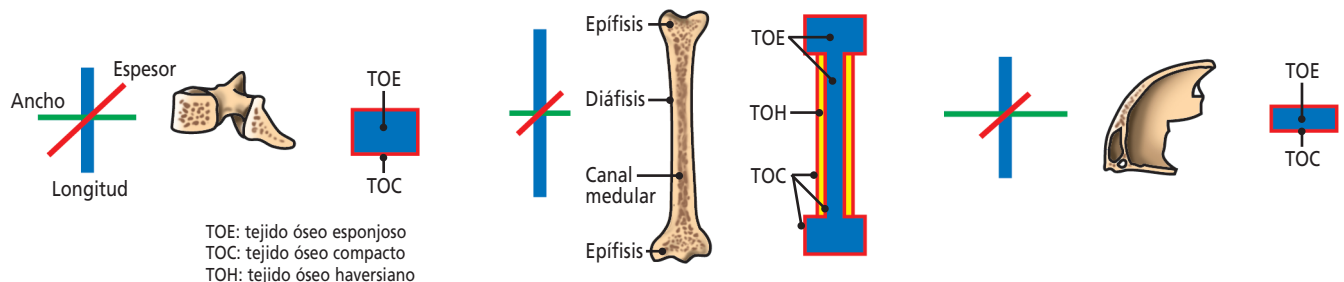
Tc Trabajo cooperativo

Organícense en grupos y **seleccionen** un tipo de hueso: cortos, largos o planos. **Elaboren** diferentes representaciones del tipo de hueso seleccionado para caracterizarlos.



Tejidos óseo esponjoso (A), compacto (B) y haversiano (C), vistos con el microscopio óptico. En A, las laminillas, denominadas **trabéculas**, se disponen irregularmente, y entre ellas está la **médula ósea roja**, productora de las células sanguíneas. En B, las laminillas se superponen de manera regular y forman capas gruesas. En C, las laminillas, dispuestas de manera concéntrica alrededor de un conducto central que contiene vasos sanguíneos, forman el **sistema de Havers**.

Clasificación de los huesos



Huesos cortos

- ✓ La longitud, el ancho y el espesor son más o menos iguales.
- ✓ Están dispuestos en zonas de movimientos acotados, pero pueden imprimir mucha fuerza.
- ✓ Se hallan en las muñecas, en los pies y en la columna vertebral.

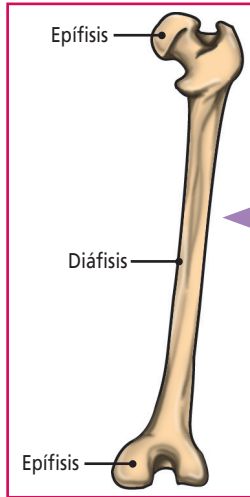
Huesos largos

- ✓ La longitud predomina sobre el ancho y el espesor. En la diáfisis se encuentra el canal medular, que aloja la médula ósea amarilla.
- ✓ Están dispuestos en regiones que llevan a cabo amplios e intensos movimientos.
- ✓ Forman el esqueleto de las extremidades superiores e inferiores.

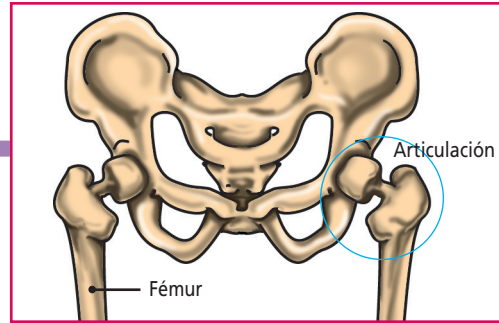
Huesos planos o anchos

- ✓ El largo y el ancho predominan sobre el espesor.
- ✓ Ocupan áreas que no ejecutan movimiento alguno y forman verdaderas estructuras protectoras alrededor de los órganos vitales.
- ✓ Se encuentran, fundamentalmente, en la región cefálica y en la torácica.

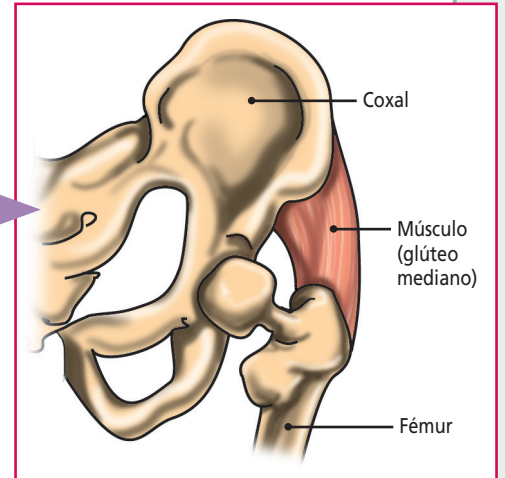
La estructura de los huesos



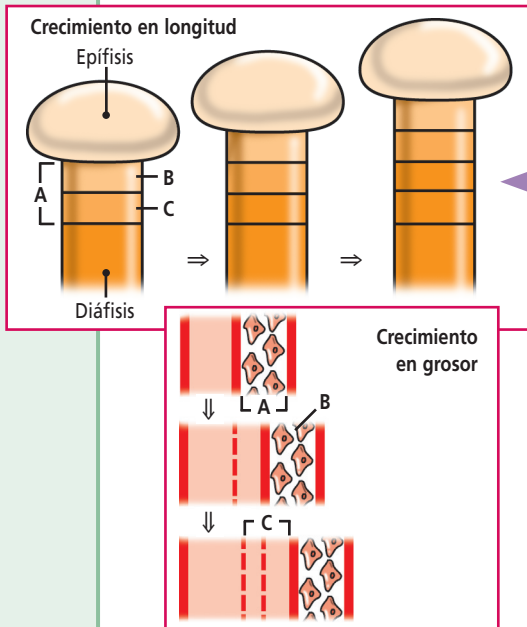
Los huesos toman contacto entre sí por medio de superficies especializadas: las **articulaciones**.



Hueso largo (fémur).



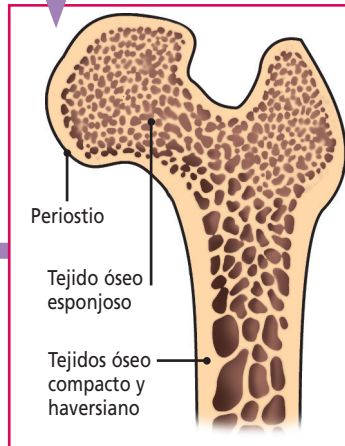
Los huesos presentan prominencias o depresiones que sirven para la fijación de los músculos.



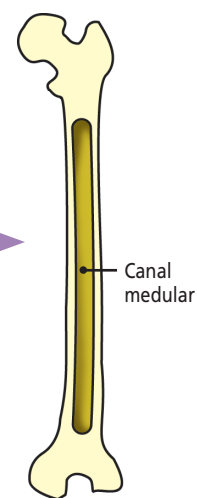
A medida que un individuo se desarrolla, el cartilago va siendo reemplazado por hueso. Este mecanismo (**osificación endocondral**) solo origina tejido óseo esponjoso. El tejido óseo compacto y el haversiano se forman de otra manera. Pero cualquiera que sea el mecanismo de osificación, este se lleva a cabo siempre a partir de células mesenquimáticas (células embrionarias derivadas del mesodermo).

Crecimiento en longitud. Esto es posible porque entre las epífisis y la diáfisis de los huesos largos está el **cartilago de conjunción** o **de crecimiento** (A), con una parte superior, que se reproduce (B), y otra inferior, que se osifica (C). Esto sucede entre los 20 y 22 años, cuando el cartilago deja de reproducirse y se osifica por completo.

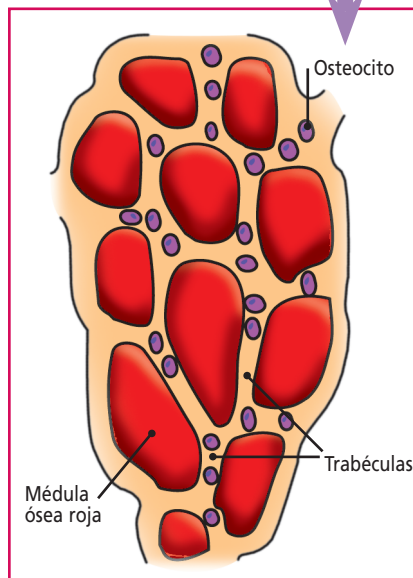
Crecimiento en grosor. Se produce por transformación del periostio (A). Las células mesenquimáticas de esta membrana (B) pueden diferenciarse y generar nuevo tejido óseo (C) para engrosar los huesos o reparar los daños.



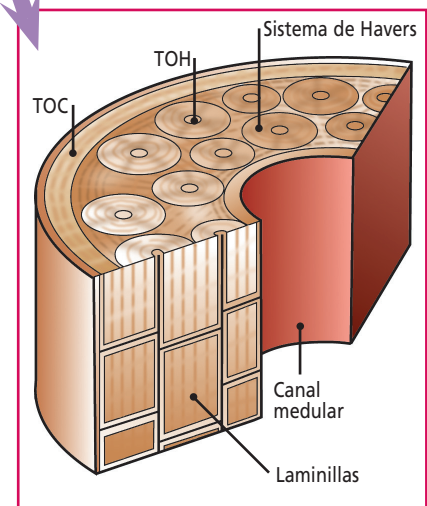
Todos los huesos se hallan revestidos por una membrana doble recorrida por capilares sanguíneos: el **periostio**. Este está formado por fibras colágenas, células mesenquimáticas y células óseas juveniles.



En la diáfisis, dentro del canal medular, se aloja la **médula ósea amarilla**, en la que predominan las células grasas (conocida popularmente como **caracú**).



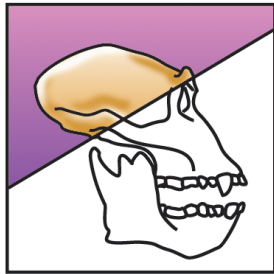
Tejido óseo esponjoso.



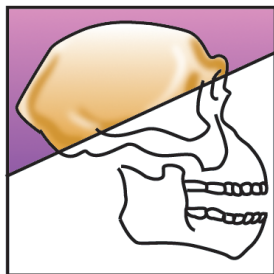
Tejido óseo compacto (TOC) y haversiano (TOH).

Una mirada evolutiva: el cráneo

Durante la evolución humana, el **esqueleto axial** (cráneo, columna vertebral y huesos del tórax) experimentó una serie de cambios hasta adquirir la estructura típica y los huesos que lo forman. El aumento de la masa encefálica demandó, en el transcurso de dicha evolución, un aumento paralelo del tamaño de la caja craneana que la alberga.



Australopithecus.



Homo erectus.

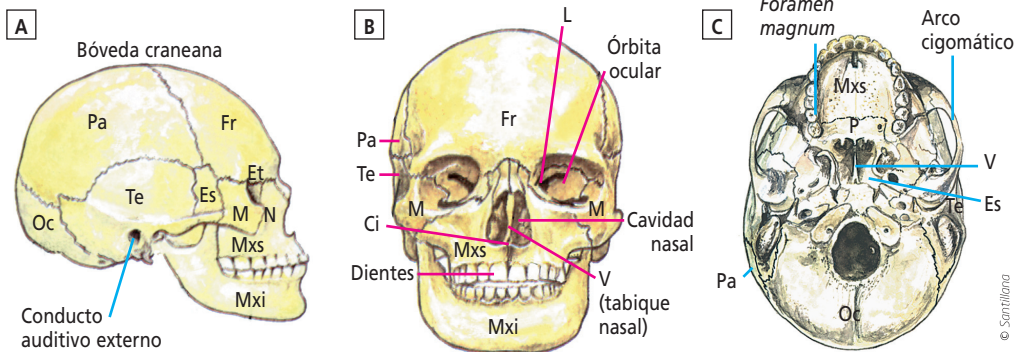


Homo sapiens.

Una mayor inteligencia y la manipulación de instrumentos favorecieron la reducción del tamaño de ciertos huesos faciales como, por ejemplo, las mandíbulas —ya que la comida pudo ser degradada parcialmente con el uso de utensilios—, y de ciertas prominencias óseas (como las del hueso frontal), que nuestros ancestros utilizaban para defenderse o golpear.

Si tenemos en cuenta que la cabeza corresponde a la región corporal donde se concentran el sistema nervioso, los órganos de los sentidos y las vías de entrada del aire y del alimento, la estructura ósea debe cumplir una función de protección del encéfalo, conformar las cavidades que alojan los ojos y los oídos, y determinar las fosas nasales y la cavidad bucal. Según esta funcionalidad, en el esqueleto de la cabeza se distingue:

- Una región superior y posterior, de estructura esférica y hueca, constituida por una serie de huesos planos, llamada **cráneo**, en la cual se aloja el encéfalo.
- Una región anterior, la **cara**, en la que se ubican los **huesos faciales**, que determinan las facciones y permiten la masticación del alimento.



Huesos del cráneo y faciales en el hombre actual. A: vista lateral; B: vista anterior; C: vista inferior. Con excepción de la mandíbula inferior, cuya movilidad permite la masticación, tanto los huesos del cráneo como los de la cara están muy fusionados en los adultos, lo cual brinda mayor firmeza y protección.

- ✓ Cuatro huesos pares y externos: dos parietales (Pa) y dos temporales (Te). Los parietales forman la bóveda craneana; y en los temporales se articula la mandíbula inferior, además de albergar el oído medio e interno y formar parte del arco cigomático.
- ✓ Dos huesos impares y externos: el frontal (Fr), en la región anterior; y el occipital (Oc), en la región posterior. El frontal forma la parte anterior de la caja craneana y la porción superior de las órbitas oculares. El occipital se articula con la primera vértebra y presenta un orificio (*foramen magnum*), a través del cual el encéfalo se conecta con la médula espinal.
- ✓ Dos huesos impares e internos: el etmoides (Et) y el esfenoides (Es). El etmoides constituye el principal sostén de las cavidades nasales. El esfenoides cruza la base del cráneo de lado a lado y se articula con todos los demás huesos. En él está la silla turca, sobre la que se asienta la glándula hipófisis.

- ✓ Seis huesos pares: las dos porciones del maxilar superior (Mxs), los malares o cigomáticos (M), los nasales (N), los ungues o lacrimales (L), los cornetes inferiores (Ci) y los palatinos (P). En el maxilar superior se insertan los dientes superiores; los malares forman los pómulos (muy acentuados en la mujer); los nasales contribuyen a unir la región superior y media y constituyen el esqueleto duro de la nariz; los lacrimales están en la cara interna de las órbitas; los cornetes inferiores se ubican en las fosas nasales y los palatinos contribuyen a formar el paladar óseo de la boca y las fosas nasales.
- ✓ Dos huesos impares: el maxilar inferior o mandíbula (Mxi) y el vómer (V). En la mandíbula se insertan los dientes inferiores y el vómer forma el tabique nasal, junto con el etmoides.

Lección

1. **Explica** qué es la locomoción.
2. **Establece** la diferencia entre *huesos* y *cartílagos*.
3. **Dibuja** un hueso e **identifica** sus partes.
4. **Indica** los componentes del esqueleto axial.

TIC

Tarea

Visita la página web **Anatomium 3D** goo.gl/2asWZ, donde encontrarás imágenes en 3D del cráneo. **Dibuja** en tu cuaderno el cráneo e **identifica** sus huesos.



La columna vertebral y el esqueleto apendicular

El andar bípedo determinó la formación de la curvatura de la columna vertebral: la tornó más resistente, protegió al ser humano de los impactos y lo ayudó a mantener el equilibrio en la posición erecta. *Australopithecus* ya poseía estas características, que en cambio no se observan en los monos.

La **columna vertebral**, como su nombre lo indica, consiste en algo así como un pilar óseo articulado que recorre longitudinalmente el tronco corporal. En ella se reconocen cuatro curvaturas: dos hacia adelante y dos hacia atrás. Además de sostener y mantener la estructura del tronco y de la cabeza, la columna envuelve y protege a la médula espinal; y en ella se insertan las costillas.

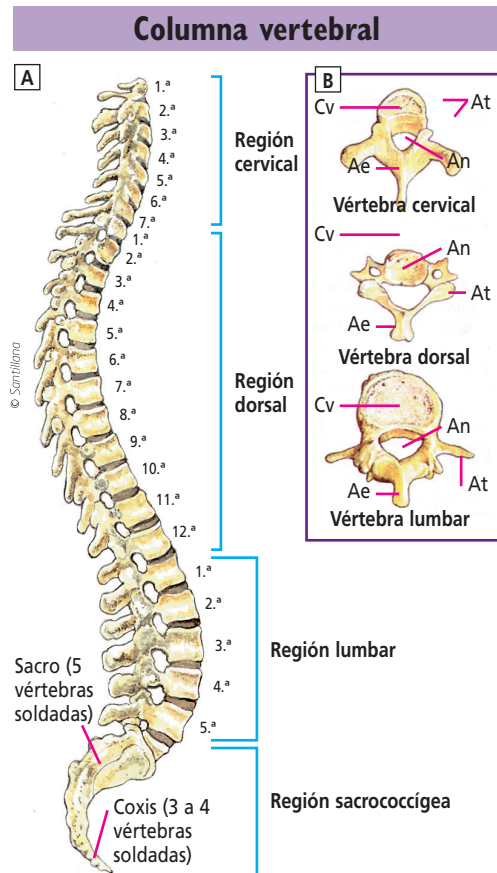
Dada la postura y el andar bípedo del ser humano, las funciones locomotora y de sostén corporal quedan a cargo de las **extremidades inferiores**; mientras que las **extremidades superiores** están especializadas en la aprehensión y la manipulación.

El **esqueleto apendicular** está formado por las estructuras del esqueleto que corresponden a las extremidades inferiores y superiores y a las **cinturas óseas** —**pectoral** y **pélvica**—, que las conectan con el esqueleto axial.

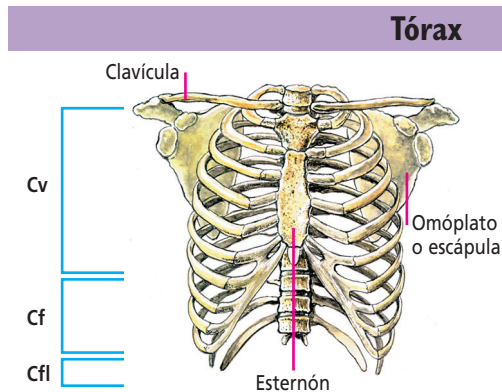
Ti Trabajo individual



Responde: ¿Qué huesos son los señalados en la radiografía? ¿A qué región del cuerpo pertenecen? ¿Cómo se clasifican?

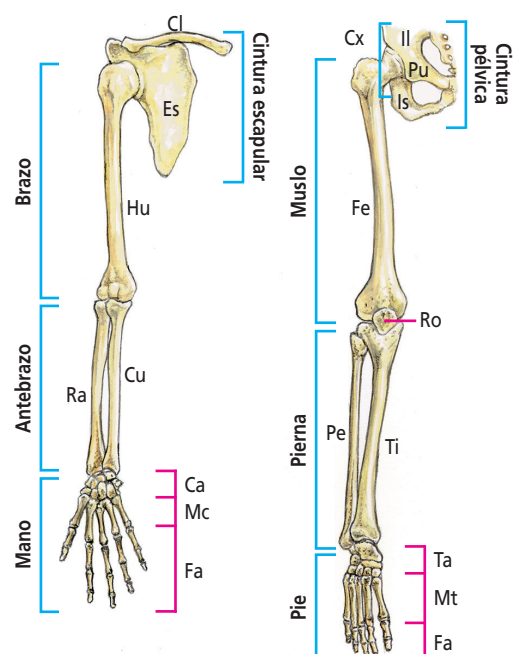


A: En la columna vertebral se distinguen cinco regiones anatómicas, que difieren tanto en el número de vértebras que comprende cada una de ellas como en su estructura. B: Toda vértebra está constituida por un cuerpo vertebral (Cv), un agujero neural (An) y diversas apófisis: una posterior —o espinosa (Ae)— y dos laterales —o transversas (At)—. La superposición de los agujeros neurales de las vértebras forman el conducto raquídeo, donde se aloja la médula espinal.



Los huesos del tórax forman la caja torácica, que aloja órganos vitales como el corazón y los pulmones. Presenta pares de costillas de tres clases: siete pares de costillas verdaderas (Cv) —se unen al esternón mediante un cartílago—; tres pares de costillas falsas (Cf) —se unen indirectamente al esternón, mediante el cartílago del par anterior—, y dos pares de costillas flotantes (Cfl) —no se unen al esternón—.

Esqueleto apendicular



Extremidades superiores y cintura escapular. Cada extremidad superior está constituida por treinta huesos: tres corresponden al brazo y el antebrazo —húmero (Hu), radio (Ra) y cúbito (Cu)—, y el resto a la mano —ocho del carpo (Ca), cinco del metacarpo (Mc) y catorce falanges (Fa)—. La cintura escapular está integrada por el omóplato o escápula (Es) y la clavícula (Cl), a cada lado del cuerpo.

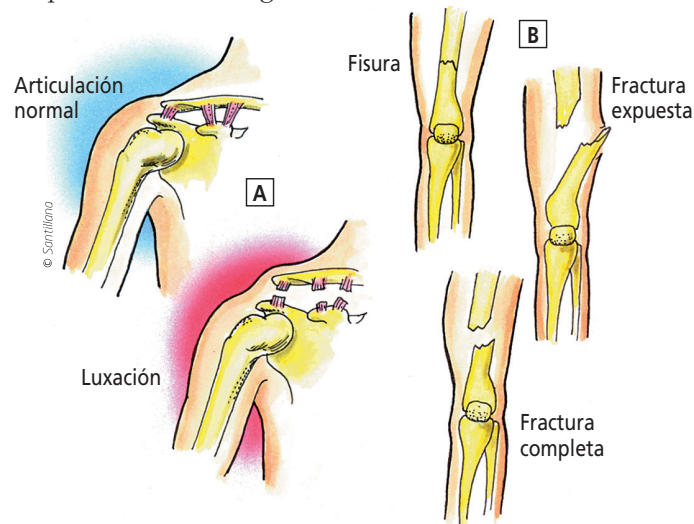
Extremidades inferiores y cintura pélvica. Cada extremidad inferior está constituida también por treinta huesos: cuatro corresponden al muslo y la pierna —fémur (Fe), rótula (Ro), tibia (Ti) y peroné (Pe)—, y el resto al pie —siete del tarso (Ta), cinco del metatarso (Mt) y catorce falanges—. La cintura pélvica está integrada por un único hueso de cada lado, el coxal o ilíaco (Cx), formado a su vez por tres huesos fusionados entre sí: el íleon (Il), el isquion (Is) y el pubis (Pu).

La relación entre los huesos: las articulaciones

Afirmar o negar con la cabeza, patear una pelota, andar en bicicleta, escribir, hablar o practicar cualquier deporte implican una serie de movimientos. Estos son posibles porque los huesos del esqueleto no trabajan aisladamente, sino que se asocian unos con otros, de manera específica.

La relación entre los huesos se produce en las zonas de contacto de dos o más elementos óseos y se la denomina **articulación**.

Ahora bien, ¿se articulan de la misma manera los huesos de las distintas regiones corporales? Vean la siguiente situación.



La **luxación** (A) es una lesión que puede producirse cuando se hace un movimiento exigido: consiste en la rotura de ligamentos y en un desplazamiento de las superficies óseas que forman parte de la articulación. El **esguince** es una lesión más moderada, con rotura de ligamentos pero sin desplazamiento de las superficies articulares. Y otra más seria, en la que el hueso queda comprometido, es la **fractura** (B). En este último caso, si los bordes del hueso a ambos lados de la lesión no están separados, se habla de una **fisura**, pero si lo están, la fractura es **completa**, y si el hueso sobresale de la superficie corporal, se habla de fractura **expuesta**.

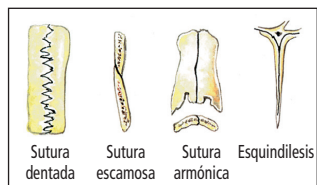
Las articulaciones ilustradas, ¿pueden considerarse móviles o inmóviles? ¿En qué partes del cuerpo hay articulaciones móviles? ¿E inmóviles?

- **Sinartrosis o articulaciones inmóviles.** En el cráneo, los huesos se encuentran soldados entre sí y forman una cavidad rígida que protege el encéfalo. Dichas articulaciones se conocen con el nombre de **suturas**.
- **Anfiartrosis o articulaciones semimóviles.** En la sínfisis pubiana, así como también en las vértebras, los huesos se unen por medio de cartílagos y adquieren una movilidad intermedia, dado que las estructuras de las que forman parte deben llevar a cabo una importante función de soporte sin perder su flexibilidad. En particular, entre los cuerpos de las vértebras vecinas existe un **disco fibrocartilaginoso**, que permite una buena articulación y absorbe los impactos originados por las fuerzas de compresión a la que está expuesta la columna.
- **Diartrrosis o articulaciones móviles.** En las extremidades, los huesos se relacionan muy específicamente pero manteniendo una libertad que permite diversos tipos de movimiento. Estos se producen según la forma de las zonas de contacto de los huesos intervinientes —que limitan en mayor o en menor medida el movimiento—, la disposición de los ligamentos y la tensión de los músculos. Las superficies que se articulan están cubiertas por cartílago; el medio de unión es la **cápsula articular**, reforzada por **ligamentos**. La capa externa de la cápsula es una membrana fibrosa que cubre de un extremo óseo a otro, asegurando la cohesión de la articulación; mientras que la interna está formada por otra membrana que se une al cartílago. Esta última segrega un líquido lubricante, denominado **sinovial**.

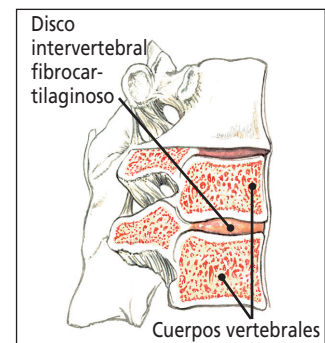
Glosario

hernia (del latín *hernia*). Salida de una víscera fuera de la cavidad que la contiene por una rotura de la pared de esta.

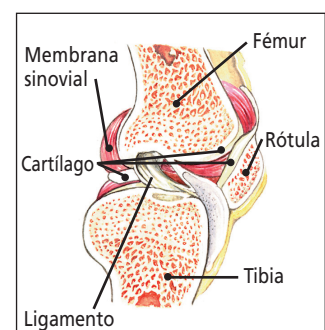
sínfisis pubiana (del griego *symphysis*, 'juntura'). Unión del extremo pubiano de los coxales en la parte anterior de la pelvis.



Sinartrosis: suturas del cráneo.

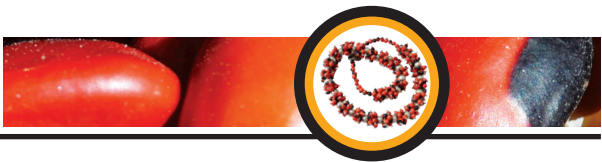


Anfiartrosis: articulación intervertebral.



Diartrrosis: rodilla.

Los músculos, propulsores del movimiento



Imagínense que están en Olimpia, ciudad de la antigua Grecia, hacia el año 776 a. C. Los juegos olímpicos comenzaron a celebrarse en esta ciudad en verano, cada cuatro años. Los participantes debían entrenarse durante 30 días bajo el control de los jueces, quienes les indicaban las reglas correspondientes. La olimpiada comenzaba cuando salía el Sol: entre los deportes practicados figuraban la carrera pedestre, el pentatlón (consta de cinco ejercicios combinados: carrera, lanzamiento de jabalina, salto en largo, lanzamiento de disco y lucha cuerpo a cuerpo) y la carrera de carros.

Han transcurrido más de 2500 años y los juegos olímpicos continúan despertando el interés y la admiración de todos los pueblos. ¿Qué importancia tiene el deporte? ¿Cómo se relaciona con el mantenimiento de un estado físico saludable? ¿Cómo se preparan los atletas? ¿Cómo intervienen los distintos componentes del sistema locomotor en el ejercicio físico?

Según el Consejo de Deportes de la Unesco (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura), el **deporte** es toda actividad humana, de carácter lúdico, que se manifiesta y se concreta en la práctica de ejercicios físicos, en forma competitiva.

Además de la adaptación de los sistemas cardiovascular y respiratorio a las demandas de un esfuerzo físico no habitual, cualquier tipo de movimiento se logra gracias a la acción coordinada de los huesos y las articulaciones. Por ejemplo, al flexionar el antebrazo, podemos considerar que los huesos de las extremidades brindan sostén al brazo y al antebrazo durante el movimiento; y que la articulación «en bisagra» (entre el húmero y el cúbito) permite el desplazamiento. Pero, ¿es esto suficiente?

Ni los huesos ni las articulaciones tienen la capacidad de ejercer la fuerza necesaria para el movimiento; esta función queda a cargo de otro componente del sistema locomotor: los **músculos**.

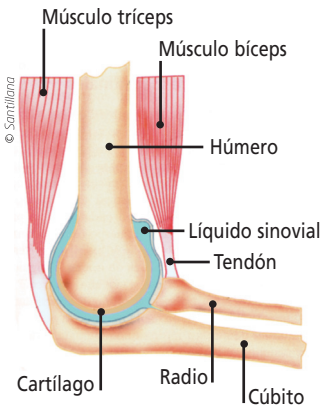
En general, los músculos se unen a los huesos a través de los **tendones** (tejido conjuntivo); uno de sus extremos se inserta en el hueso fijo (punto de apoyo), y el otro, en el hueso que se desplaza.

Si bien los movimientos más importantes son los relacionados con la locomoción, ejecutados por la musculatura asociada al esqueleto, estos son también imprescindibles en otras actividades, tales como el bombeo de la sangre por parte del músculo cardíaco, o la progresión de la comida por el tubo digestivo, de la que se encarga la musculatura lisa de las vísceras.

De acuerdo con su organización, con los órganos de que forman parte (ubicación) y con la función que cumplen, se reconocen los siguientes tipos musculares.

Tc Trabajo cooperativo

Formen grupos y **busquen** información para resolver las siguientes cuestiones:
¿Qué es el **tono muscular**?
¿Cuál es la relación del tono muscular con la postura corporal?



Articulación del codo en el ser humano.

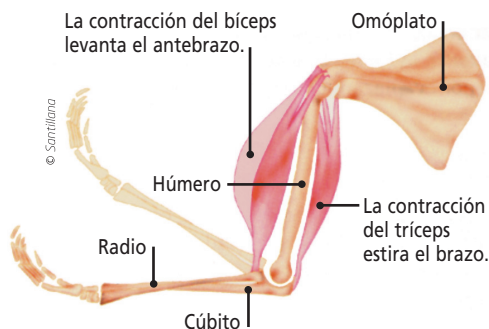
Músculo	Ubicación	Características de la célula (fibra muscular)	Control nervioso (estimulación)
Esquelético	Se inserta en los huesos del esqueleto.	Alargada y cilíndrica, multinucleada.	Voluntario
Liso	Forma las paredes de las vísceras y de los vasos sanguíneos.	Con forma de huso, uninucleada.	Involuntario
Cardíaco	Forma la pared contráctil del corazón (miocardio).	Alargada, cilíndrica y ramificada; uninucleada.	Involuntario

© Santillana

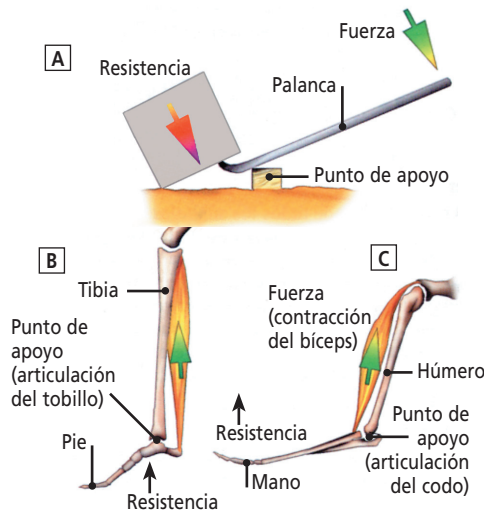
Músculos antagonistas y palancas

Cuando se contraen, los músculos se acortan y provocan el movimiento. En general, los músculos se unen al hueso de tal manera que bastan pequeñas contracciones para producir movimientos amplios, sobre todo en los huesos largos. Después, los músculos podrán relajarse, pero carecen de capacidad para estirarse y empujar a la estructura desplazada a su posición original. Entonces, ¿de qué manera se restablece la posición inicial?

Elaboremos la respuesta a esta pregunta a través del análisis de los esquemas de flexión y extensión del antebrazo.



Los músculos se disponen en pares antagonistas: uno de ellos realiza la flexión o aducción (en este caso, el bíceps), mientras que el otro se encarga de la extensión o abducción (el tríceps).



Los diferentes movimientos se basan en sistemas de palancas. Los músculos largos actúan en combinación con los huesos del esqueleto. A: palanca; B: palanca en el pie; C: palanca en el brazo.

Glosario

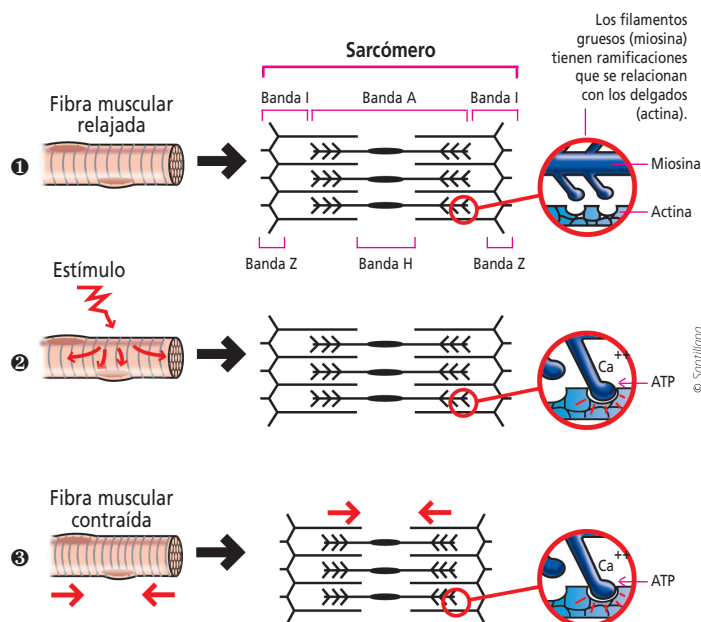
abducción (del latín *abductio*, 'acción de separar'). Acción y efecto de conducir hacia fuera o separar una extremidad de la línea media del cuerpo.

aducción (del latín *adducere*, 'llevar hacia'). Acción y efecto de conducir hacia dentro o acercar una extremidad a la línea media del cuerpo.

circunducción (del latín *circumducere*, 'llevar alrededor'). Movimiento circular activo o pasivo de una extremidad o del ojo.

Fisiología de la contracción muscular

La contracción de los músculos esqueléticos constituye la manifestación de la contracción coordinada de sus células (ver ilustración de la derecha).

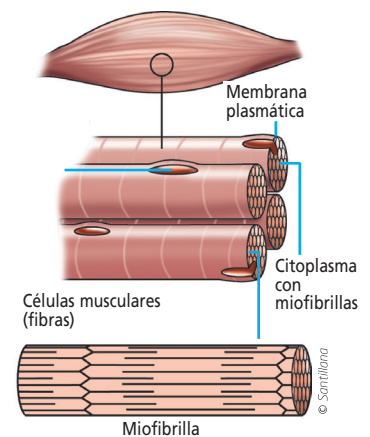


1 Las miofibrillas presentan una típica estriación (bandas A, o discos oscuros formados por miosina, y bandas I, o discos claros formados por actina). En las bandas A se observan surcos centrales más claros: las bandas H; mientras que las bandas I están surcadas por discos oscuros y delgados: las bandas Z. La porción de fibra comprendida entre las bandas Z recibe el nombre de *sarcómero*, y constituye la unidad de contracción.

2 La estimulación de la membrana plasmática hace que la célula muscular libere calcio entre las miofibrillas. Este ion facilita la unión de los filamentos de actina y miosina.

Con el aporte de energía del ATP, los filamentos de miosina tirean de los de actina y acortan la longitud de los sarcómeros.

3 El acortamiento simultáneo de todos los sarcómeros de las miofibrillas da como resultado la contracción de la fibra muscular. Finalmente, con la reabsorción activa del calcio liberado, los miofilamentos se separan y se produce la relajación muscular hasta un nuevo estímulo.

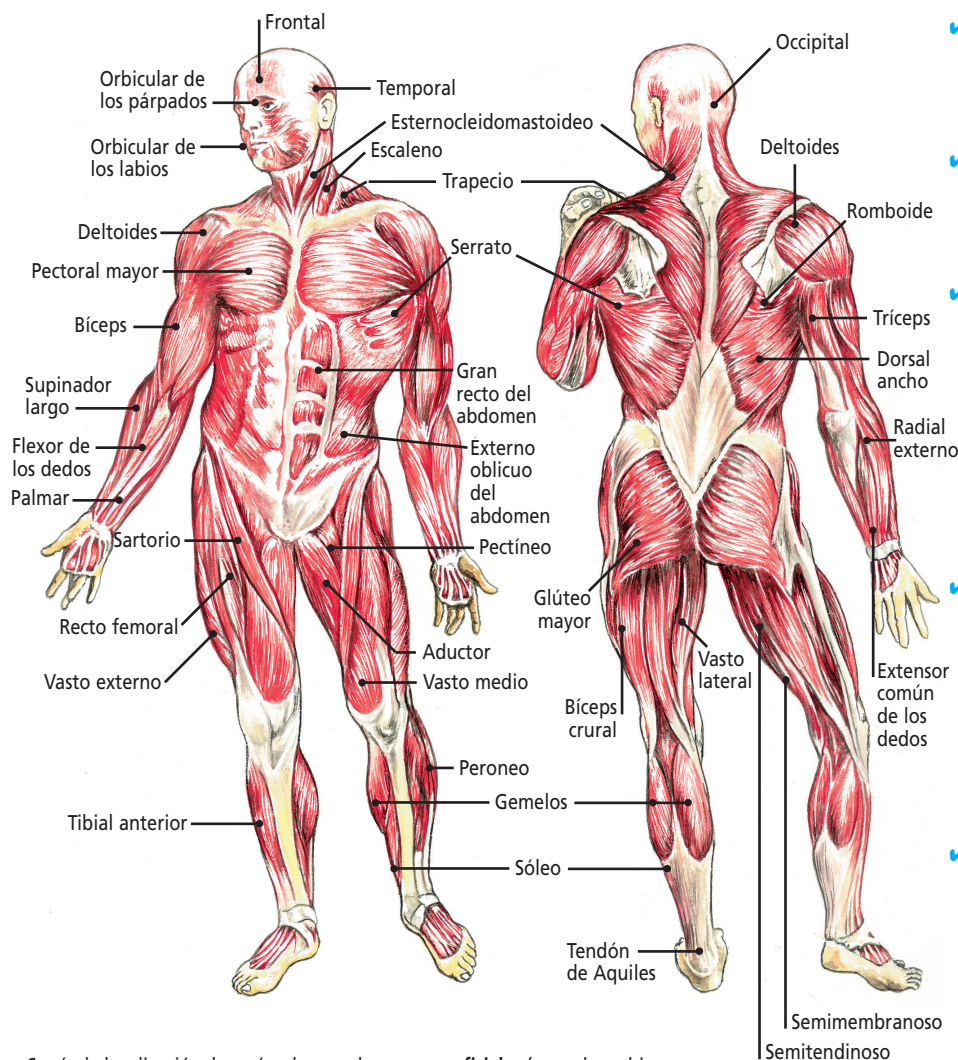


Las fibras o células que forman los músculos esqueléticos tienen ocupada la mayor parte de su volumen citoplasmático con cientos o miles de estructuras cilíndricas (**miofibrillas**), que corren paralelas al eje longitudinal de la célula. Estas miofibrillas están constituidas por microfilamentos proteicos del citoesqueleto, que al desplazarse unos sobre otros contraen el músculo.

Músculos esqueléticos: distribución y tipos

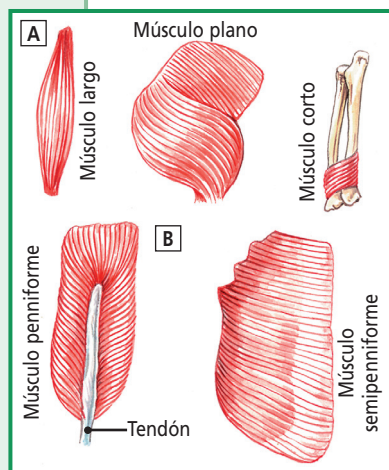
Los gestos de alegría y de tristeza, la marcha lenta o veloz, tocar el piano o acariciar un rostro, son acciones que ponen en movimiento a los grupos musculares del cuerpo humano, caracterizados por su diferente forma, tamaño y localización.

Los músculos del cuerpo humano



Según la localización, los músculos pueden ser **superficiales** (como los orbiculares de los párpados y de los labios) o **profundos** (como el diafragma).

- ✓ **Músculos de la cabeza.** Incluyen los mímicos, que intervienen en la producción de gestos faciales, como el frontal y los temporales.
- ✓ **Músculos del cuello.** Intervienen en el movimiento de la cabeza con respecto al tronco, como el esternocleidomastoideo y los escalenos.
- ✓ **Músculos del tronco.** Permiten el movimiento de los brazos, las costillas, etc. En la parte anterior, están los pectorales mayores y los intercostales; y en la posterior, los trapecios y serratos posteriores. El diafragma, músculo interno que separa la cavidad abdominal de la torácica, interviene en la mecánica respiratoria.
- ✓ **Músculos de las extremidades superiores.** Son responsables del movimiento del brazo, el antebrazo y la mano. A modo de ejemplo, cabe señalar el deltoides del hombro, el bíceps y el tríceps braquiales, los pronadores y los palmares de la mano, y los músculos cortos y los flexores de los dedos.
- ✓ **Músculos de las extremidades inferiores.** Brindan movilidad al muslo, la pierna y el pie; por ejemplo, los glúteos de la región pélvica, el sartorio y el cuádriceps crural del muslo, el tibial anterior, los gemelos y el sóleo de las piernas y los músculos cortos que mueven los dedos del pie.



Según la forma

- ✓ **Músculos cortos.** Se encuentran alrededor de las articulaciones. Se asocian a funciones que generan poco movimiento y mucha fuerza.
- ✓ **Músculos anchos.** Forman las paredes torácica y abdominal; forman parte también del cuello y la cabeza. Se asocian a funciones que generan poco movimiento y poca fuerza.
- ✓ **Músculos largos.** Se disponen en diferentes estratos a lo largo de las extremidades. Se asocian a funciones que generan poco movimiento y mucha fuerza.

Según la disposición de las fibras musculares

- ✓ **Penniformes.** Las fibras se disponen en forma oblicua al tendón, el músculo adopta un aspecto de pluma, razón por la cual reciben esa denominación.
- ✓ **Semipenniformes.** Este tipo de disposición se da sobre un solo lado del tendón.

Distintos tipos de músculos, según la forma (A) y según la disposición (B) de las fibras musculares.

Identifica las características del sistema esquelético y muscular.

1. Indica las opciones falsas en las siguientes selecciones múltiples y, a continuación, **escribelas** en forma correcta en tu cuaderno.

I. Características del sistema esquelético de los artrópodos

- Está formado por elementos articulados de tejido cartilaginoso.
- A medida que el animal crece, se produce un recambio del esqueleto por uno más grande.
- Su posición es externa con respecto a los órganos y los sistemas de órganos.

II. La cintura pélvica

- Sus huesos son el isquion, el íleon y el pubis.
- Relaciona las extremidades superiores con el resto del cuerpo.
- Es corta y muy ancha, y forma una estructura rígida que otorga soporte al tronco corporal.

III. Son ejemplos de anfiartrosis:

- las uniones de los huesos del cráneo.
- las uniones de las vértebras.
- las uniones de los huesos del pubis.

IV. Los huesos largos...

- ocupan regiones que realizan movimientos amplios e intensos.
- forman el esqueleto de las extremidades superiores e inferiores.
- se caracterizan por una doble lámina de tejido compacto, que envuelve el tejido esponjoso interno.

V. Músculos

- La porción de la fibra muscular comprendida entre las bandas Z recibe el nombre de *sarcómero* y constituye la unidad de contracción.
- El músculo tiene capacidad para estirarse además de poder contraerse o relajarse.
- Los músculos cortos intervienen en funciones que generan poco movimiento.

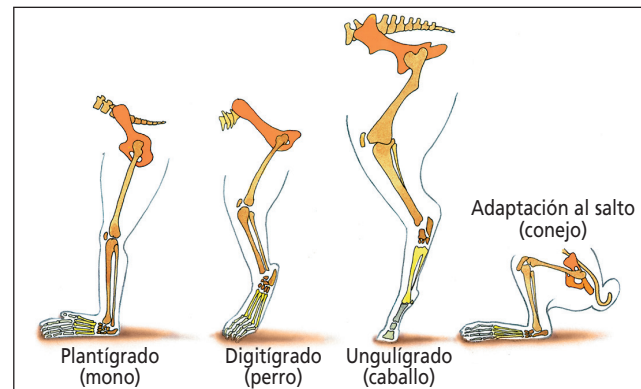
2. Indica si las siguientes frases son verdaderas o falsas y **justifica** tus respuestas.

- Las vértebras lumbares son grandes y resistentes y poseen una apófisis transversa muy desarrollada, en la que se insertan los grandes músculos de la espalda.
- Los movimientos opuestos son producidos por la contracción y la relajación de un solo músculo.
- La médula ósea roja, donde se forman las células sanguíneas, se encuentra ubicada entre las laminitas del tejido óseo compacto.
- La sustitución del tejido cartilaginoso por el óseo finaliza durante el desarrollo embrionario.
- La musculatura lisa provoca los movimientos viscerales, tales como el peristaltismo intestinal.

- Mediante exámenes clínicos del fluido contenido en el tejido esponjoso de ciertos huesos, se puede averiguar si una persona posee dificultades para la producción de células sanguíneas.

Compara esqueletos de diferentes vertebrados e identifica sus huesos.

3. La estructura y la organización del esqueleto guarda estrecha relación con el tipo de locomoción que poseen los animales. En el caso de los mamíferos caminadores y corredores, pueden distinguirse tres modelos básicos: **plantígrado**, **digitígrado** y **ungulígrado**, según el modo de apoyar las extremidades inferiores durante la marcha sobre tierra firme.

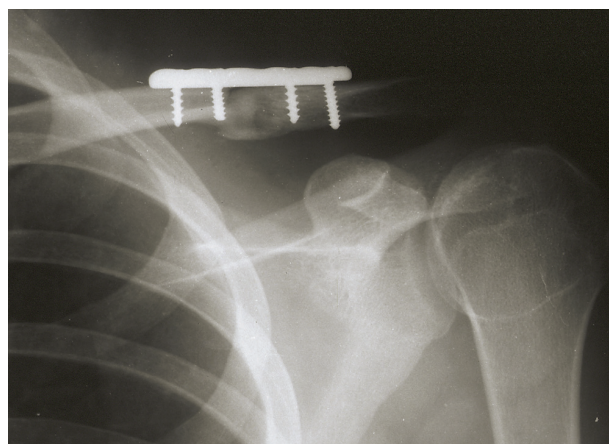


- Analiza y compara** los esquemas del esqueleto de las extremidades posteriores de un mono, un perro y un caballo.
- Identifica**, en cada uno de ellos, los siguientes huesos: fémur, tibia y peroné, tarso, metatarso y falanges.
- Menciona**, para cada uno, qué parte del esqueleto de la extremidad posee mayores modificaciones con respecto a la del ser humano.
- Considerando que una de las adaptaciones a la carrera es la reducción de la fuerza de rozamiento con el suelo, ¿cuál de los ejemplos analizados posee mejor adaptación en este sentido? ¿En qué basan sus respuestas? **Explica**.



Analiza afecciones del esqueleto y alternativas para su recuperación.

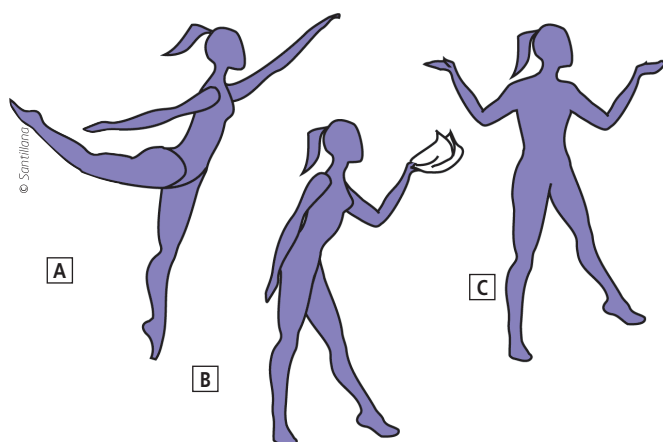
4. A continuación, se observa la radiografía de una rotura de huesos, en la que se aprecia la implantación de piezas metálicas artificiales. **Observa y responde.**



- ¿Qué sucede cuando un hueso se fractura?
- ¿Qué objetivo tiene la implantación de piezas metálicas?
- ¿De qué otra manera puede repararse un hueso dañado?
- ¿Qué diferencia existe entre una *fisura*, una *fractura*, un *esguince* y una *luxación*?

Identifica los movimientos musculares.

5. Las siguientes imágenes muestran algunos de los movimientos realizados por una bailarina.



Reconoce, en cada caso, qué tipo de movimientos, de los mencionados en la siguiente lista, realiza la bailarina.

- circunducción
- flexión
- extensión
- aducción
- abducción

Resuelve problemas relacionados con la contracción muscular.

6. **Relaciona** los sucesos de la contracción a nivel celular mencionados en la columna de la izquierda con los de la derecha.

- | | |
|---|--|
| 1. Aplicación de un estímulo | a. Relajación muscular |
| 2. Liberación de calcio entre los miofilamentos | b. Formación de puentes de unión entre los filamentos delgados y gruesos |
| 3. Liberación de energía (ATP) | c. Cambio en la permeabilidad de la membrana celular |
| 4. Reabsorción de calcio con gasto de energía (ATP) | d. Desplazamiento de los miofilamentos delgados sobre los gruesos |

Reconoce los movimientos musculares.

7. Las siguientes fotografías muestran algunos de los movimientos realizados por un deportista durante su entrenamiento físico. **Observa y responde.**



- ¿Qué músculos intervienen principalmente en cada ejercicio?
- ¿Cuáles son los huesos y las articulaciones que entran en juego en cada ejercicio?
- ¿Qué beneficios para la salud produce la práctica de este tipo de ejercicios?

1. Lean e interpreten el siguiente texto.

Aun cuando haya finalizado el crecimiento de los huesos, estos sufren una remodelación continua que consiste en la paulatina sustitución del tejido óseo antiguo por otro nuevo. Este proceso provoca la liberación (en la sangre) del calcio del tejido removido y la posterior absorción y fijación de este elemento para la producción de nuevo tejido (resorción ósea). El equilibrio entre la intensidad de la resorción ósea con respecto a su reposición depende de factores tales como: la dieta, el control hormonal y la tensión ejercida sobre los huesos.

Un ejemplo de la alteración del equilibrio resorción-reposición fue observada en los astronautas que tripularon los primeros viajes espaciales. Al regresar de un vuelo de ocho días de la Géminis V, los tripulantes presentaban una disminución del 20% de su tejido óseo.

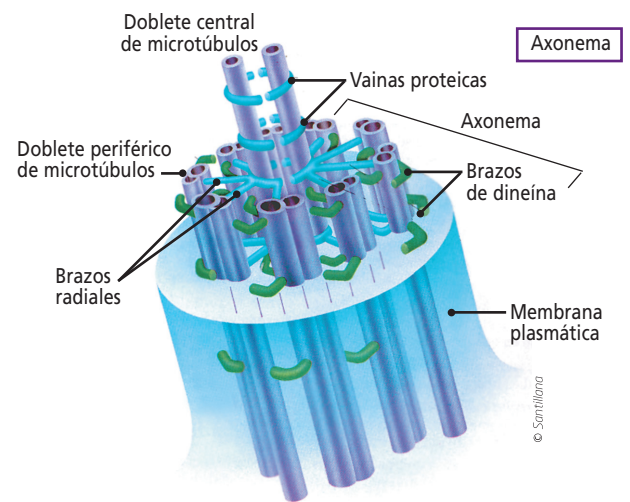
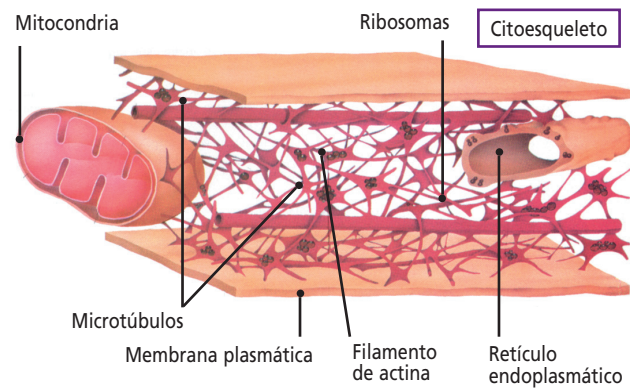
- Teniendo en cuenta que, en el espacio, los astronautas se encuentran ante la escasez o la falta de gravedad, ¿cuál de los factores mencionados en el texto sería responsable de la disminución del volumen óseo que sufrieron? ¿Cómo explicarían esta pérdida de masa ósea en función del proceso de remodelación? ¿Podría compensarse el problema con una dieta y ejercicios adecuados durante los vuelos espaciales?

Expliquen.

- Busquen** información acerca de otros efectos de la ingravidez prolongada.
- ¿Consideran que la reducción de un hueso enyesado por una fractura se origina por causas similares a las analizadas en el ejemplo de los astronautas? ¿Por qué?
- Investiguen** en libros especializados la influencia de la vitamina D y de la hormona paratiroidea en el crecimiento y la remodelación óseos.

2. Las células son capaces de variar su forma, moverse y dividirse. Estas y otras funciones se llevan a cabo gracias a la acción conjunta de diferentes componentes celulares, entre los que figura el citoesqueleto. Diversas investigaciones demostraron que los microtúbulos del citoesqueleto determinan la ubicación de ciertos orgánulos —como el retículo endoplasmático rugoso y el aparato de Golgi— y, además, participan en el movimiento de otros orgánulos, como las mitocondrias y los cloroplastos.

Algunas células, por otra parte, poseen cilios y flagelos, complejos supramoleculares especializados en la función del movimiento. La microscopía electrónica permitió dilucidar su ultraestructura. A partir de esas observaciones, se propuso el modelo denominado *axonema*, que explica la organización de sus componentes proteicos y sus funciones.



Busquen información en textos de Biología y **respondan** las preguntas.

- ¿Qué grupos de organismos eucariotas poseen cilios y flagelos?
- ¿Qué diferencia ultraestructural existe entre los cilios y los flagelos?
- ¿Cómo se relacionan los microtúbulos del citoesqueleto con los de los cilios y los flagelos?
- ¿Poseen citoesqueleto todas las células eucariotas?
- Las bacterias, formadas por células procariotas, ¿tienen estructuras similares a los cilios o a los flagelos? En caso de ser afirmativo, **averigüen** cómo son y cuáles son las bacterias que poseen esas estructuras.
- ¿Qué ventaja adaptativa significa para los organismos unicelulares tener cilios, flagelos o sistemas similares?

Dissección de una articulación de la vaca

Objetivo

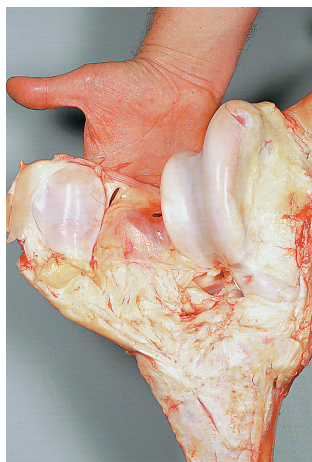
Identificar los componentes de una articulación de tipo diartrosis y relacionarlos con las funciones que cumplen.

Materiales

Articulación de vaca (de preferencia, el codo o la rodilla); una bandeja de plástico o de metal; instrumental de disección (principalmente: bisturí, tijeras y pinzas); un cuchillo filoso; artículos de limpieza básicos.

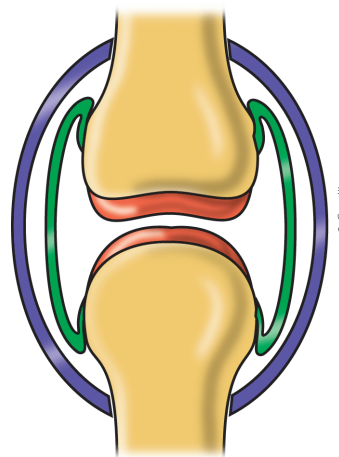
Procedimiento

1. **Dispongan** sobre la bandeja el material que se va a diseccionar. **Retiren**, con el cuchillo o el bisturí, todo resto de carne o de grasa, hasta despejar la zona de la articulación. **Dejen** a la vista la cápsula y los ligamentos que la rodean.
2. **Corten** longitudinalmente la cápsula (si es necesario, también los ligamentos), de manera que quede a la vista las estructuras óseas de interés pero sin separarlas.
3. **Verifiquen** el espacio que existe entre la cápsula y las estructuras óseas. Luego, **muevan** la articulación y **observen** la forma de las epífisis y cómo se acomodan los huesos.
4. **Corten** transversalmente la cápsula, de modo que se separen los huesos. De acuerdo con la articulación en cuestión, además de la cápsula, deberán seccionar ligamentos externos o internos para lograr la separación total de los huesos.
5. Una vez separados los huesos, **analicen** las superficies de articulación. **Perciban** las características del cartílago que las recubre (color, textura y elasticidad). **Toquen** las superficies articulares y **observen** su lubricación del líquido sinovial.



Conclusiones

- a. **Copien** el esquema de una articulación móvil típica e **indiquen** los elementos que la forman (lista A).
- b. **Realicen** un cuadro en el cual asocien los distintos componentes articulares con las funciones (lista B) que cumplen.



Listas de componentes y de funciones

A. Componentes articulares

- ✓ Epífisis
- ✓ Cartílago articular
- ✓ Cápsula articular (fibrosa y sinovial)
- ✓ Espacio articular con líquido sinovial
- ✓ Ligamentos

B. Funciones

- ✓ Une a los huesos que se articulan y segrega y contiene el líquido sinovial.
- ✓ Permite el libre desplazamiento entre los huesos que se articulan.
- ✓ Constituyen las superficies de articulación.
- ✓ Facilita y amortigua el desplazamiento de una superficie articular sobre la otra.
- ✓ Refuerzan la unión de los huesos intervinientes.

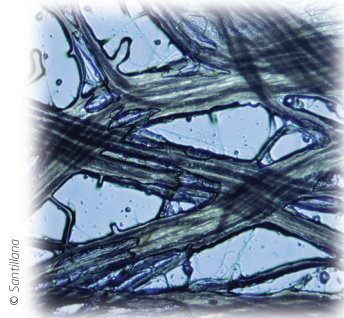


Unidad 3.6

El sistema nervioso

Destreza con criterio de desempeño:

Relacionar la función neuroendócrina con el mantenimiento de la homeostasis en los diferentes sistemas desde la interpretación de datos, análisis de diferentes procesos a través de la información obtenida en diferentes fuentes.



© Santillana

El sistema nervioso, que coordina nuestros movimientos, sensaciones, conductas y procesos mentales, es incapaz de recuperarse de las lesiones producidas por los accidentes o las enfermedades; ello se debe a la incapacidad reproductiva de las células nerviosas. Sin embargo, investigaciones recientes abren nuevos interrogantes a la posibilidad de neurogénesis o sustitución neuronal.

Conocimientos previos

¿Cómo coordinan las funciones los animales?

¿Qué sistemas intervienen en la coordinación de las funciones y el mantenimiento del medio interno?

¿Cómo se relaciona el sistema endócrino con el sistema nervioso?

Los movimientos coordinados exigen una compleja integración de funciones, y esto es posible gracias al sistema nervioso.



© Creative Commons Reconocimiento 2.5 Genérica.

Investigaciones llevadas a cabo en monos marmoseta (titís) sugieren la neurogénesis en el cerebro de los primates adultos.



A neurona muerta, ¿neurona puesta?

Una de las ideas más asentadas en Neurología es la que afirma que las neuronas, o células nerviosas, no pueden reproducirse. Por lo tanto, las células muertas o degeneradas por diversas lesiones producidas en los centros nerviosos no son reemplazadas, lo cual imposibilita la total recuperación de la persona afectada.

Por ejemplo, los accidentes traumáticos del encéfalo o de la médula espinal y las enfermedades degenerativas, como el mal de Parkinson o el de Alzheimer, destruyen parte del sistema nervioso o interrumpen las vías de comunicación neuronales. Esas lesiones ocasionan incapacidades motoras o sensitivas, las cuales son generalmente irreversibles ya que, si bien el tejido nervioso intenta reparar el daño, no puede reponer las neuronas perdidas.

Sin embargo, a pesar de que muchas investigaciones dan por sentada la incapacidad de sustitución neuronal y la formación de nuevas neuronas en el vertebrado adulto, algunos científicos, basándose en experimentos con animales, sostienen que, en ciertas condiciones, algunas neuronas tienen la posibilidad de reproducirse.

Algunas de las investigaciones que apoyan la posibilidad de que exista **neurogénesis** —proceso de formación de neuronas— fueron las realizadas con aves canoras durante la década del ochenta. Mediante diversas experiencias, se comprobó que la modificación del canto que ciertos pájaros (por ejemplo, los canarios) adoptan con el transcurso de la maduración sexual se debe a un aumento de las células nerviosas del área de la corteza cerebral, encargada de coordinar la emisión de sonidos.

Científicos de las universidades de Princeton y Rockefeller, entre otros, demostraron que la neurogénesis tiene lugar en los cerebros de monos tíjies adultos y que esta se ve

significativamente reducida por el estrés.

Investigaciones anteriores llevadas a cabo con otros mamíferos adultos, como las tupayas (muy próximas a los primates) y las ratas, habían demostrado la proliferación de células nerviosas en el hipocampo (región del cerebro asociada con el aprendizaje y la memoria). Estudios actuales aseguran que el cerebro adulto contiene células madre capaces de regenerar neuronas. Por ejemplo, se ha comprobado que las neuronas que se originan en el cerebro adulto tienen características funcionales similares a las que se forman durante el desarrollo del cerebro y que, además de establecerse conexiones entre ellas, se comunican con las neuronas preexistentes. Se aduce, entonces, que es muy posible que estas neuronas intervengan en el procesamiento de la información y en el aprendizaje.

Esto se logró por medio de técnicas electrofisiológicas aplicadas en ratones adultos. Según los especialistas, este trabajo es novedoso porque —por primera vez— demuestra que las neuronas nacidas en el cerebro de un individuo adulto se incorporan a los circuitos cerebrales que ya existían.

Otros investigadores sostienen la hipótesis de que la neurogénesis en el hipocampo se relaciona con el aumento de la capacidad para generar nueva información. Evidencia de esto es que, cuando se pierde la neurogénesis, disminuye la capacidad de generar nuevas memorias, algo que ocurre durante la vejez. Sin duda, estos nuevos descubrimientos abren la puerta para seguir investigando y para aplicar estos conocimientos en mejorar ciertas lesiones del sistema nervioso.



La modificación del canto de las aves canoras estaría relacionada con la neurogénesis.

Fuente: *La Nación, Ciencia/Salud. Buenos Aires, 28 de julio de 2008; 28 de octubre de 2008.*

Análisis del trabajo científico

1. ¿Cómo pueden afectar al organismo las lesiones producidas sobre el sistema nervioso? **Expliquen.**
2. **Indiquen** por qué la pérdida parcial de tejido nervioso produce secuelas muchas veces irreversibles.
3. ¿Qué novedades aportan las investigaciones realizadas en diversos animales? **Argumenten.**
4. **Averigüen** en libros o **consulten** a médicos especialistas qué consecuencias traen el mal de Parkinson y el de Alzheimer.

Sistema nervioso y movimiento

Imaginen la siguiente situación: una lechuza acecha a un pequeño ratón. En el instante preciso, ella deberá realizar un movimiento coordinado de su cuerpo para poder atrapar a su presa. Si no calcula bien la distancia o si falla en la rapidez o en la precisión de su movimiento, el ratón percibirá el peligro y pondrá en ejecución los movimientos adecuados para escapar de inmediato.



© Archivo Corel.



© Archivo Corel.



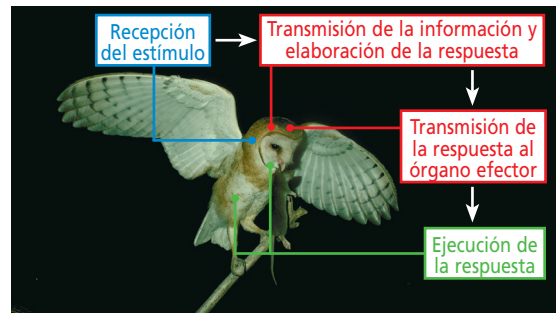
© Archivo Corel.

Este ejemplo pone de manifiesto que los movimientos que realiza un animal para capturar a su presa o para huir de un predador deben estar orientados, es decir, el animal debe tener la capacidad de reconocer el medio con eficacia y dar una respuesta móvil acorde a las necesidades.

Para ello, paralelamente a la capacidad de movimiento, los animales han desarrollado sistemas sensoriales especializados (por ejemplo, el oído, el olfato y la visión), así como de control y coordinación, para la ejecución de una respuesta rápida y precisa: el **sistema nervioso**.

El modelo de **coordinación nerviosa** puede resumirse como se ve en la imagen de la derecha.

— Órgano sensorial — Sistema nervioso — Músculos



© Archivo Corel.

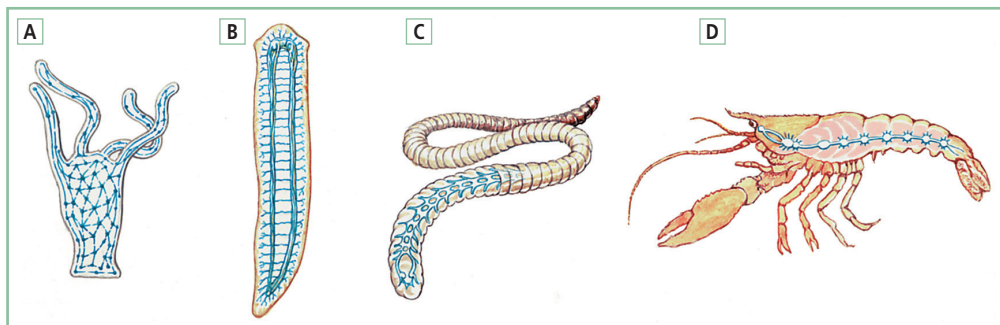
Coordinación nerviosa en los animales

Todos los animales, en mayor o en menor grado, tienen la capacidad de responder a los estímulos del medio, aunque no todos cuentan con un sistema nervioso diferenciado.

En la escala zoológica, las primeras células especializadas en la conducción de estímulos se observan en los cnidarios (anémonas, medusas), en los cuales forman una **red nerviosa**. En la mayoría de los demás animales existen **cordones nerviosos ventrales**, con ramificaciones que inervan todo el cuerpo. A lo largo de estos cordones nerviosos, se suelen observar grupos de células: los **ganglios**. Los que están situados en el extremo de la cabeza se llaman **ganglios cerebroides** y constituyen los primeros esbozos del cerebro de los vertebrados. En los artrópodos, el ganglio cerebroide se halla formado por la unión de otros tres: **protocerebro**, **deutocerebro** y **tritocerebro**, que inervan la cabeza. Esto es sumamente importante, ya que en este *phylum* se registran conductas de gran complejidad, como el comportamiento social.

Tc Trabajo cooperativo

La evolución del sistema nervioso podría resumirse en dos términos: concentración y profundización. **Justifiquen** esta afirmación con ejemplos.



A: Red nerviosa de un cnidario (pólipo). **B:** Cordones nerviosos ventrales de un platelminto (planaria) y cierta agregación de ganglios y órganos sensoriales en el extremo anterior. También tiene una red nerviosa en la epidermis o por debajo de ella. **C:** Cordón nervioso ventral y doble (dos cordones fusionados) y ganglios de un anélido (lombriz). **D:** Cordón nervioso ventral y doble y sistema ganglionar de un artrópodo (crustáceo).

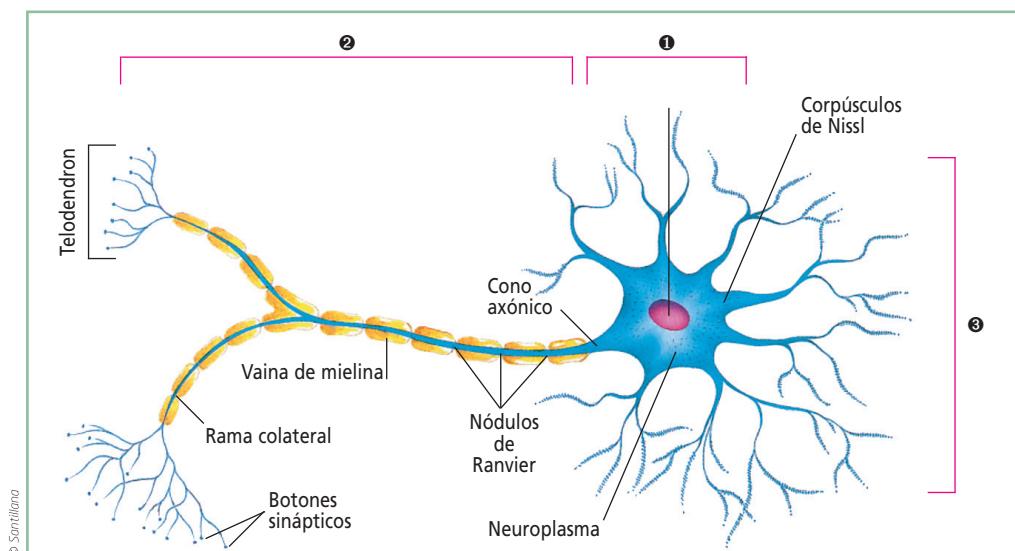
© Santillana



Neuronas, ganglios y nervios

En el año 1906, el médico e investigador español **Santiago Ramón y Cajal** (1852-1934) recibió el Premio Nobel de Medicina (que compartió con el histólogo italiano Camillo Golgi) por sus investigaciones sobre el sistema nervioso. Mediante observaciones microscópicas con técnicas especiales, Ramón y Cajal demostró que el tejido nervioso no está formado por una red continua y enmarañada de fibras nerviosas (organización reticular), como creían los científicos del siglo pasado, sino que existen unidades celulares funcionales: las neuronas. Si bien estas se relacionan entre sí, entre sus protoplasmas no hay continuidad directa.

Las **neuronas** son las células propias del tejido nervioso; su interrelación es responsable de la producción y la conducción del impulso nervioso. Las neuronas se hallan acompañadas, por lo general, de un conjunto de células, denominadas **gliales**, que cumplen diversas funciones: soporte físico y protección, alimentación, etc. Las células gliales (como los astrocitos y los oligodendrocitos) se denominan **neuroglia**, cuando están dentro del sistema nervioso central (encéfalo y médula espinal), y **células de Schwann**, cuando se encuentran fuera de él.

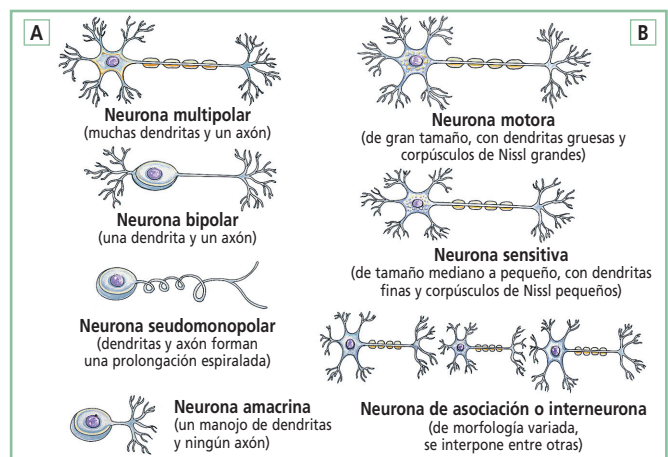


Estructura de una neurona. Una neurona típica está constituida por un cuerpo celular, o soma, y una gran prolongación citoplasmática, el axón (en el ser humano puede llegar a medir hasta un metro de longitud). Tanto del soma como del axón, se desprenden pequeñas prolongaciones citoplasmáticas: las dendritas, que comunican a las células entre sí.

Los axones que se hallan rodeados por una vaina de mielina reciben el nombre de **fibras mielínicas**, y los que carecen de ella, **fibras amielínicas**.

El conjunto de fibras mielínicas, reunidas en haces de miles de unidades, constituye los **nervios**: mientras que la agrupación de cuerpos neuronales da lugar a los **ganglios nerviosos**.

Si bien tienen un patrón anatómico funcional común, las neuronas de los distintos órganos del sistema nervioso poseen características morfofisiológicas diferenciales. Así, las neuronas pueden clasificarse según su anatomía (A) o su fisiología (B).



Tarea

1. **Dibuja** una neurona, **señala** sus partes e **indica** el sentido en el que se mueve el impulso nervioso.
2. **Responde:** ¿Qué son las células gliales?

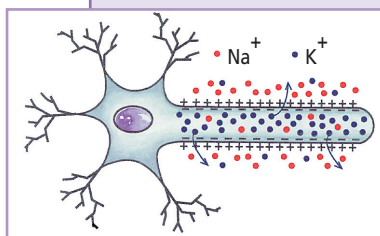
❶ **Cuerpo celular o soma.** En él se encuentran el **núcleo**, que gobierna toda la actividad neuronal, el **neuroplasma** y diversos **orgánulos**, como las mitocondrias, los lisosomas, los corpúsculos de Nissl (agrupaciones de ribosomas), etcétera.

❷ **Axón** (del latín *axis*, 'eje'). Conduce el impulso nervioso desde el soma hacia otras neuronas, músculos o glándulas. Las prolongaciones citoplasmáticas de su extremo terminal se denominan **telodendron**. Algunos axones se hallan rodeados de una capa lipídica, la **vaina de mielina**, la cual se forma por la transformación de las células de Schwann (en las neuronas del sistema nervioso periférico) y de los oligodendrocitos (en los del sistema nervioso central). Esta vaina se interrumpe a intervalos regulares y forma los **nódulos de Ranvier**.

❸ **Dendritas** (del griego *dendron*, 'árbol'). Reciben las señales generadas en las neuronas vecinas y las transmiten hacia su propio soma.

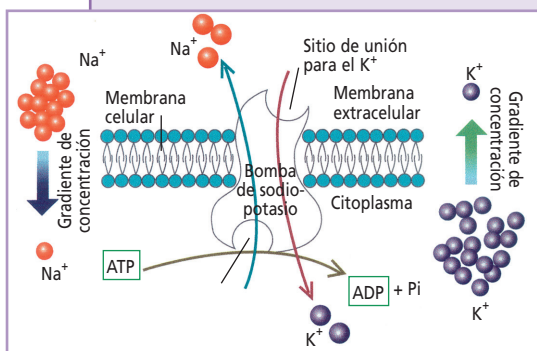
Generación del impulso nervioso

Cuando una neurona recibe un estímulo, se genera un impulso que se transmite a través de su axón hacia otras neuronas vecinas, hasta que llega al órgano efector. Los siguientes gráficos muestran la formación de un impulso nervioso como consecuencia de las reacciones biofísicas y bioquímicas que tienen lugar, principalmente, en la membrana plasmática de la célula nerviosa.



❶ **Estado de reposo: potencial de membrana.** La membrana plasmática de una neurona en estado de reposo (al igual que el resto de las células del cuerpo) tiene diferentes concentraciones de iones (principalmente, Na^+ y K^+), dentro y fuera de la célula. En este estado, la concentración de iones K^+ en el citoplasma de un axón

es unas 30 veces superior a la del fluido externo. Por el contrario, el Na^+ tiene una concentración unas 10 veces mayor fuera de la célula que dentro de ella. Esta distribución desigual de iones genera una **diferencia de potencial** entre la superficie externa y la interna de la membrana, y por eso se dice que la membrana está **polarizada**, lo cual se manifiesta con una ligera carga negativa dentro de la célula. Esa diferencia de potencial, que no conduce ningún impulso nervioso, se denomina **potencial de reposo** o **de membrana**.



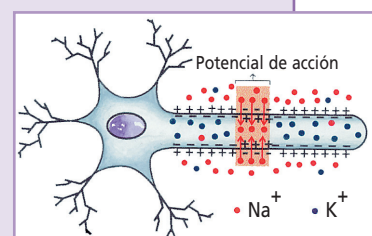
El estado de reposo se mantiene gracias a la **bomba de sodio-potasio**, que bombea el K^+ hacia dentro del axón y el Na^+ hacia afuera.

Los iones también se mueven a través de **canales iónicos** en favor de un gradiente de concentración.

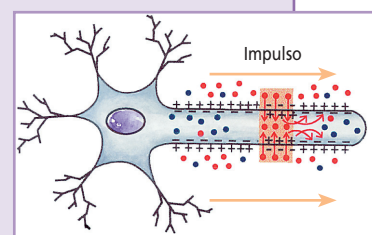
En estado de reposo, los canales de sodio están mayormente cerrados, y los de potasio, abiertos, por lo que estos últimos salen de la célula. Sin embargo, dada la impermeabilidad de la bicapa lipídica, los iones cargados negativamente no pueden seguir al K^+ . Así, se forma un exceso de carga negativa dentro del axón que atrae a los iones K^+ e impide que estos sigan saliendo. De esta manera, se llega al **estado de equilibrio**.

❷ **Despolarización: potencial de acción.** Cuando una neurona es estimulada, su membrana se vuelve más permeable y se produce una redistribución de los iones, de tal manera que el potencial de reposo varía. Se abren los canales iónicos de sodio y estos entran en la célula en favor de su gradiente

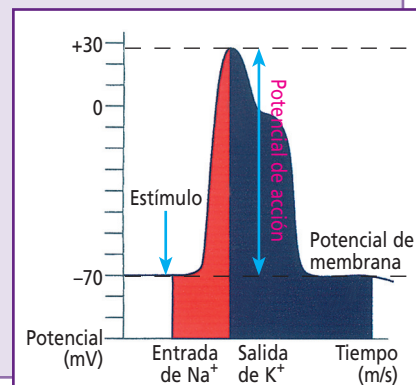
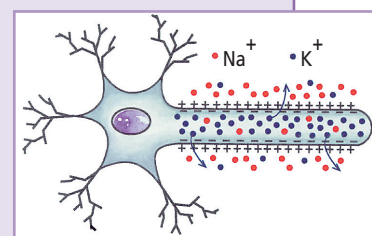
de concentración, ya que inicialmente resultan atraídos por la carga negativa del interior del axón. Esta despolarización (inversión momentánea de la polaridad de la membrana, que se vuelve más positiva adentro que afuera) produce el denominado **potencial de acción**, el cual genera el impulso nervioso.



❸ **Conducción del impulso nervioso.** El impulso se propaga a lo largo de la neurona por despolarización sucesiva de la membrana neuronal.



❹ **Repolarización: retorno al potencial de membrana.** A medida que se propaga el impulso, la neurona va estableciendo su polarización de reposo hasta su estado inicial, el cual se volverá a modificar frente a un nuevo estímulo. El restablecimiento del potencial de reposo se debe a la salida de iones K^+ en favor de su gradiente de concentración y a la carga positiva del axón durante el potencial de acción. Posteriormente, la bomba de sodio-potasio vuelve a sus niveles originales las concentraciones de los iones Na^+ y K^+ .



© Santillana

Los estímulos que no producen potencial de acción se llaman **subumbrales**, y los que sí lo originan, **umbrales**. La neurona genera siempre el mismo potencial de acción, aun cuando la intensidad del estímulo supera el umbral. Esta afirmación es conocida como la **Ley del todo o nada**.

«Una neurona puede excitarse o no, pero cuando lo hace, utiliza siempre el mismo potencial de acción».

L Lección

1. **Describe** la función de las neuronas.
2. **Explica** qué es el **potencial de acción** y el **potencial de reposo**.



Sinapsis y transmisión del impulso nervioso

¿De qué manera se transmite el impulso nervioso a las células vecinas? A fines del siglo XIX y comienzos del XX, se establecieron ciertas propiedades acerca de la interacción y la comunicación entre las neuronas, a las que se denominó **sinapsis**. Sin embargo, recién en la década de 1950, gracias a la microscopía electrónica, pudieron detectarse y precisarse las estructuras que intervienen en la conexión anatómica y funcional entre las células nerviosas.

En la **sinapsis** intervienen: 1) las membranas de las terminaciones axónicas, 2) la membrana plasmática de la célula vecina y 3) el espacio intercelular (y estructuras celulares) a través del cual se relacionan.

La sinapsis puede ser de naturaleza química o eléctrica.

- La más común en el sistema nervioso de los mamíferos es la **sinapsis química**. Aquí el mediador que transmite el impulso nervioso entre una neurona y la célula vecina es una sustancia química denominada **neurotransmisor**, como la acetilcolina, la adrenalina, la noradrenalina, la dopamina, la serotonina y el ácido gamma-aminobutírico (GABA). A diferencia del impulso nervioso que viaja por el axón, las señales transmitidas a través de este tipo de sinapsis pueden tener fuerza variable y efectos opuestos; es decir, pueden excitar o inhibir a la célula vecina. Cuando el impulso nervioso llega a las terminaciones axónicas de la **neurona presináptica**, conocidas también como **botones terminales**, se produce el ingreso de iones Ca^{++} , los cuales estimulan la fusión de las **vesículas sinápticas** con la membrana presináptica. Inmediatamente, estas liberan los neurotransmisores en la **hendidura sináptica**. Esos mensajeros químicos estimulan la membrana de la **célula postsináptica** (otra neurona o una célula muscular o glandular) y provocan un potencial de acción. De esta manera, el impulso nervioso se propaga ahora a lo largo de la célula vecina. Una vez liberados, los neurotransmisores son rápidamente removidos o destruidos, por lo que se interrumpe su efecto. Si la sinapsis se produce entre una neurona y una célula muscular, los neurotransmisores provocarán un estímulo en la fibra muscular, y esta se contraerá.
- En la **sinapsis eléctrica** —común en los vertebrados menos complejos y en algunos lugares del cerebro de los mamíferos—, las membranas celulares de las neuronas presináptica y postsináptica están íntimamente en contacto, a través de uniones en hendidura, o **nexus**, las cuales cuentan con canales por los que pasan los iones. Así, el impulso nervioso se transmite directamente de una célula a otra.

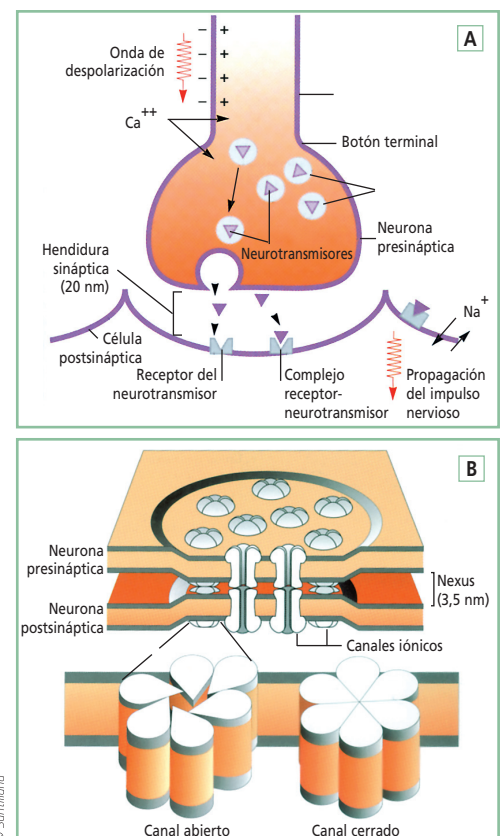
Casi todas las drogas que actúan sobre el cerebro para alterar el humor o el comportamiento intervienen en la sinapsis inhibiendo o estimulando la actividad de los neurotransmisores. Estudios recientes confirman que, frente a heridas o alteraciones producidas por situaciones de estrés (por ejemplo, un deportista en plena competencia), es posible que el organismo produzca ciertas sustancias que alivian momentáneamente el dolor: las **endorfinas**. Esta acción analgésica natural se obtiene en virtud de que las endorfinas disminuyen la producción de los impulsos nerviosos durante las situaciones críticas.

Las drogas opiáceas actúan en el cerebro de manera similar a las endorfinas y provocan en quienes las consumen la depresión del sistema nervioso y una fuerte adicción, lo cual representa graves consecuencias para la salud.

Ti Trabajo individual



Visita la siguiente página web: goo.gl/EQR7E Biología Edu. **Observa** la animación de la transmisión de la sinapsis. **Elabora** una ficha en la que expliques, paso a paso, este proceso.



A: Sinapsis química. B: Sinapsis eléctrica.

Velocidad del impulso nervioso

Analicen los datos de la tabla. ¿Cómo se relaciona la velocidad de conducción del impulso nervioso con la actividad motora? ¿A qué atribuyen las diferencias observadas entre los animales sésiles y los que se trasladan?

En los animales con locomoción, la velocidad de conducción del impulso nervioso es un factor muy importante, ya que de la rapidez de la respuesta puede depender, por ejemplo, la captura de una presa o la huida ante un peligro. En algunos invertebrados, como el calamar, dicha velocidad es mayor porque ciertas neuronas presentan axones de gran diámetro (axones gigantes), en tanto que, en los vertebrados, el aumento de la velocidad se debe a la vaina de mielina que recubre al axón.

Como ya dijimos, en los vertebrados, muchas neuronas (por lo general, las de axón largo) poseen una vaina de mielina (un lípido complejo), la cual se ve interrumpida secuencialmente por los nódulos de Ranvier.

Velocidad de la conducción del impulso nervioso (m/s)		
	Animales de locomoción activa	Animales sésiles o sedentarios
Anémona de mar		0,1
Caracol		0,8
Calamar	4-33*	
Camarón	4-15	
Rana	10-30	
Serpiente	10-35	
Gato	30-120	

Nota: Las velocidades de conducción varían, entre las neuronas del mismo animal, en relación con el estímulo y la respuesta intervinientes.

* En axones gigantes.

La vaina de mielina forma una especie de **aislante eléctrico**, que provoca que el impulso nervioso se propague, a través de saltos, a lo largo del axón (de nódulo en nódulo), lo cual **aumenta la velocidad**.

Según las fibras sean mielínicas o amielínicas, existen dos tipos de conducción nerviosa: la saltatoria y la continua, respectivamente.

- **Conducción saltatoria.** Tiene lugar en los axones recubiertos con la vaina de mielina. El intercambio iónico, necesario para la generación y la conducción del impulso nervioso, se da a través de los nódulos de Ranvier. En estos se encuentran los canales de sodio, por los que la onda de despolarización salta de un nódulo a otro. Esta conducción es mucho más rápida que la continua: una fibra mielínica transmite el impulso nervioso 50 veces más rápidamente que una amielínica. La velocidad de conducción también se relaciona con el diámetro del axón: cuanto mayor sea este, mayor será la velocidad.
- **Conducción continua.** Ocurre en las fibras amielínicas. Como todo el axón presenta canales de sodio y, por lo tanto, se despolariza y repolariza, esta conducción implica un mayor movimiento de iones a través de la membrana y, en consecuencia, es más lenta y gasta más energía.



© Santillana

La velocidad de conducción de los impulsos nerviosos es diferente para los distintos estímulos: un pinchazo alcanza los 43 km/h, mientras que el tacto amoroso o el amenazador pueden llegar a los 217 km/h.

FUE NOTICIA

Nueva tecnología para reparar tejido nervioso

Sucedió en Escocia, en 2009...

Los investigadores de las universidades de Edimburgo, Glasgow y Stirling, en Escocia, están cada vez más cerca de construir chips de silicio que podrían ser utilizados para reparar el tejido lesionado del ser humano.

Este equipo de investigación ha logrado que se desarrolle tejido neuronal sobre chips de computadora. ¿Cómo se da este fenómeno? Se imprimen patrones (moldes) de crecimiento del tejido sobre los chips. Estos últimos son sumergidos en una solución de proteínas, a las cuales se unen las neuronas, siguiendo los patrones mencionados. De este modo, se va formando una red neuronal.

En un futuro, se espera que cualquier tipo de célula pueda crecer

sobre este tipo de patrón, para que se genere un tejido que pueda ser implantado en el cuerpo. El profesor Alan Murray de la Escuela de Ingeniería y Electrónica de la Universidad de Edimburgo opina: «Este es un paso pequeño pero importante en el camino hacia el objetivo a largo plazo de muchos científicos y expertos: el desarrollo de implantes quirúrgicos utilizando chips de silicio».

Fuente: BBC mundo.com
http://news.bbc.co.uk/hi/spanish/science/newsid_7875000/7875215.stm
6 de febrero de 2009 (la nota impresa).

[Consultado en mayo de 2009].

Organización del sistema nervioso de los vertebrados

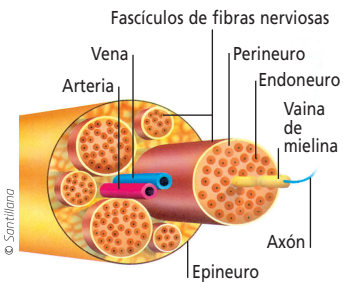


Muchos órganos del sistema nervioso de los vertebrados presentan una diferencia en su coloración, de modo que se distinguen, así, dos tipos de sustancia:

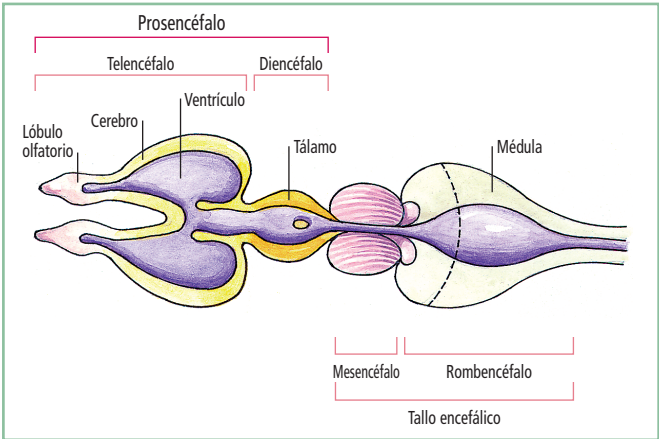
- La **sustancia gris**, formada por los cuerpos neuronales y axones amielínicos.
- La **sustancia blanca**, constituida por los axones mielínicos.

En los primeros estadios del embrión de los vertebrados se forma un tubo que se extiende dorsalmente desde la parte cefálica del cuerpo hacia la caudal: el **tubo neural**. Posteriormente, durante las siguientes fases del desarrollo embrionario, este se diferencia y constituye el denominado **sistema nervioso central (SNC)**, formado por el **encéfalo** y la **médula espinal**.

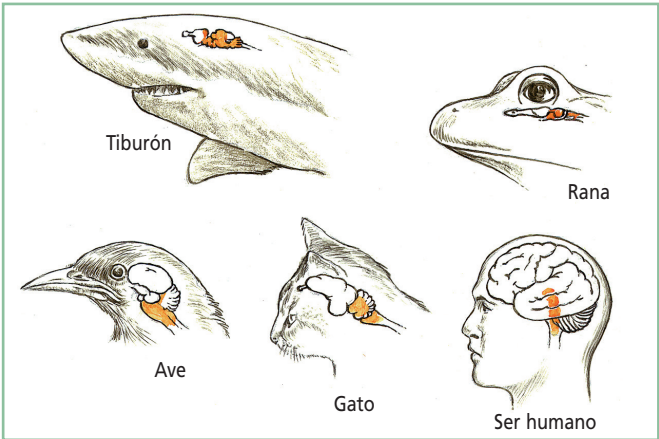
El tubo neural presenta tres protuberancias en su porción anterior, las cuales darán origen al encéfalo. En los vertebrados de menor complejidad, esas protuberancias mantienen una disposición lineal y forman el **rombencéfalo**, el **mesencéfalo** y el **prosen- céfalo**. Estas son las regiones principales del cerebro de todos los vertebrados.



Estructura de un nervio. Cada nervio está constituido por fascículos de axones o de fibras nerviosas y vasos sanguíneos. Cada fibra está revestida por tejido conectivo (endoneuro); un fascículo se rodea de una capa de tejido conectivo más gruesa (perineuro); y a todos ellos los envuelve otra capa de ese mismo tejido, el epineuro.



Regiones del encéfalo. En este esquema simplificado se muestran las cavidades (ventrículos), que se continúan hasta la médula. El rombencéfalo y el mesencéfalo constituyen el tallo encefálico y el cerebelo (excrecencia dorsal del primero). El prosencéfalo, a su vez, se divide en telencéfalo (cerebro) y diencefalo (tálamo e hipotálamo).



Evolución del encéfalo. Evolutivamente, el tallo encefálico (resaltado en color) es el «cerebro viejo», similar desde los peces hasta el ser humano. En los primeros vertebrados, el cerebro está representado por centros nerviosos relacionados con el olfato. En los anfibios y reptiles, se observa el desarrollo de los hemisferios cerebrales, más complejos en las aves y en los mamíferos.

Como el SNC tiene a su cargo el procesamiento de las informaciones recibidas y la elaboración de las respuestas adecuadas, es necesario que esté conectado con los receptores sensoriales, para recibir las informaciones provenientes del ambiente o del propio organismo, y con los órganos efectores, encargados de ejecutar la respuesta. Esta función está a cargo de los **nervios**, que, en su conjunto, forman el denominado **sistema nervioso periférico (SNP)**. Este, a su vez, se diferencia en: **somático (SNS)**, o de la vida de relación; y **autónomo (SNA)**, o de la vida vegetativa.

Clasificación funcional del sistema nervioso (SN)		
Sistema nervioso central (SNC)		Constituido por: el encéfalo y la médula espinal. Función: procesamiento de la información y elaboración de las respuestas.
Sistema nervioso periférico (SNP)	somático (SNS)	Constituido por: nervios que salen del encéfalo (craneales) y de la médula espinal (raquídeos). Función: conexión del SNC con el resto del cuerpo y el ambiente. Su acción es voluntaria y consciente.
	autónomo (SNA)	Constituido por: nervios y ganglios. Se distinguen dos sistemas: el simpático y el parasimpático. Función: conexión del SNC con las vísceras. Su acción es involuntaria e inconsciente.

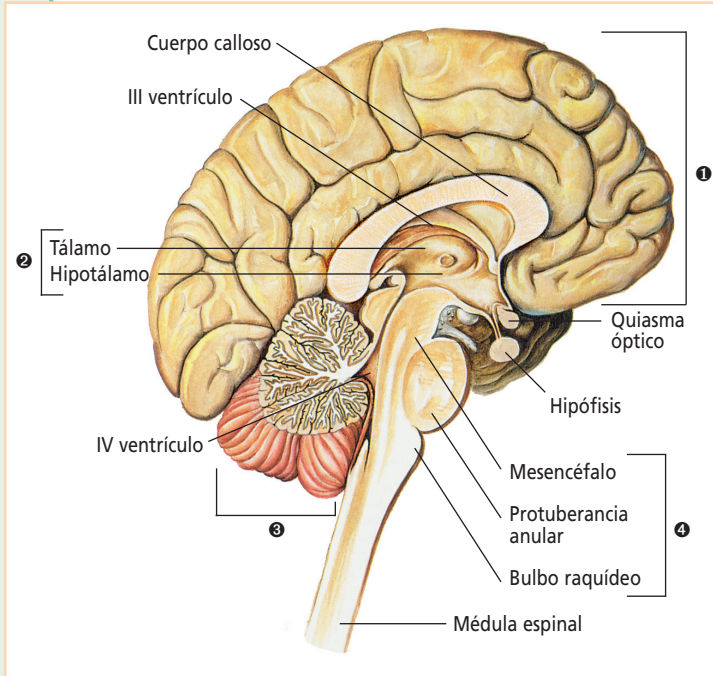
Estructura y funciones del SNC y el SNA

La capacidad de pensar y de contestar una pregunta, la creación de un cuadro, una pintura o una poesía y la respuesta a los cientos de estímulos del medio externo y el interno –de manera voluntaria o involuntaria– son controlados por el SNC.

El SNA, por su parte, es responsable de recibir la información sensorial (estímulos), de transmitirla al SNC y de enviar las respuestas a los órganos efectores. Todo esto es posible gracias a los nervios.

SNC: el encéfalo

Está constituido por el cerebro, el diencefalo, el cerebelo y el tallo encefálico.



❶ **Cerebro.** Es el mayor centro de control. Interpreta los estímulos sensoriales y coordina las respuestas (motoras); también es el encargado de las funciones emocional e intelectual. Es el centro nervioso de la conciencia y la voluntad.

❷ **Diencefalo.** En él se encuentran el tálamo y el hipotálamo.

Tálamo. Constituye un centro de relevo de casi todos los impulsos cerebrales sensitivos que se dirigen hacia la corteza cerebral, excepto los que llevan información olfatoria. Participa asimismo en la asociación de sentimientos y de movimientos relacionados con las emociones.

Hipotálamo. Regula las funciones tendientes a mantener el equilibrio interno, u homeostasis; por ejemplo, la temperatura y el balance hídrico. Controla el apetito y la saciedad, el comportamiento sexual y el afectivo y se relaciona con el estado de vigilia. Controla el funcionamiento de la principal glándula endócrina: la hipófisis.

❸ **Cerebelo.** Está ubicado debajo del cerebro, por detrás de la protuberancia y del bulbo. Se comunica con esos órganos por medio de los **pedúnculos cerebelosos**; consta de dos **hemisferios** y de un lóbulo medio (**vermis**), surcados por muchísimos pliegues. Regula los movimientos finos y coordinados (escribir, enhebrar una aguja, etc.), la postura corporal (recibe información de los propioceptores de los músculos y las articulaciones) y el equilibrio (recibe información del sistema vestibular del oído interno).

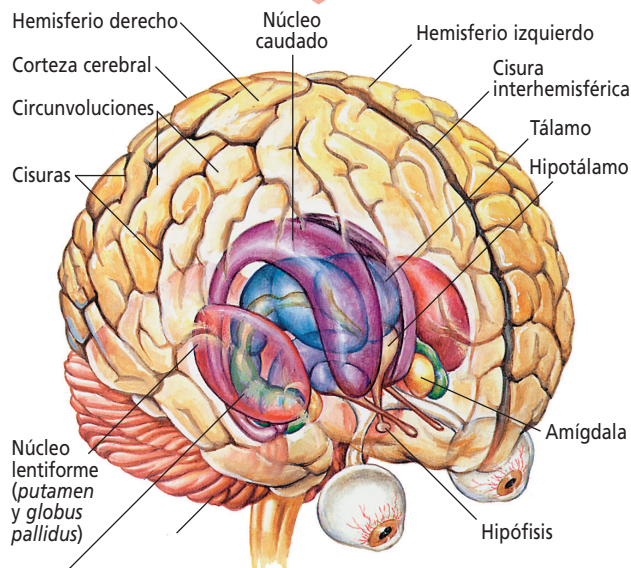
❹ **Tallo encefálico.** Controla funciones vitales para el organismo (recibe información de los interoceptores).

Mesencéfalo. A través de los **pedúnculos cerebrales**, transmite impulsos motores desde la corteza cerebral hacia la protuberancia y la médula espinal. Contiene centros encargados de dar respuestas motoras, centros reflejos y de control del movimiento de los ojos.

Protuberancia anular o puente de Varolio. Conecta e integra las distintas partes del encéfalo. Contiene los centros encargados de regular el ritmo respiratorio y otros centros que elaboran las respuestas reflejas.

Bulbo raquídeo. Porción inferior del tallo encefálico que se continúa con la médula espinal; en él se alojan diversos centros de control de la vida vegetativa, por ejemplo, los que regulan la presión arterial y las frecuencias respiratoria y cardíaca. El 80% de las fibras motoras que descienden desde la corteza cerebral se cruzan en el bulbo, lo que determina que la mitad derecha del cuerpo esté controlada por el hemisferio cerebral izquierdo, y viceversa.

Detalle del cerebro



Organización externa del cerebro

Peso: unos 1 400 g.

Volumen: entre 1 350 y 1 500 cm³.

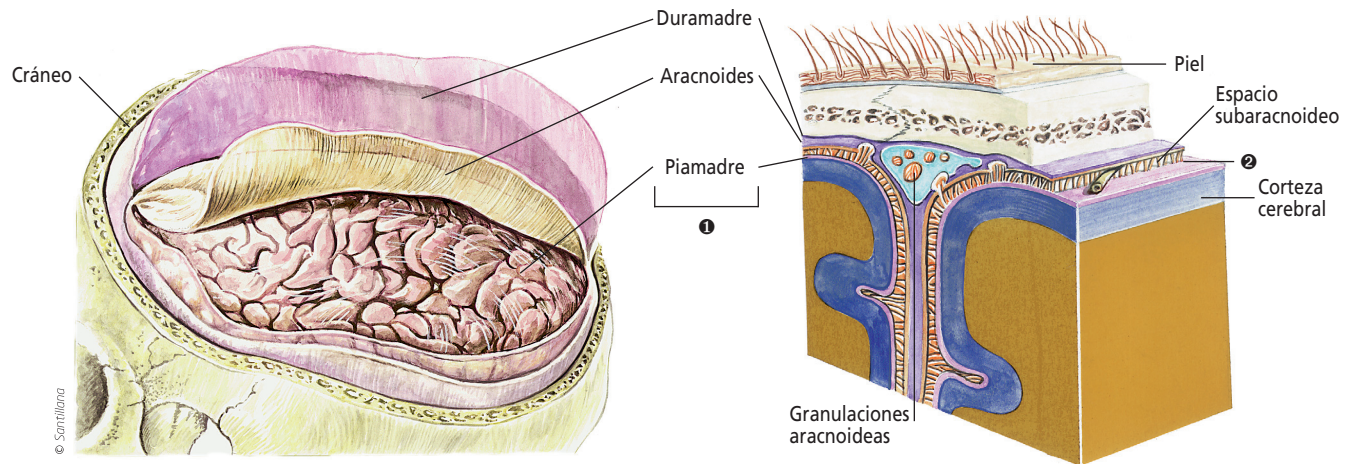
Presenta hendiduras profundas (o **cisuras**) y repliegues (o **circunvoluciones**) que aumentan la superficie cerebral. La **cisura interhemisférica** lo divide en dos mitades: el **hemisferio derecho** y el **hemisferio izquierdo**; ambos se conectan por el **cuerpo calloso**, que integra las funciones de cada mitad. Las cisuras delimitan cuatro **lóbulos**: frontal, parietal, temporal y occipital. La zona más externa del cerebro es la **corteza cerebral**, cuyo espesor oscila entre 1,5 y 4 mm. Sus funciones serán analizadas más adelante.

Organización interna del cerebro

Inmersos en la sustancia blanca, se hallan distintos **núcleos basales** de sustancia gris, como el **caudado** y el **lentiforme**, que participan en la planificación y la programación de los movimientos, especialmente los que se realizan de manera automática e inconsciente.

En el centro del cerebro se ubica el **sistema límbico**, un conjunto de estructuras, entre ellas el **hipocampo** y la **amígdala**, alrededor de la parte superior del diencefalo, que conecta el hipotálamo con la corteza cerebral y otras estructuras. Se relaciona con los impulsos, las emociones, el placer y el desagrado y también con la consolidación de la memoria.

Las meninges y el líquido cefalorraquídeo

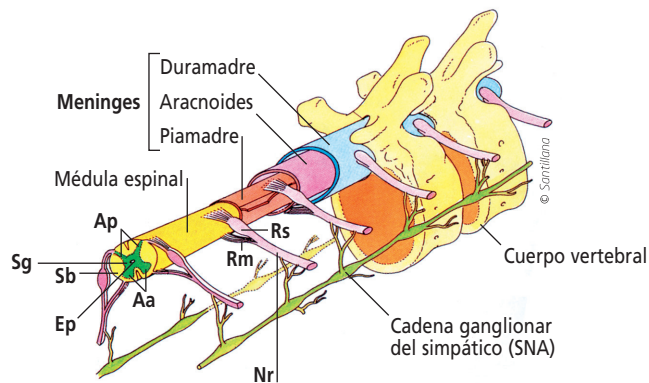


Además de los huesos, los órganos del SNC se hallan protegidos por un conjunto de membranas, las meninges, y por el líquido cefalorraquídeo.

❶ **Meninges.** Son tres capas de tejido que cubren todas las estructuras del SNC.
Duramadre. Se encuentra en contacto directo con los huesos del cráneo. En la médula, la duramadre está separada de la vértebra por el **espacio epidural**, y de la aracnoides por el **espacio subdural**.
Aracnoides. Capa delgada de tejido separada de la piamadre por el **espacio subaracnoideo**, por el cual circula el líquido cefalorraquídeo.
Piamadre. Se encuentra en contacto directo con el encéfalo y la médula espinal. Es muy delgada.

❷ **Líquido cefalorraquídeo.** Líquido transparente y alcalino semejante al plasma, cuya función es amortiguar los golpes, transportar algunas sustancias y participar en el intercambio de nutrientes. Rellena el espacio subaracnoideo y las cavidades denominadas **ventrículos**. Finalmente, se incorpora a la sangre a través de las **granulaciones aracnoideas**.

a) La médula espinal y los nervios raquídeos



Médula espinal. Estructura cilíndrica que se aloja dentro de la columna vertebral y se extiende desde el bulbo raquídeo hasta la segunda vértebra lumbar. El canal central, que contiene el líquido cefalorraquídeo, se denomina **conducto del epéndimo (Ep)**.

La sustancia gris (Sg), en forma de H, ocupa la región central e interna y contiene los cuerpos neuronales y las fibras amielínicas. De las **astas anteriores (Aa)** emergen las fibras anteriores de los **nervios raquídeos (Nr)** (motoras, que se dirigen hacia los órganos efectores); a las **astas posteriores (Ap)** llegan las fibras posteriores de los nervios raquídeos (sensitivas, que provienen de los receptores sensoriales). Cada uno de los nervios raquídeos (hay 31 pares) está formado, entonces, por dos ramas: una sensitiva o aferente (**Rs**) y otra motora o eferente (**Rm**), por lo que se trata de nervios **mixtos**.

La sustancia blanca (Sb), que ocupa la porción periférica, está compuesta por fibras mielínicas (motoras, sensitivas y de asociación), las cuales constituyen las **vías ascendente y descendente**, que conducen la información desde el encéfalo y hacia él.

La médula es, asimismo, un centro nervioso que coordina acciones reflejas (involuntarias).

b) El encéfalo y los nervios craneales

Par	Nombre	Función	Tipo
I	Olfatorio	Transmite información desde la mucosa olfatoria al cerebro.	Sensorial
II	Óptico	Transmite información desde la retina a los centros visuales.	Sensorial
III	Motor ocular común	Movimientos del ojo, acomodación del cristalino y diámetro pupilar.	Motor
IV	Patético o troclear	Movimientos del ojo.	Motor
V	Trigémino	Sensaciones faciales, masticación.	Mixto
VI	Abductor o motor ocular externo	Movimientos del ojo.	Motor
VII	Facial	Expresión facial, salivación y gusto.	Mixto
VIII	Vestibulococlear	Equilibrio y audición.	Sensorial
IX	Glossofaríngeo	Deglución, salivación, gusto.	Mixto
X	Vago o neumogástrico	Sensación y control visceral.	Mixto
XI	Espinal	Movimientos de la cabeza.	Motor
XII	Hipogloso mayor	Movimientos de la lengua: fonación, deglución, masticación.	Motor

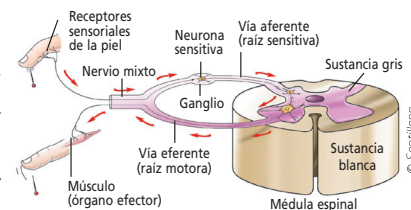
Los **nervios craneales** (hay 12 pares: tres sensoriales, cinco motores y cuatro mixtos) emergen de distintas zonas del encéfalo y se dirigen a los diversos órganos del cuerpo. Se designan con números romanos, que indican la secuencia con la que salen del encéfalo.

Acto reflejo: un ejemplo de la función nerviosa

Acciones tales como patear una pelota, caminar en una dirección determinada, escribir o conversar con nuestros amigos, las hacemos voluntariamente; es decir, desde la corteza cerebral parten impulsos nerviosos que, a través de los nervios, llegan hasta los órganos encargados de efectuar la acción deseada. Sin embargo, a veces respondemos a un estímulo en forma inmediata e involuntaria, sin la intervención del cerebro.

Por ejemplo, si apoyan sin querer la mano sobre una superficie puntiaguda, se produce un impulso nervioso que determina en forma automática un movimiento del brazo y del antebrazo para retirar la mano y no pincharse. Si bien en la situación descrita son conscientes de la acción realizada, esta se produce en forma involuntaria y se la denomina *acto reflejo*.

El recorrido que sigue el impulso nervioso de un acto reflejo desde la captación del estímulo hasta la ejecución de la respuesta se denomina **arco reflejo**.



Arco reflejo. La información es recibida por un receptor sensorial de nuestra piel, y de allí, el impulso se transmite por la rama sensitiva de un nervio raquídeo hasta la médula espinal. Las neuronas de la sustancia gris de la médula elaboran una respuesta, la cual llega a los músculos a través de la rama motora de un nervio y provoca las contracciones que permiten los movimientos adecuados (en este ejemplo, retirar la mano).

Funciones nerviosas complejas: el cerebro humano

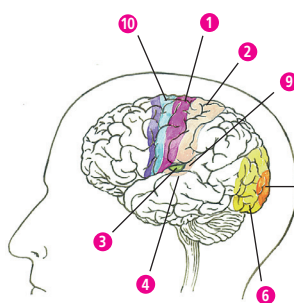
Muchos de los aspectos estructurales y fisiológicos del sistema nervioso humano son similares a los del resto de los vertebrados; sin embargo, el cerebro presenta notorias características diferenciales, las cuales son responsables de las capacidades que el ser humano tiene respecto de los animales.

A diferencia de los otros vertebrados, el cerebro de los mamíferos presenta un gran desarrollo de la corteza cerebral (**neopallio**). Esta cubierta de sustancia gris es el mejor centro de coordinación del organismo, como así también es responsable de lo que denominamos inteligencia y conciencia.

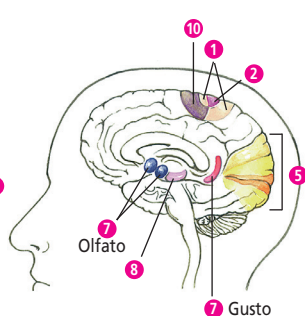
Los estudios realizados hasta el presente permitieron comprobar que las numerosas y complejas funciones que cumple la corteza cerebral son llevadas a cabo por regiones distintas e identificables: las **áreas corticales**. En términos generales, estas pueden agruparse en: **áreas sensoriales**, encargadas de interpretar los impulsos sensitivos que llegan al cerebro; **áreas motoras**, que controlan la actividad muscular; y **áreas de asociación**, que integran la información sensorial con la motora y se relacionan con los procesos emocionales e intelectuales.

Tc Trabajo cooperativo

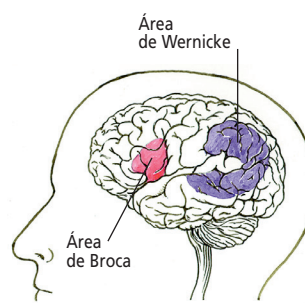
Formen parejas y diseñen una forma de demostrar cómo ocurre el arco reflejo.



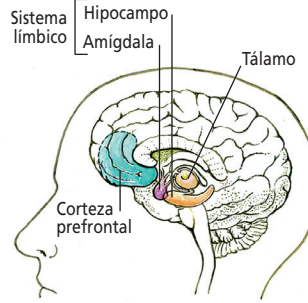
Cara externa



Cara interna



11 Áreas del lenguaje



12 Áreas del pensamiento abstracto y la memoria

- 1 **Área somatosensitiva.** Recibe las sensaciones de la piel, los músculos y las vísceras.
- 2 **Área somatopsíquica.** Integra e interpreta las sensaciones recibidas por el área somatosensitiva.
- 3 **Área auditiva.** Interpreta las características básicas de los estímulos sonoros.
- 4 **Área de asociación auditiva.** Interpreta y asocia en forma consciente los estímulos sonoros. A través de ella, se interpreta el lenguaje.
- 5 **Área visual.** Recibe los estímulos visuales e interpreta los colores, la forma y el movimiento de los objetos.
- 6 **Área de asociación visual.** Interpreta y asocia de manera consciente los estímulos visuales. Identifica y evalúa los objetos observados.
- 7 **Áreas del gusto y del olfato.** Reciben los estímulos gustativos y olfativos.
- 8 **Áreas de asociación del gusto y del olfato.** Interpretan los distintos sabores y olores.

- 9 **Área gnóstica.** Asocia e integra los estímulos provenientes de las distintas áreas y da origen a uno solo y general. Analiza las causas y las consecuencias de los hechos.
- 10 **Área de motricidad consciente y voluntaria.** Controla los movimientos musculares voluntarios.
- 11 **Áreas del lenguaje.** El **área de Broca** controla la capacidad de hablar y el **área de Wernicke** se relaciona con la comprensión del lenguaje.
- 12 **Áreas del pensamiento abstracto y la memoria.** En el lóbulo prefrontal se encuentran los centros de la reflexión y de la memoria reciente (de corto plazo, por ejemplo, la memorización de un número telefónico), de la interpretación de los cálculos matemáticos, el pensamiento abstracto, las leyes sociales y morales y el dolor afectivo. Las distintas estructuras del sistema límbico (hipocampo, amígdala) se asocian más bien con la memoria remota (evocación de un recuerdo).



Estructura y funciones del SNA

Los movimientos del intestino y el estómago no son voluntarios, de hecho ni siquiera tomamos conciencia del momento y de la intensidad con que ocurren. Estos y otros movimientos musculares de nuestras vísceras son coordinados por centros nerviosos y por nervios que funcionan independientemente de nuestra voluntad y forman el SNA.

El SNA se divide en **simpático** y **parasimpático**; estos actúan en la mayoría de los casos en forma antagónica: mientras uno estimula determinada función visceral, el otro tiene a cargo su inhibición.

El SNA, a través de sus divisiones simpática y parasimpática, responde de manera **involuntaria** a los estímulos provenientes del **medio interno** del organismo.

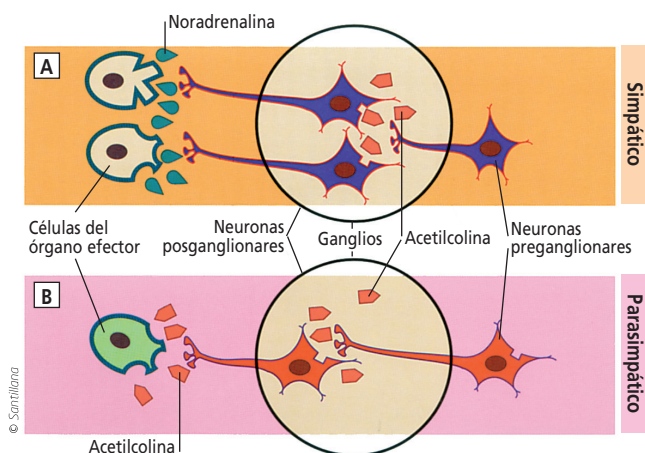
¿En qué se diferencian los nervios del SNA de los del SNS? Desde el punto de vista anatómico, las neuronas motoras del SNS son diferentes y están separadas de las del SNA, aunque a veces pueden estar incluidas en el mismo nervio. Mientras que los axones del SNS (que surgen del SNC) llegan directamente a los órganos efectores, los del SNA primero establecen sinapsis con las neuronas motoras que están ubicadas en los ganglios. Las neuronas que salen del SNC y llegan hasta los ganglios se denominan **preganglionares**; y las que llegan a los órganos efectores, **posganglionares**.

Glosario

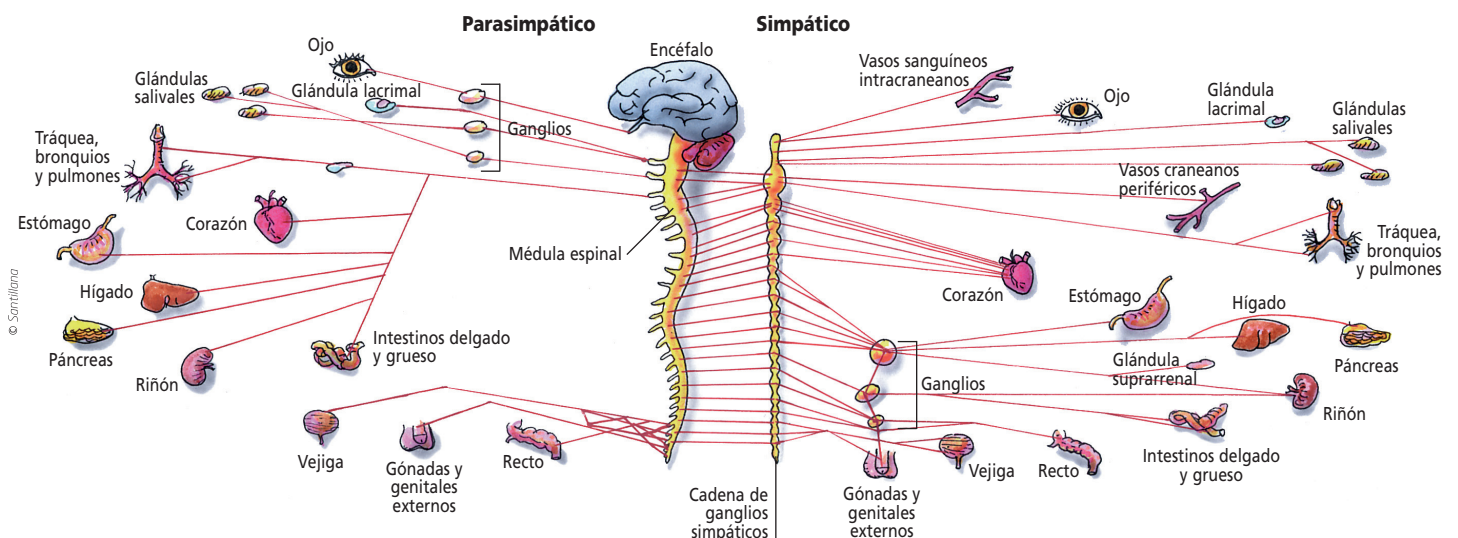
ganglio nervioso. Grupo de cuerpos neuronales situado fuera del sistema nervioso central.

Órganos	Simpático	Parasimpático
Corazón	Acelera el ritmo cardíaco	Modera el ritmo cardíaco
Vasos	Los contrae	Los dilata
Bronquios	Los dilata	Los contrae
Glándula salival	Salivación débil	Salivación abundante
Vejiga	La relaja	La contrae
Ojos	Dilata la pupila	Contrae la pupila
Intestino	Inhibe el peristaltismo	Estimula el peristaltismo

Comparación del efecto antagónico del simpático y del parasimpático sobre algunos órganos.



Diferencias entre los axones de los sistemas simpático y parasimpático. **A:** Las neuronas preganglionares del simpático tienen axones cortos, mientras que las posganglionares tienen axones largos y liberan noradrenalina; los ganglios en los que establecen sinapsis ambas neuronas se ubican cerca de la médula espinal. **B:** Las neuronas preganglionares del parasimpático tienen axones largos, mientras que las posganglionares tienen axones cortos y liberan acetilcolina; los ganglios en los que establecen sinapsis ambas neuronas se ubican cerca de los órganos efectores o en sus paredes.



Inervación del SNA en los distintos órganos del cuerpo.

¿Qué son y dónde se producen las hormonas?

Dentro de nuestro organismo, parte del alimento que ingerimos nos proporciona glucosa, el combustible que las células necesitan para realizar todas sus funciones. Como la glucosa no penetra fácilmente en los tejidos, interviene la insulina, la hormona que dirige la entrada de dicha molécula en los músculos y en el tejido adiposo.

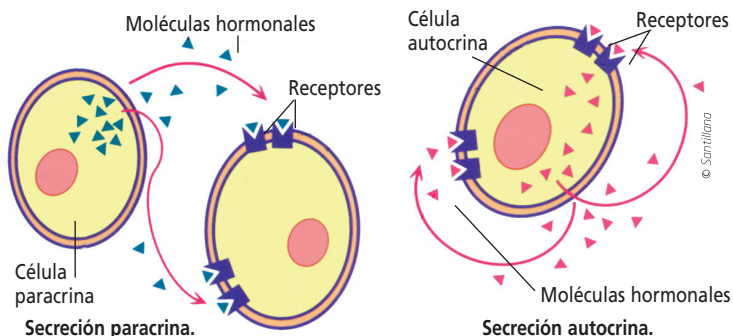
¿Pero qué son y cómo actúan las hormonas? Ernest Henry Starling (1866-1927), fisiólogo inglés, fue uno de los primeros científicos en confirmar la participación de ciertos **mensajeros químicos** en la regulación de diferentes funciones del organismo. Hoy sabemos que estas sustancias son las **hormonas**.

Las hormonas son mensajeros químicos que viajan por la sangre y se unen a ciertos **receptores específicos**, en la superficie o en el interior de las células de sus **órganos blanco** (denominados así por su analogía con un proyectil y su blanco). Los receptores funcionan como antenas en las células. Reciben los mensajes que llevan las hormonas y los traducen en respuestas. Por ejemplo, cambian el metabolismo y alteran nuestro aspecto y conducta.

En los vertebrados, las células del sistema endócrino forman **glándulas** que segregan sus productos directamente en la sangre, por lo que se las conoce como **glándulas de secreción interna** o **endócrinas**; por ejemplo, la glándula tiroides y la pineal.

Las hormonas, como secreciones endócrinas, son liberadas en el espacio intersticial y se difunden hacia el interior de algún vaso sanguíneo, el cual las transporta en la sangre. A diferencia de las secreciones exocrinas, que utilizan conductos especializados para llegar a su lugar de acción, las hormonas nunca pasan a través de un conducto.

Pero este no es el único mecanismo de secreción hormonal.

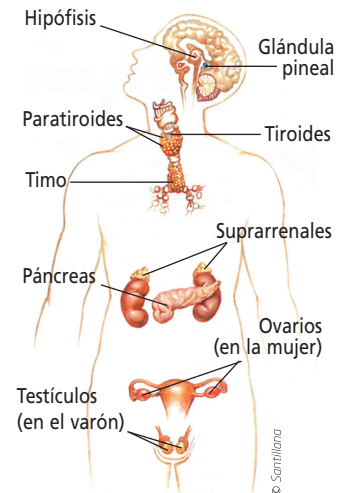
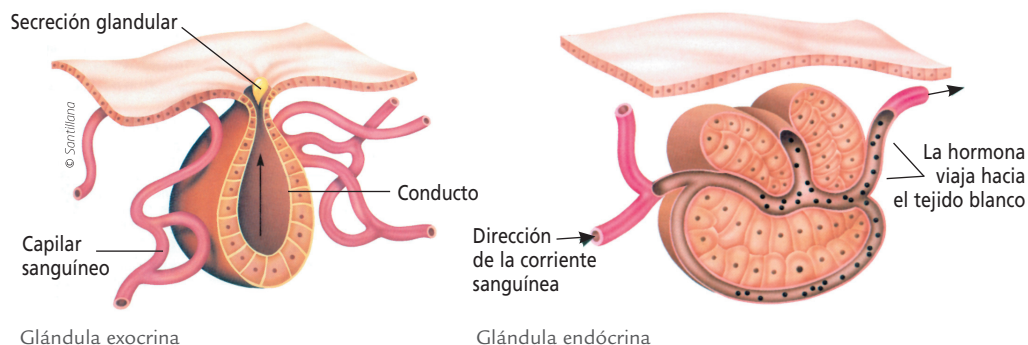


En algunos casos, la hormona se contacta muy fácilmente con las células blanco por la proximidad de estas con la glándula endócrina. A este tipo de secreción se la denomina paracrina.

En otros casos, la hormona actúa directamente sobre las propias células que la sintetizaron. Se dice, entonces, que la secreción es autocrina.

Se suele confundir, muchas veces, la secreción endócrina con la exocrina. Esta última es liberada desde las **glándulas de secreción externa** o **exocrinas**, como las sebáceas y sudoríparas o el hígado, las cuales no se asocian estrechamente a las redes capilares, sino que sus secreciones se liberan por los conductos hacia las superficies internas o externas del cuerpo.

Existen también casos más curiosos, como el páncreas, que posee los dos tipos de secreción y recibe el nombre de **glándula merocrina** o **mixta**.



Ubicación de las glándulas endócrinas en el cuerpo humano.

Glosario

hormona (del griego *hormón*, 'que impulsa'). Nombre dado a ciertos productos de la secreción de algunos órganos de los animales y vegetales, los cuales, transportados por la sangre o por la savia, excitan, inhiben o regulan la actividad de otros órganos o sistemas.

secreción (del latín *secretio*, 'separación'). Producción de ciertas sustancias por las glándulas.



Clasificación de las hormonas y mecanismos de acción

La cantidad de hormona que produce una glándula endócrina es, generalmente, pequeña y su concentración en la sangre suele ser muy baja. A su vez, las células de los órganos blanco reaccionan ante mínimas concentraciones de las hormonas específicas.

Desde el punto de vista químico, las hormonas son macromoléculas orgánicas, de tamaño y composición diferentes, que pueden estar formadas por:

- **Proteínas globulares** de elevado peso molecular; por ejemplo, la insulina.
- **Polipéptidos**, como la adrenocorticotrofina y la ocitocina.
- **Derivados de aminoácidos aromáticos**, por ejemplo, la tiroxina y otras hormonas tiroideas; y las catecolaminas, como la epinefrina o la adrenalina.
- **Esteroides**, moléculas derivadas del colesterol, como las gonadotróficas.

Un grupo especial de hormonas son las **prostaglandinas**, derivadas de ácidos grasos, que se diferencian del resto en que son producidas por todas las células del cuerpo y ejercen su efecto sobre las mismas células que generan (secreción autocrina).

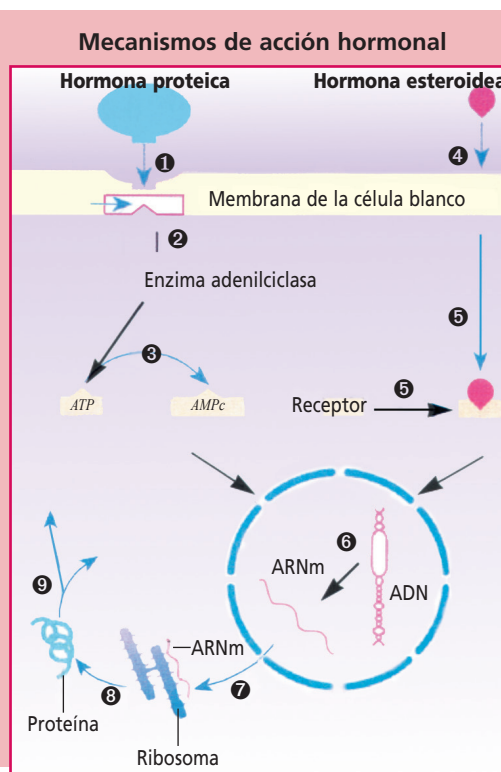
De acuerdo con su forma de acción, los mensajeros químicos pueden dividirse en dos grandes grupos: uno está integrado por las hormonas esteroideas; y el otro lo forman los compuestos proteínicos, los peptídicos y las catecolaminas.

- Las hormonas esteroideas, al ser **liposolubles** (solubles en lípidos y grasas), pueden atravesar la membrana de la célula y unirse a sus receptores en el interior de ella.
- Las hormonas proteínicas y las peptídicas, que son **hidrosolubles** (solubles en agua o líquidos acuosos, como el plasma sanguíneo o la linfa), en cambio, se unen a ciertos receptores específicos en la superficie de la célula blanco y ejercen su acción por medio de segundos mensajeros —como el **adenosín monofosfato cíclico (AMPc)**—, que se encuentran en el interior de las células.

Finalmente, las hormonas de la glándula tiroides o las catecolaminas, si bien son hidrosolubles, circulan ligadas a **proteínas transportadoras** del grupo de las albúminas (glucoproteínas insolubles en agua).

En cualquiera de los casos, el resultado final es la **activación** o **inhibición** de la síntesis de distintas proteínas, que actúan sobre el metabolismo de las células.

- 1 **Acoplamiento de la hormona a su receptor de membrana.** A causa de su gran tamaño, las hormonas proteicas no pueden entrar en la célula. Entonces, se acoplan o unen a un receptor específico de la membrana de la célula blanco.
- 2 **Activación de la enzima adenilciclase.** Dicha unión provoca una activación de esta enzima.
- 3 **Formación de AMPc.** El ATP se transforma en AMPc, el cual pasa por difusión a la célula, actúa sobre ella y se inicia la respuesta.



Investiga



Busca información en la siguiente página web: goo.gl/sclKQ del libro Biología de Curtis.

Con base en esa información, **elabora** un esquema que represente el mecanismo de acción hormonal mediante la retroalimentación.

Presenta tu esquema en clase.

- 4 **Difusión.** Las hormonas esteroideas pasan directamente al interior de las células blanco.
- 5 **Acoplamiento del receptor citoplasmático.** Las hormonas esteroideas o el AMPc (en el caso de las hormonas proteicas) se unen a las moléculas (receptores) que se encuentran en el citoplasma.
- 6 **Activación del ADN y formación del ARNm.** La respuesta se inicia cuando estos compuestos químicos entran en el núcleo celular y activan el ADN para que produzca el ARNm (ARN mensajero), necesario para la síntesis de proteínas.
- 7 **Acción del ARNm.** El ARNm sale al citoplasma y se une a los ribosomas.
- 8 **Síntesis de proteínas específicas.** La clase de proteína que se sintetiza determina la respuesta de la acción hormonal.
- 9 **Respuestas.** Las respuestas son variadas y pueden ser la síntesis de otras hormonas o enzimas, modificaciones en el metabolismo, etcétera.

Hipófisis e hipotálamo

Los vertebrados cuentan con una glándula del tamaño de una arveja, ubicada en la base del cerebro, sobre la cara superior del esfenoides (llamado **silla turca**). Esta es la **hipófisis**, glándula maestra que regula el funcionamiento de las restantes. Esta glándula endócrina está dividida en tres lóbulos.

Lóbulo anterior o adenohipófisis. Libera seis hormonas proteicas:

- La **hormona del crecimiento** o **somatotrofina (STH o HC)**, que promueve el crecimiento de los huesos y de todos los tejidos del cuerpo.
- La **adrenocorticotrofina (ACTH)**, que regula la actividad y el crecimiento de otra glándula: la corteza suprarrenal.
- La **tirotrofina (TSH)**, que estimula la producción y secreción de las hormonas de la glándula tiroides.
- Las **gonadotrofinas**, u hormona **folículo-estimulante (FSH)** y hormona **luteinizante (LH)**, que actúan sobre la estructura y la función de las gónadas.
- La **prolactina (LTH)**, que estimula la secreción de leche durante el embarazo y la lactancia.

Lóbulo intermedio. Libera —en peces, anfibios y reptiles— la **hormona estimulante del melanocito (MSH)**, que cambia el color de la piel. En el ser humano, su secreción es escasa y se cree que tiene una función similar a la de los restantes vertebrados.

Lóbulo posterior o neurohipófisis. No es una verdadera glándula, ya que no produce hormonas sino que almacena y libera algunas de las que se segregan en el hipotálamo.

- La **hormona antidiurética (HAD)** o **vasopresina**, que aumenta la reabsorción de agua en los riñones.
- La **ocitocina**, que se libera durante el parto para ayudar a la expulsión del feto y que también interviene en la lactancia, estimulando la secreción de leche.

Las neuronas del hipotálamo no se organizan en glándulas, pero igualmente tienen la capacidad de producir hormonas. Cabe aclarar que no debe confundirse el proceso de secreción interna con los de **neurosecreción** y **neurotransmisión**.

- **Neurosecreción.** Las hormonas producidas por el hipotálamo (**neurohormonas**) siguen una vía neuronal, se almacenan en la glándula hipófisis y, finalmente, pasan al torrente sanguíneo.
- **Neurotransmisión.** Las neuronas también sintetizan y liberan otro tipo de sustancias, como la acetilcolina y la adrenalina, que no son vertidas al torrente sanguíneo sino que pasan a otras neuronas. Estas se conocen como **neurotransmisores**.

El funcionamiento de la hipófisis es regulado por el hipotálamo a través de las neurohormonas, conocidas también como **factores liberadores** e **inhibidores**. Estos se acumulan en la neurohipófisis y ejercen su acción sobre la adenohipófisis.

Glosario

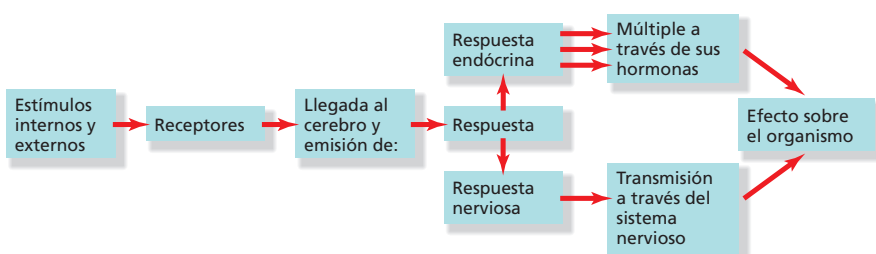
Endocrinología (del griego *endo*, ‘dentro’; y *krino*, ‘separar’). Rama de la Fisiología que estudia las glándulas y sus secreciones, las hormonas, así como las enfermedades que afectan al sistema endócrino. Generalmente, estas enfermedades se relacionan con una mayor secreción (hipersecreción) o una menor secreción (hiposecreción) de las hormonas.

Investiga

Investiguen: ¿Qué efectos producen en la adenohipófisis los factores liberadores e inhibidores?

El sistema nervioso y el endócrino son, en última instancia, los responsables de la integración y coordinación de todas las funciones del organismo.

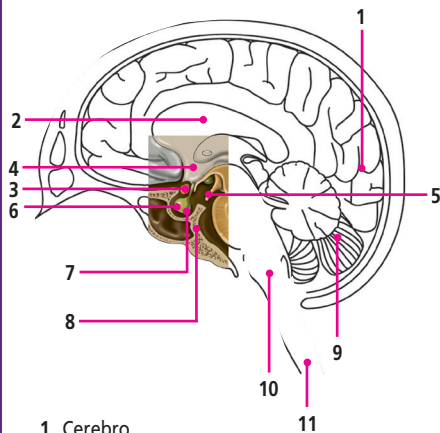
El sistema nervioso actúa **velozmente**, enviando mensajes químicos y eléctricos a través de los nervios. Sus efectos son de **corta duración** y son muy útiles para realizar ajustes rápidos. El sistema endócrino, en cambio, tiene un *modus operandi* diferente: trabaja liberando las hormonas en el torrente sanguíneo. Sus efectos **tardan más tiempo** en manifestarse (puede llevar horas e incluso días), pero son **más duraderos** que aquellos producidos por los nervios.



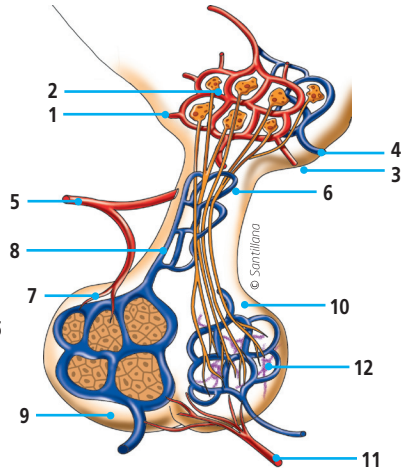
Regulación neuroendócrina

Los sistemas nervioso y endócrino se relacionan de manera muy estrecha para regular y coordinar múltiples funciones.

La glándula hipófisis y el hipotálamo



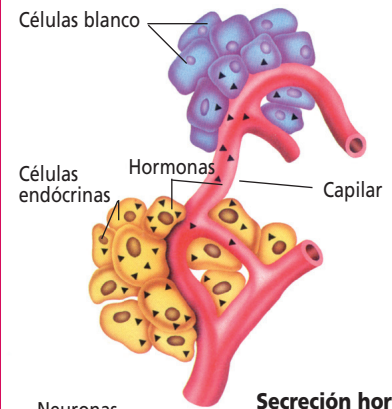
1. Cerebro
2. Cuerpo calloso
3. Quiasma óptico
4. Hipotálamo
5. Tallo pituitario
6. Adenohipófisis
7. Neurohipófisis
8. Silla turca (hueso esfenoides)
9. Cerebelo
10. Bulbo raquídeo
11. Médula espinal



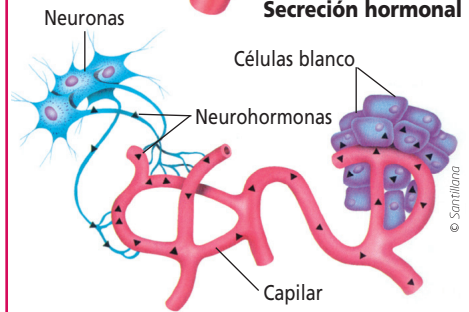
Detalle de la hipófisis y el hipotálamo

1. Hipotálamo
2. Células neurosecretoras
3. Arteria hipotalámica
4. Vena hipotalámica
5. Arteria hipofisaria superior
6. Sistema venoso portal hipotalámico-hipofisario (circulación de factores liberadores e inhibidores)
7. Capilares
8. Tallo pituitario
9. Adenohipófisis (lóbulo anterior)
10. Neurohipófisis (lóbulo posterior)
11. Arteria hipofisaria inferior
12. Capilares

Hormonas y neurohormonas



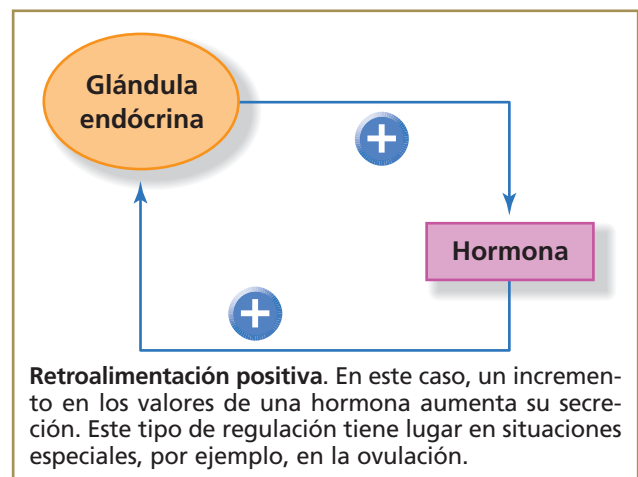
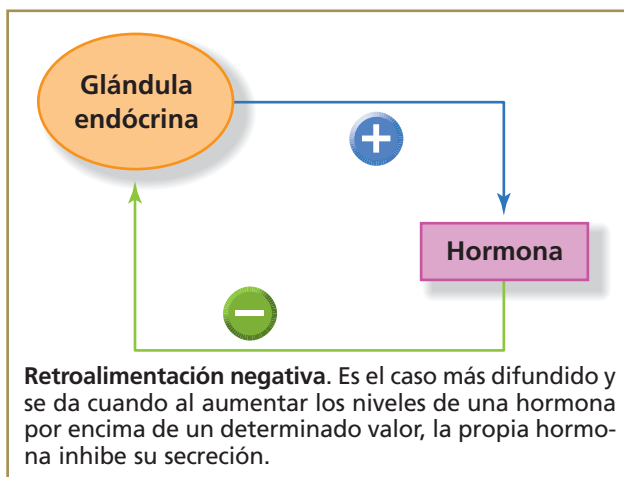
Secreción hormonal



Secreción neurohormonal

Control de la secreción hormonal

Los niveles de hormonas circulantes están estrictamente regulados. Un método de control muy eficaz y ampliamente utilizado es el de la **retroalimentación** o **feedback**.



Tiroides y paratiroides

Desde la década de 1950, se viene haciendo hincapié en que el yodo es necesario en la dieta para un adecuado funcionamiento de la glándula tiroides. Cuando se suprime el yodo —afirman los especialistas—, se produce un gran desarrollo de esta glándula, conocido como **bocio**. ¿Pero cómo se relaciona el yodo con la tiroides?

La glándula **tiroides** tiene forma de mariposa y está ubicada en la parte anterior del cuello, por delante de la tráquea. Segrega tres hormonas: la calcitonina, la tiroxina y la triyodotironina.

- **Calcitonina.** Su principal función es regular el nivel de calcio en la sangre (**calcemia**). Se libera cuando aumentan los niveles de calcio y favorece el depósito de este ion en los huesos.
- **Tiroxina o tetrayodotironina (T_4) y triyodotironina (T_3).** Derivan del aminoácido tirosina y son las únicas sustancias yodadas importantes para el organismo. Intervienen en el crecimiento y, además, aceleran el metabolismo de las células. En consecuencia, producen un incremento del calor corporal. Esta función es crucial para la adaptación de los animales y de los bebés humanos a los cambios de la temperatura ambiental.

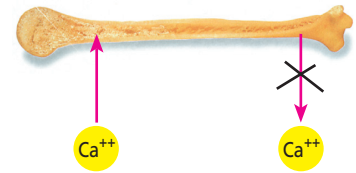
Las **paratiroides** son cuatro pequeñas glándulas ubicadas sobre la tiroides. Todas secretan una única hormona, la **parathormona**. Esta, al igual que la calcitonina, interviene en la regulación de la calcemia pero con un efecto opuesto: estimula la liberación del calcio depositado en los huesos y promueve su absorción en el intestino y los riñones.

Glándula pineal

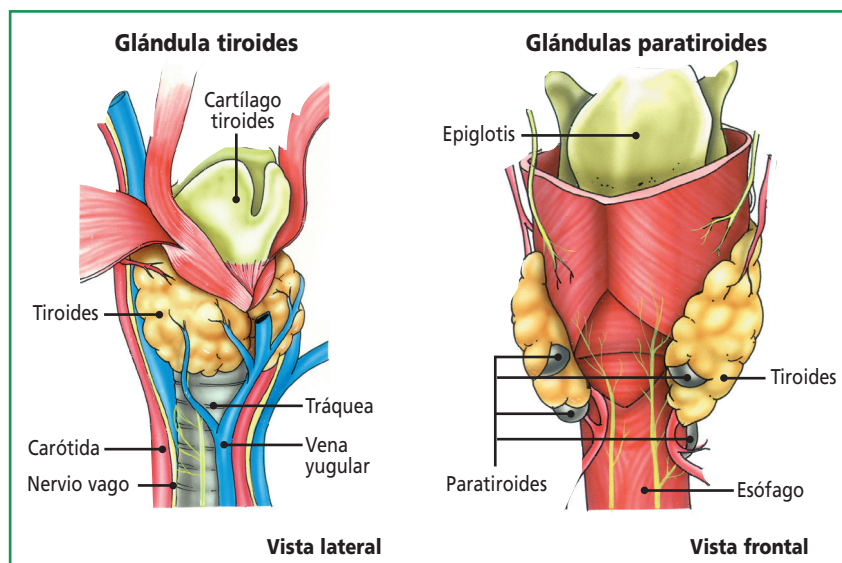
El libro *El tercer ojo*, de Lobsang Rampa, trata acerca del control que ejerce un supuesto órgano, que permite el dominio del mundo que nos rodea. Este órgano existe, está bien desarrollado en algunos reptiles y su secreción también está presente en el ser humano.

El órgano del que estamos hablando es la **glándula pineal** o **epífisis**, pequeño lóbulo del encéfalo que segrega una única hormona: la **melatonina**. Hoy sabemos que la melatonina actúa como una especie de reloj interno del organismo, que coordina las funciones con los ciclos de luz-oscuridad del ambiente.

En los peces, anfibios y reptiles, la glándula pineal contiene células fotosensibles (un verdadero tercer ojo), capaces de captar luz, y puede influir en el cambio de color de la piel y actuar en sus ritmos biológicos.



La calcitonina promueve el depósito de calcio en los huesos e inhibe la resorción ósea (pérdida de calcio).

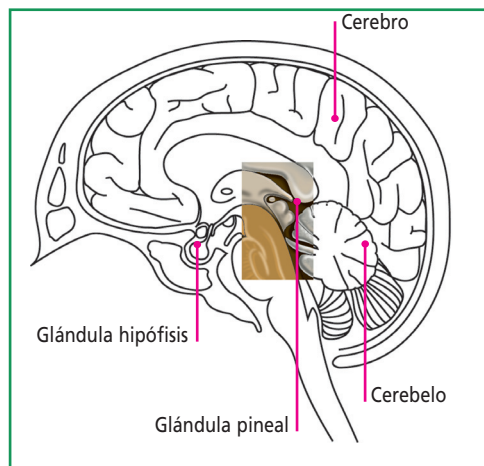


© Santilana

Ti Trabajo individual

Existe una tercera hormona proveniente del riñón, el calcitriol; al igual que la parathormona, aumenta la calcemia. Es decir que existen tres hormonas encargadas de mantener, dentro de un cierto rango, los valores del calcio. **Busca** información y **responde**.

¿Por qué resulta tan importante que el nivel del calcio se mantenga casi invariable? ¿Cuál es la función de este ion en el organismo?



Ubicación de la glándula pineal.

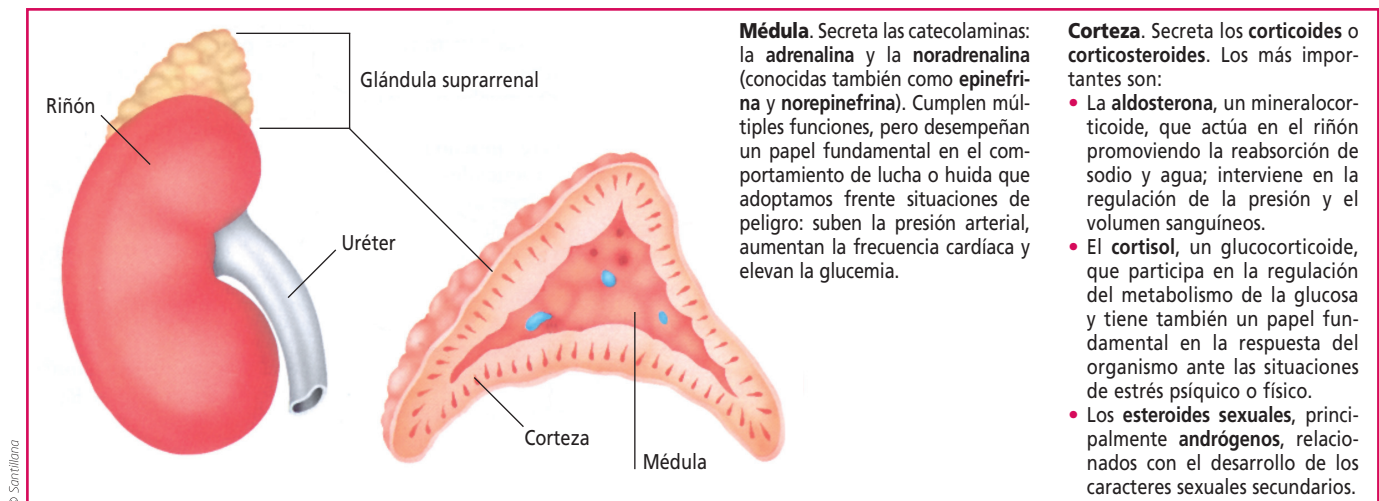
© Santilana



Glándulas suprarrenales

Imaginen una gacela que advierte la presencia de una leona hambrienta. Seguramente, su reacción sea huir. Pero ese esfuerzo físico demanda un mayor flujo de sangre en los músculos de sus patas, para lo cual la frecuencia cardíaca debe aumentar y los vasos sanguíneos que se dirigen a las extremidades y al corazón deben dilatarse, para asegurar una adecuada distribución de la sangre.

Estos efectos se logran por la acción de las **catecolaminas**, hormonas secretadas por las **glándulas suprarrenales** o **adrenales**. Estas glándulas se hallan ubicadas una sobre cada riñón. En cada una se pueden distinguir dos zonas bien diferenciadas, una interna (la **médula**) y otra externa (la **corteza**), que secretan hormonas distintas.



Gónadas

Las gónadas son glándulas mixtas: su secreción externa está representada por los gametos (óvulos y espermatozoides), y su secreción interna, por las siguientes hormonas.

- Los **andrógenos** (fundamentalmente la **testosterona**), producidos en las células intersticiales o de Leydig de los testículos, que actúan en el desarrollo de los caracteres sexuales secundarios (tienen un papel crucial en la diferenciación del aparato genital del feto: si están presentes, se desarrollan los órganos sexuales masculinos; si no lo están, los genitales femeninos).
- Los **estrógenos** (**estradiol**, **estrona** y **estriol**) y la **progesterona**, que actúan en la maduración del óvulo y en la proliferación de la mucosa uterina.

Si bien son esteroides, las hormonas sexuales no pertenecen al sistema hipofisario-suprarrenal.

L Lección

Explica la relación que existe entre la glándula hipófisis y los testículos y ovarios.

FUE NOTICIA

Premio Nobel al descubrimiento de las hormonas sexuales

Sucedió en Estocolmo (Suecia), 1939...

El Premio Nobel de Química fue concedido al químico alemán Adolf Butenandt por sus importantes aportes a la Endocrinología, fundamentalmente, al estudio de las hormonas sexuales.

En 1929, Butenandt aisló una hormona sexual femenina, a la que se le dio el nombre de **estrona**, por la palabra griega *oistrós*, que significa pasión. Dos años más tarde, obtuvo una pequeña cantidad de una hormona masculina, a la que llamó **androsterona**. Y, finalmente, en 1934, aisló una tercera hormona sexual: la **progesterona**.

G Glosario

glucocorticoide. Corticoide relacionado con el metabolismo de los glúcidos, u orgánico.

mineralocorticoide. Corticoide relacionado con el metabolismo mineral, o inorgánico.

Páncreas endócrino

Una producción irregular de distintas hormonas (ausencia o exceso) puede ocasionar serios trastornos para la salud. Por ejemplo, cuando el organismo no puede producir insulina, que es la hormona encargada de vehicular la glucosa a las células, esta se acumula en el plasma sanguíneo, provocando un aumento de la glucemia y, con ello, la **diabetes mellitus tipo 1**. La insulina se produce en el páncreas, una glándula localizada detrás y debajo del estómago, con dos sectores de células diferenciadas:

- Las que cumplen la función exocrina vierten su secreción (el jugo pancreático) en el intestino delgado.
- Otras células, que forman los **islotes de Langerhans**, cumplen una función endócrina, secretan las hormonas insulina, glucagón y somatostatina.

Insulina y glucagón. Son muy importantes para la regulación de la **glucemia**, término que define la concentración de glucosa en la sangre.

- La insulina facilita la entrada de la glucosa en las células; estimula su transporte hacia las células hepáticas, musculares y adiposas; interviene en el metabolismo de los hidratos de carbono, lípidos y proteínas; y contribuye a la formación de glucógeno en el hígado (**glucogenogénesis**). La insulina disminuye la glucemia.
- El glucagón tiene el efecto contrario: estimula la ruptura de la molécula de glucógeno —por lo que se liberan moléculas de glucosa en la sangre— y estimula la síntesis de glucosa en el hígado (**gluconeogénesis**). El glucagón aumenta la glucemia.

Somatostatina. Interviene indirectamente en la regulación de la glucemia, ya que inhibe la secreción de insulina y glucagón.

Otros órganos con función endócrina en los vertebrados

Timo. Es un órgano con importante actividad endócrina, localizado en la región superior del tórax, por detrás del esternón y por delante de la tráquea. Esta glándula es grande en los niños y se atrofia en la pubertad. Se detectó en ella la hormona **timosina**, que ayuda a la activación de los linfocitos T.

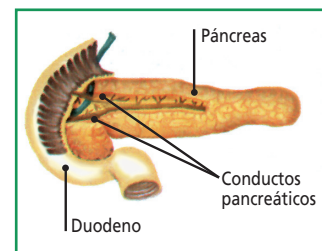
Órganos del sistema digestivo. Existe en el tubo digestivo un **sistema endócrino difuso**, constituido por células que no se organizan en glándulas.

- Las **células G** están ubicadas en la mucosa del estómago y segregan la hormona **gastrina**, que estimula la liberación de ácido clorhídrico (HCl).
- Las **células S** forman parte del intestino delgado y sintetizan la hormona **secretina**, que estimula la secreción de bicarbonato pancreático, con el que se neutraliza el pH estomacal.
- Las **células CCK**, ubicadas en las paredes del duodeno, secretan **colecistoquina**, hormona que induce la contracción de la vesícula biliar y la secreción de bilis.

Riñón. Sintetiza, entre otras hormonas, la **eritropoyetina**, que participa en la formación de eritrocitos.

Corazón. Se ha descubierto la capacidad del corazón para producir una sustancia que regula la presión sanguínea: el **factor natriurético**.

Placenta. Es un importante órgano endócrino efímero, presente en la mayoría de los mamíferos durante la gestación, con excepción de los marsupiales y los monotremas. Es responsable de la producción de estrógenos y progesterona.



Ubicación del páncreas.

T Tarea

¿Crees que han sido descubiertas todas las hormonas y glándulas endócrinas? ¿Qué procedimiento idearías para demostrar que algunas células secretan hormonas? **Explica.**



Hormonas y feromonas de los invertebrados

Algunas orquídeas mantienen una sorprendente relación interespecífica con sus polinizadores, las abejas y las avispas. Recibieron el nombre de *orquídeas miméticas* porque se parecen tanto a las hembras de los insectos polinizadores que estos las confunden, a tal punto que intentan la cópula. Pero estas plantas segregan, además, sustancias químicas de estructura similar a las feromonas sexuales de los insectos.

Las **feromonas** (del griego *pherein*, 'llevar'; y *hormaien*, 'excitar') son hormonas producidas por un individuo, que inducen un determinado comportamiento o respuesta en otros de la misma especie.

Mientras que los sistemas nervioso y endócrino coordinan el comportamiento y el desarrollo de un individuo, las feromonas regulan estos mismos procesos pero en un nivel superior: el de las relaciones intraespecíficas.

Además de las feromonas, los invertebrados presentan hormonas de acción típica, que son transportadas en la linfa hacia los órganos blanco. El estudio hormonal de los invertebrados se inició con la comprensión de los procesos de muda y de metamorfosis en los insectos. Hoy se sabe que ambos procesos son regulados por la interacción de tres hormonas: la **hormona cerebral**, la **ecdisona** (hormona de la muda) y la **hormona juvenil**.

Hormonas vegetales

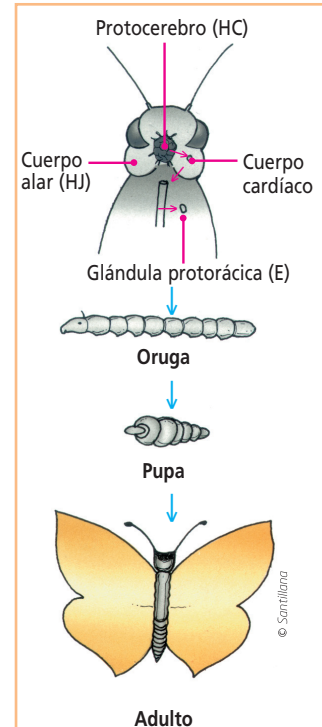
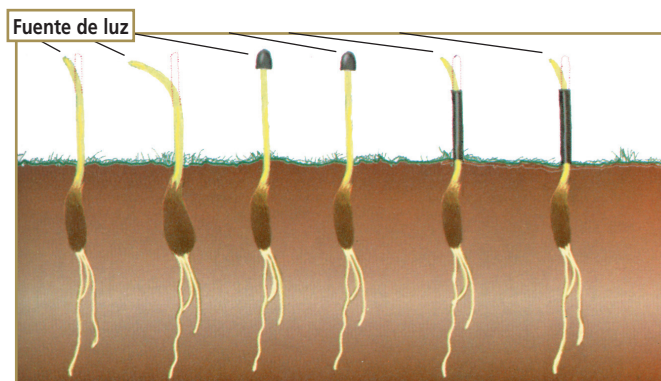
Aproximadamente en el año 1840, Darwin realizó el siguiente experimento: sembró semillas de avena y, cuando crecieron las plántulas, tapó el ápice de algunas, a otras las cubrió totalmente, salvo el ápice y las raíces, y a las restantes las dejó libres.

Cuando las iluminó lateralmente, las plántulas tapadas en el ápice seguían creciendo hacia arriba; en cambio, las que estaban totalmente cubiertas crecían hacia la luz, al igual que las plántulas libres. ¿A qué creen que se debe esta diferencia en el crecimiento?

Al igual que los animales, las especies vegetales también cuentan con hormonas (**fitohormonas**) que regulan y coordinan las funciones del organismo.

Las fitohormonas se producen principalmente en los meristemas apicales, los cuales constituyen los tejidos de crecimiento de raíces y tallos. Las principales son:

- Las **auxinas**, que regulan el crecimiento longitudinal de la planta (en bajas concentraciones lo estimulan, y en altas cantidades, lo inhiben) y determinan el fototropismo positivo y el geotropismo negativo del tallo.
- Las **citocininas** (presentes en las raíces, los frutos y las semillas en germinación), que aceleran la división celular y favorecen la diferenciación.
- Las **giberelinas**, que también aceleran la división y diferenciación celulares y, además, inducen la germinación de las semillas y promueven la floración y fructificación tempranas.
- El **etileno**, una sustancia volátil que acelera la maduración de los frutos.
- El **ácido abscísico**, que en épocas desfavorables induce el estado de letargo de las semillas, estimula el cierre de los estomas y la caída de las hojas (*abscisión*: del latín *abscissio*, 'cortadura, división').



HC: hormona cerebral →
E: ecdisona →
HJ: hormona juvenil

Hormonas y órganos endocrinos en los insectos. La hormona cerebral es secretada por neuronas del protocerebro del insecto: se vierte en los cuerpos cardíacos y, por la vía sanguínea, llega hasta la glándula protorácica. Allí, estimula la secreción de ecdisona, hormona que determina la muda del esqueleto. La hormona juvenil es secretada por los cuerpos alares; su función es mantener al insecto en estado larvario. Se deja de producir HJ para permitir a la ecdisona promover la formación de la pupa.

Tc Trabajo cooperativo

Compren cuatro bananas verdes y **realicen** el siguiente experimento. **Pongan** dos en una bolsita de plástico (polietileno) y **dejen** las otras sin tapar. **Dejen** pasar dos días y **obsérvenlas**. ¿Cuáles maduraron más rápidamente? ¿Por qué?

Comprende la estructura y el funcionamiento del sistema nervioso.

1. Selecciona la o las alternativas correctas para las siguientes preguntas.

- I.** El SNC está formado por:
 - a. el encéfalo.
 - b. los músculos esqueléticos.
 - c. la médula espinal.
 - d. los nervios craneales y raquídeos.
- II.** La conducción saltatoria del impulso nervioso presenta más ventajas que la continua, porque...
 - a. la neurona ahorra energía.
 - b. el impulso viaja a mayor velocidad.
 - c. no requiere neurotransmisores en la sinapsis.
- III.** En relación con las neuronas, es correcto afirmar que...
 - a. en general están formadas por un soma, las dendritas y un axón.
 - b. todas tienen una vaina de mielina sobre sus axones.
 - c. son células excitables, capaces de responder a estímulos.
 - d. solo establecen contacto con otras neuronas.
- VI.** El sistema nervioso simpático, a diferencia del parasimpático...
 - a. genera respuestas más lentas.
 - b. responde a estímulos del medio interno.
 - c. estimula los órganos que inerva.
 - d. libera acetilcolina en sus neuronas posganglionares.

Reconoce el trayecto de la respuesta ante un estímulo.

2. Lee atentamente el siguiente texto y **responde** luego las preguntas.

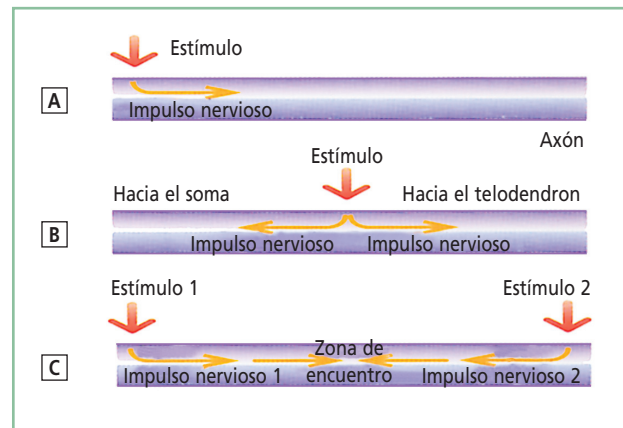
Luego de comer una hamburguesa, Juan emprendió su caminata de regreso a su casa. Antes de llegar, decidió descansar unos minutos y se sentó en un banco de la plaza por la cual transitaba. En su camino, tuvo que esquivar ágilmente unos charcos de agua que habían quedado de la lluvia del día anterior. Una vez junto al banco, realizó los movimientos para sentarse rápidamente, pero al apoyar su cuerpo sintió en él un pinchazo y, automáticamente, se puso de pie.

- a. ¿De qué estructura partió el impulso nervioso para que Juan pudiese caminar hasta el banco?
- b. ¿Que estructuras u órganos del SN recorrió el impulso nervioso mencionado en a) desde el lugar de origen hasta los músculos?
- c. ¿Qué órgano del encéfalo coordinó los movimientos precisos y el equilibrio que tuvo que hacer Juan para esquivar los charcos de agua?

- d. El acto de levantarse automáticamente del banco al sentir el pinchazo, ¿fue voluntario? ¿A qué tipo de respuesta nerviosa corresponde? ¿Qué estructuras u órganos nerviosos intervinieron en ella?

Interpreta y describe cómo ocurre la sinapsis.

3. En la transmisión del impulso nervioso, durante el tiempo en que la membrana restablece su polaridad inicial (repolarización) y las cantidades relativas de los iones sodio y potasio en el interior y en el exterior de las células, la neurona es incapaz de generar y conducir un nuevo impulso. Esta situación se denomina **período refractario**, y dura un lapso muy breve. Debido a esto, **el impulso nervioso se mueve en una dirección (A)**: el segmento del axón situado detrás del potencial de acción, al hallarse en el período refractario, no abre sus canales de Na^+ , por lo que dicho potencial no puede retroceder.



Responde las preguntas.

- a. Si se estimula un axón en su parte media, **el impulso nervioso viaja en dos direcciones (B)**: hacia el soma y hacia el telodendron. El impulso que se dirige hacia el soma se pierde, ya que no puede pasar a través de sus dendritas hasta otra neurona; en cambio, el que se dirige hacia el telodendron puede pasar a la neurona siguiente por medio de la sinapsis. ¿Por qué ocurre esto? ¿Qué características que no tienen las dendritas sí las tiene el telodendron para hacer sinapsis?
- b. Si se aplica un estímulo sobre cada extremo de un axón, se generan potenciales de acción que viajan hasta encontrarse en algún momento (C). A partir de ese encuentro, ¿pueden seguir avanzando? ¿Por qué?
- c. **Justifica** la siguiente afirmación: «La sinapsis determina la unidireccionalidad de la propagación del impulso nervioso».

Comprende la estructura y función del sistema endócrino.

4. Elijan la o las opciones correctas de las siguientes selecciones múltiples.

I. Las hormonas:

- a. poseen una amplia variedad estructural.
- b. actúan en bajísimas concentraciones.
- c. poseen todas ellas actividad estimulante.
- d. son rápidamente degradadas.
- e. viajan a través del torrente sanguíneo.

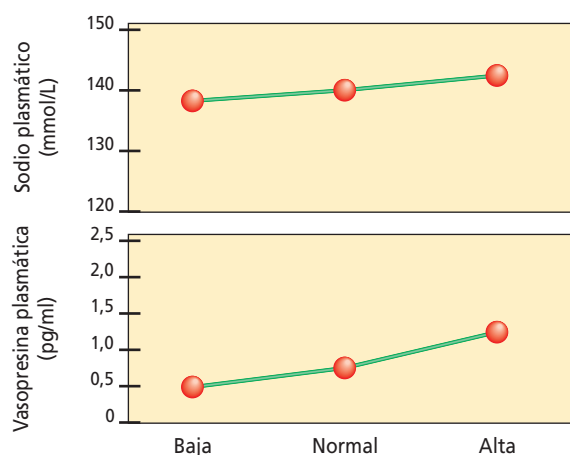
II. Las glándulas endócrinas y las exocrinas se diferencian en que:

- a. las endócrinas tienen un conducto que les permite transportar la hormona hasta la sangre.
- b. las endócrinas son, generalmente, de menor tamaño que las exocrinas.
- c. las endócrinas se encuentran muy irrigadas.
- d. las exocrinas son reguladas por mecanismos de retroalimentación.
- e. Ninguna de las anteriores.

III. Se le administra insulina a un paciente diabético y no se produce una disminución de los niveles de glucosa en la sangre. ¿Cuál sería la explicación más probable del hecho?

- a. La hormona administrada disminuye la secreción endógena de insulina.
- b. La hormona administrada está inactiva.
- c. Hay una alteración en los receptores hormonales de las células blanco.
- d. No se consideró la secreción de glucagón.
- e. Ninguna de las anteriores.

IV. Los gráficos muestran los niveles sanguíneos de sodio y la concentración de vasopresina, en respuesta a tres condiciones de ingesta de sodio (baja, normal o alta).



¿Cuál de las siguientes afirmaciones se deduce de la interpretación de los gráficos?

- a. La restricción de sodio en la dieta incrementa la secreción de vasopresina y reduce los niveles plasmáticos del ion.

- b. La ingesta de grandes cantidades de sodio aumenta la secreción de vasopresina para mantener la homeostasis del ion.
- c. La ingesta normal de sodio no afecta la secreción de vasopresina ni los niveles plasmáticos del ion.
- d. a y c.
- e. b y c.

V. Un joven científico sospecha que cierto órgano no vital tiene actividad endócrina. Para evaluar esta hipótesis, realiza una serie de experimentos con animales. ¿Cuál de ellos demuestra más claramente la actividad endócrina del órgano en cuestión?

- a. Observa si el órgano en cuestión se encuentra muy irrigado.
- b. Extirpa el órgano y analiza las consecuencias de su ausencia en el organismo.
- c. Extirpa el órgano en cuestión y suministra por vía endovenosa un extracto del mismo proveniente de otro animal sano.
- d. a y b.
- e. Todas las anteriores.

Identifica las funciones de las hormonas.

5. Determina si las siguientes afirmaciones son verdaderas o falsas y **justifica** tu elección.

- a. La diabetes se produce por un exceso de insulina.
- b. El hipotálamo es una glándula endócrina.
- c. Los receptores para las hormonas pueden estar en la membrana o en el interior de las células blanco.
- d. El sistema nervioso, solo funciona con neurotransmisores.
- e. Las glándulas exocrinas vierten sus productos en la sangre.

6. Relaciona los enunciados. **Utiliza** tu cuaderno.

- | | |
|-------------------------------------|---|
| • Tirotrófina | • Interviene en el cambio de color de la piel. |
| • Calcitonina | • Estimula la secreción de leche. |
| • Prolactina | • Regula la glucemia. |
| • Testosterona | • Actúa en las situaciones de estrés. |
| • Vasopresina | • Promueve la reabsorción de sodio. |
| • Cortisol | • Estimula la secreción de las hormonas tiroideas. |
| • Oxitocina | • Ayuda a la expulsión del feto. |
| • Adrenalina | • Regula la calcemia. |
| • Aldosterona | • Aumenta la reabsorción de agua. |
| • Hormona estimulante del melancito | • Interviene en el desarrollo de los caracteres sexuales secundarios. |

1. El mal de Parkinson, caracterizado por temblores y debilidad muscular, está asociado con una disminución de la cantidad de neuronas productoras de **dopamina**. Este neurotransmisor, relacionado con la función motora, es sintetizado por neuronas del sistema límbico, la corteza cerebral, los ganglios y el hipotálamo.

Investiguen dónde se sintetizan y con qué funciones se relacionan los siguientes neurotransmisores:

- | | |
|-----------------|---------------|
| a GABA | e Adrenalina |
| b Epinefrina | f Glutamato |
| c Acetilcolina | g Encefalina |
| d Noradrenalina | h Sustancia P |

2. Reúnanse en equipos y **seleccionen** alguna de las enfermedades del SN que figuran a continuación. Luego, **busquen** información acerca de los agentes causales de esa enfermedad, sus características principales, los síntomas, los tratamientos y las normas de prevención.

Preparen un informe y, cuando todos lo hayan terminado, se dedicará una o dos clases para que cada grupo exponga a los demás el trabajo realizado.

- Meningitis
- Poliomielitis
- Mal de Alzheimer y enfermedad de Pick
- Esclerosis múltiple y síndrome de Guillain-Barré
- Epilepsias
- Migrañas
- Afasias
- Hidrocefalia

3. A pesar de ser antagonistas en la mayoría de los casos, los sistemas simpático y parasimpático estimulan la secreción de saliva por parte de las glándulas salivales. ¿Cómo se explica esto? **Argumenten** su respuesta.

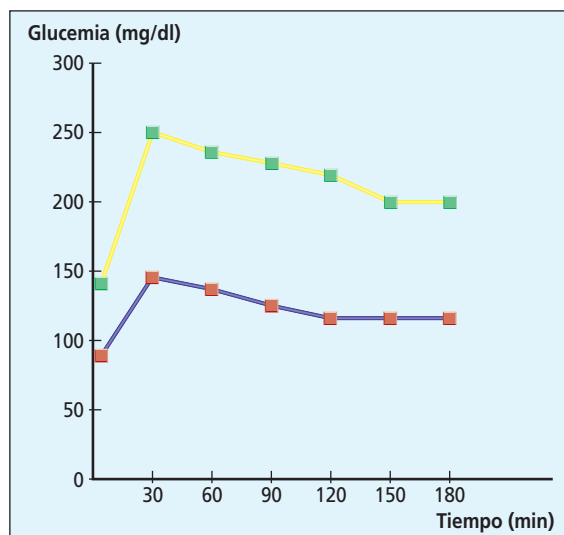
4. Si se colocan gotas de adrenalina sobre el corazón de una rana, se observa que la frecuencia cardíaca por minuto aumenta; por el contrario, al agregar acetilcolina, esta disminuye. ¿A qué se debe? **Expliquen**.

5. Las personas diabéticas tienen niveles de glucemia de dos a cuatro veces por encima de los valores normales. Además, después de una comida, les lleva entre seis y ocho horas lograr que la glucosa alcance el valor previo a la ingesta. Esta es la base del test de tolerancia a la glucosa, que se utiliza para diagnosticar distintos tipos de diabetes.

Para observar el funcionamiento del páncreas, se eleva el nivel de glucemia (que en una persona diabética, en ayunas, está por encima de lo normal: 140 mg/dl); y se determina la capacidad del páncreas para secretar la insulina necesaria que normalice, en un plazo establecido, los niveles de glucemia.

Se procede de la siguiente manera:

- se les da a beber a dos personas, una diabética y otra normal, una solución azucarada;
- se registran las variaciones de glucosa en la sangre durante tres horas; los datos obtenidos se representan en el siguiente gráfico:



I. Observen atentamente el gráfico y **respondan**.

- ¿Cuál de las dos curvas de glucemia corresponde a una persona diabética y cuál a una normal?
- ¿En cuál de ellas sobrepasa el valor límite de 140 mg/dl?
- ¿En qué individuo se restablecen, con más rapidez, los valores de glucemia que tenía antes de ingerir la glucosa? ¿Cómo será la secreción de insulina en este caso?
- ¿Cuándo se observa el nivel máximo de glucosa en ambos pacientes?

II. Luego del análisis, **investiguen**.

- ¿A qué se denomina *glucosuria*?
- ¿Por qué los diabéticos pueden oler a acetona?
- ¿Por qué los diabéticos agudos sufren graves problemas renales?
- ¿Cuáles son las causas de la diabetes? ¿En qué consiste el tratamiento?
- ¿Existe algún tipo de diabetes que no sea hereditaria?

Dissección de encéfalo

Objetivo

Observar y reconocer los órganos y las estructuras del encéfalo de vaca o de cordero.

Materiales

Un encéfalo (seso) de cordero o de vaca completo; una bandeja de plástico o de metal; instrumental de disección (bisturí o cuchillo filoso y pinzas); formol al 5%; artículos de limpieza básicos.

Nota: Como el material que se diseccionará es blando —y para facilitar la experiencia— puede utilizarse un seso semicongelado o conservado en formol al 5% durante las 24 horas previas a la experiencia.

Procedimiento

Análisis de la estructura externa

1. **Dispongan** sobre la bandeja el material que van a diseccionar. **Manipúlenlo** con cuidado y **determinen** la ubicación del encéfalo en el cráneo; **reconozcan** las regiones anterior, posterior, dorsal y ventral.
2. **Identifiquen** las estructuras externas del encéfalo siguiendo la lectura del siguiente texto.

El encéfalo está constituido por dos hemisferios cerebrales voluminosos unidos por el cuerpo caloso, el cual puede distinguirse si se separa, sin cortar, la cisura interhemisférica.

La corteza cerebral se encuentra replegada formando circunvoluciones, delimitadas por surcos y cisuras; algunas de estas depresiones son profundas y dividen cada hemisferio en cuatro lóbulos, que pueden ser identificados si se los separa con delicadeza (lóbulos frontal, parietal, temporal y occipital).

En la base del cerebro puede distinguirse el lugar que había ocupado la hipófisis (la cual fue extirpada antes de que el seso se pusiera a la venta en la carnicería), como así también pueden llegar a advertirse las estructuras del llamado mesencéfalo y los nervios ópticos.

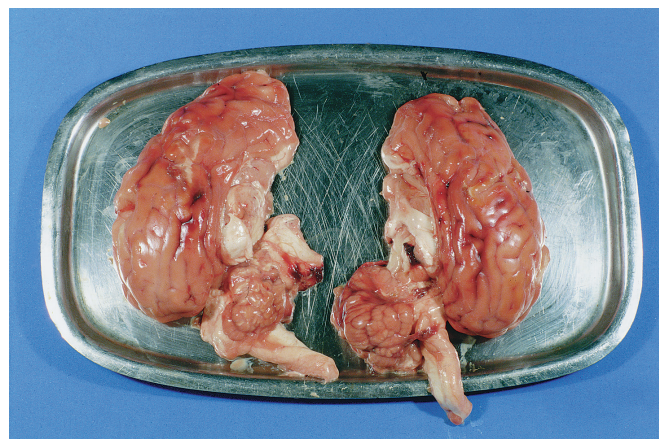
Al observar el encéfalo lateral y ventralmente, pueden verse la protuberancia y el bulbo raquídeo, a través del cual el cerebro se comunica con la médula espinal. Sobre la protuberancia, y en posición posterior al cerebro, puede apreciarse el cerebelo, formado por dos hemisferios.

Todas las estructuras mencionadas están recubiertas por membranas delgadas, que forman las meninges.



Análisis de la organización interna

1. **Corten** el encéfalo longitudinalmente con el bisturí, a través de la cisura interhemisférica. **Distingan** sus partes, los ventrículos cerebrales y la relación que guardan sus distintos órganos y estructuras.
2. **Corten** transversalmente uno de los hemisferios cerebrales a la altura media. **Analicen** la disposición de las sustancias gris y blanca. Si el encéfalo del que disponen cuenta con una porción de médula espinal, **realicen** también un corte transversal de esta y **comparen** la distribución de las sustancias gris y blanca con la observada en el cerebro.



Conclusiones

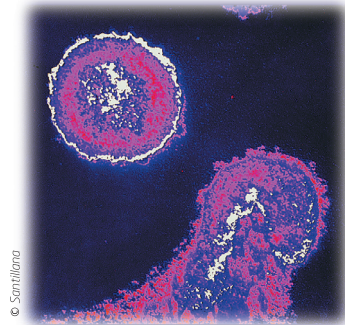
- a. **Hagan** un dibujo de la estructura externa del encéfalo que observaron y **complétenlo** con los siguientes rótulos: meninges, hemisferios cerebrales, cisura interhemisférica, surcos y cisuras, circunvoluciones, lóbulos cerebrales, bulbo raquídeo, cerebelo, protuberancia, pedúnculos cerebrales, ubicación de la hipófisis.
- b. **Hagan** un esquema del corte transversal del hemisferio y **complétenlo** con los siguientes rótulos: corteza, cuerpo caloso, cuerpos grises internos, ventrículo cerebral, sustancia gris, sustancia blanca.
- c. Para cada órgano identificado, **establezcan** su función.

Unidad 3.7

Inmunidad y homeostasis

Destrezas con criterio de desempeño:

- Relacionar la **función neuroendócrina** con el **mantenimiento de la homeostasis** en los **diferentes sistemas** desde la interpretación de datos, análisis de diferentes procesos a través de la información obtenida en diferentes fuentes.
- Comprender los **mecanismos de defensa básicos del organismo**, desde la descripción de los procesos, la comparación y el análisis de los diferentes casos, que lleven a reconocer la importancia de la defensa del organismo ante diferentes enfermedades.



© Santillana

Especificidad, memoria y tolerancia son tres de las virtudes del sistema inmunitario en las que nuestro cuerpo debe confiar para defenderse de las enfermedades infecciosas. Especificidad, para atacar de manera certera al enemigo; memoria, para nunca olvidarlo y estar alerta ante su nueva aparición; y tolerancia, para no actuar ante determinados antígenos.

Conocimientos previos

¿Qué es *patógeno*?

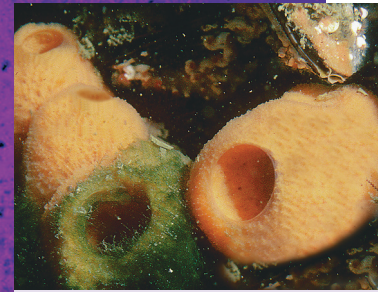
¿Son todos los microorganismos nocivos para las personas?

¿Cómo crees que puede defenderse nuestro organismo ante los microorganismos patógenos?

¿Cuál es el sistema del cuerpo humano encargado de la respuesta inmunológica?



Linfocito infectado por VIH, el virus del sida.



Las esponjas, animales muy primitivos representantes del *phylum Porifera*, fueron los primeros invertebrados en presentar una respuesta inmunitaria extremadamente rápida, de tipo innato.



Los tiburones son los primeros vertebrados que presentaron otra clase de inmunidad, de tipo adquirido, muy lenta.

© Santillana



para entrar en **tema**

El descubrimiento de la inmunidad

En diciembre de 1882, Élie Metchnikoff (1845-1916), zoólogo y microbiólogo ruso, durante su paseo por una playa siciliana observó distintos invertebrados, como las estrellas de mar y las almejas; este paseo resultaría importantísimo para la historia de la ciencia. Metchnikoff volvió a su casa de campo con la larva diminuta y transparente de una estrella de mar común. Días después, cuando se disponía a trabajar, en su laboratorio, observó un hecho curioso en uno de sus cultivos: sobre una espina de rosa que él mismo había clavado sobre esa larva creció un racimo de células. Estas —pensó Metchnikoff— tienen la intención de absorber la espina. El investigador ruso comprendió en seguida la importancia de este hecho: las células se aprestaban a defender a la larva mediante la digestión del invasor, en un proceso ya conocido por la ciencia de la época, la fagocitosis. Así, Metchnikoff creaba una nueva disciplina: la Inmunología Celular.

Paul Ehrlich (1854-1915), bacteriólogo alemán, discípulo de Metchnikoff, se interesó por las observaciones de su maestro y comenzó a estudiar cómo respondían las células a distintos tipos de colorantes, como el rojo tripán. Tras varias experiencias, advirtió que algunas sustancias químicas tenían afinidad

por ciertos tejidos orgánicos. Aún más importante resultaría el hecho de que algunos compuestos químicos —como esos colorantes— «iban en línea recta» hacia los organismos que causaban determinadas enfermedades. Se iniciaba así la quimioterapia (el uso de medicamentos para el tratamiento de las enfermedades).

Entonces, Ehrlich concluyó: «Cada mal infeccioso tiene su parásito causativo. Si encuentra uno la combinación química adecuada, y si la dirige hacia los organismos traicioneros, los destruirá. Y de esta manera se explicarían los mecanismos de defensa que posee el cuerpo para librarse de una enfermedad».

Cuando Ehrlich hizo referencia a los mecanismos de defensa del organismo, postuló su *Teoría de las cadenas laterales*, que afirma que las células tienen en su superficie moléculas receptoras específicas —a las que llamó *cadenas laterales*—, que solo se unen a determinados grupos químicos de las moléculas ajenas al organismo. Ante una amenaza, las células producen un excedente de cadenas laterales, algunas de las cuales se liberan hacia la sangre. Sobre la base de estas observaciones, Ehrlich agregó: «El cuerpo del paciente se vuelve inmune a las infecciones semejantes produciendo sustancias



Por sus trabajos pioneros en el campo de la inmunología, Élie Metchnikoff y Paul Ehrlich (en la fotografía) compartieron en 1908 el Premio Nobel de Medicina y Fisiología.

apropiadas, cuyas únicas funciones son las de combinarse y destruir los venenos formados por los microbios invasores». ¿Qué explicación encontró Ehrlich para sus observaciones? ¿Sucedería lo mismo en todos los organismos?

La respuesta no tardó en llegar. Accidentalmente, un amigo suyo se cortó y, en el lugar de la herida, en seguida observó estos signos: coloración roja, ardor, inflamación. Extrajo una muestra de sangre de la zona lesionada, la observó al microscopio y distinguió un conglomerado de células que trataba de defender al tejido de su lesión.

Fuente: «Origen de la inmunidad de los invertebrados». En *Investigación y Ciencia*, N.º 244, enero de 1997.

Análisis del trabajo científico

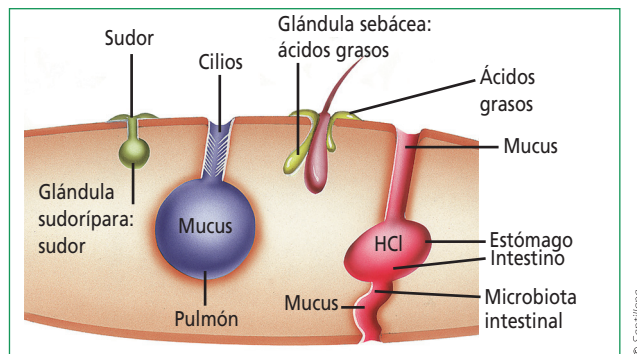
1. ¿A qué característica del sistema inmunitario hace referencia Ehrlich cuando dice: «El cuerpo del paciente se vuelve inmune a las infecciones semejantes produciendo sustancias apropiadas, cuyas únicas funciones son las de combinarse y destruir los venenos formados por los microbios invasores»? **Expliquen**.
2. **Expliquen** por qué razón, en la actualidad, los científicos opinan que la teoría de Ehrlich sobre las cadenas laterales establece la base química de la especificidad de la respuesta inmune.
3. A partir de los descubrimientos de Metchnikoff y Ehrlich, ¿cómo queda definida la *inmunidad celular*? ¿Cuál creen que es la propiedad del sistema inmunitario de todos los seres vivos, que les permite distinguir entre lo propio y lo ajeno? **Argumenten**.
4. **Averigüen**, en las siguientes páginas, en qué consiste la inmunidad innata y la adquirida. Los descubrimientos analizados, ¿se relacionan con ambas o con solo una de ellas?

De la piel al intestino: las barreras primarias

Actualmente, sabemos que la función fundamental de los sistemas inmunitarios es reconocer y distinguir las células, los tejidos y los órganos —que son parte del propio cuerpo— de los elementos extraños. A esa tarea le sigue otra igualmente importante: eliminar a los invasores foráneos, que suelen ser bacterias o virus peligrosos. Y, además, el sistema inmunitario puede reconocer, y por lo general eliminar, elementos propios alterados, es decir, células o tejidos de su cuerpo que han experimentado cambios por lesiones o enfermedades (por ejemplo, cáncer). En el caso de casi todos los vertebrados, a la inmunidad innata causada por los macrófagos se suma la inmunidad adquirida relacionada con los linfocitos B y T.

Analicen esta ilustración. ¿Cuál es la primera línea de defensa del cuerpo?

Todo **microorganismo patógeno** —es decir que provoca un estado de enfermedad en el hospedador— debe alcanzar los tejidos y multiplicarse antes de que se manifieste la **patogenia**, o enfermedad específica. La mayoría de los virus y de las bacterias desencadena la infección específicamente en determinadas células.



Esquema de las barreras defensivas primarias.

La palabra **infección** se refiere al crecimiento de microorganismos en el hospedador; no es sinónimo de enfermedad, pues no siempre provoca daños.

Si bien la alteración del organismo hospedador puede manifestarse en seguida, en ocasiones el microorganismo actúa produciendo **toxinas**, sustancias químicas que provocan directamente el daño.

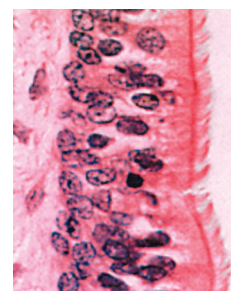
En el ser humano y en los vertebrados más complejos se distinguen tres tipos de **barreras defensivas**: primarias, secundarias y terciarias, cuya función es impedir la entrada y el desarrollo de los agentes patógenos.

A continuación, se describen las barreras primarias.

- La **piel** es la primera barrera defensiva que impide el ingreso de los agentes patógenos en el organismo, y por eso es fundamental mantenerla limpia.
- El **sudor** tiene un pH levemente ácido; esta característica impide la supervivencia de muchos microorganismos.
- Los **ácidos grasos** producidos por las glándulas sebáceas inhiben el desarrollo de ciertas bacterias.
- En los orificios corporales (boca, fosas nasales, orificios urogenitales, etc.), la piel recibe el nombre de **mucosa**. Las células mucosas segregan **mucus**, que actúa como una trampa eficaz.
- Las **lágrimas** y la **saliva** producen **lisozimas**, sustancias químicas capaces de destruir la pared celular bacteriana.
- Los **jugos digestivos**, ricos en ácido clorhídrico, provocan la destrucción de los microorganismos presentes en los alimentos.
- Las **bacterias de la microbiota intestinal** (comúnmente denominada *flora intestinal*) colonizan el intestino e impiden el desarrollo de otras bacterias perjudiciales.

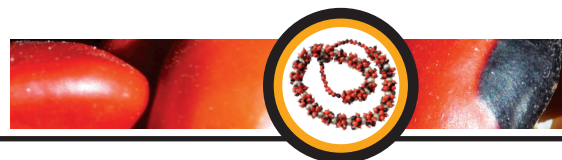
Tc Trabajo cooperativo

Formen grupos y **hagan** un cartel del cuerpo humano. Ahí, **señalen** y **agranden** todas las barreras defensivas primarias. **Indiquen**, junto a cada barrera, cómo actúa para impedir la invasión de microorganismos en los animales.



Las células de la mucosa de las vías respiratorias poseen cilios, que empujan hacia el exterior el mucus con partículas de polvo y microorganismos.

Inmunidad innata: las barreras secundarias



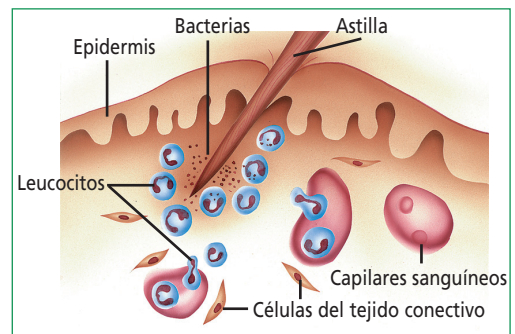
¿Cuál es el proceso que se ilustra en el esquema de la derecha? ¿Cómo se desarrolla? Cuando las barreras primarias han sido vencidas, los agentes patógenos se adhieren al tejido por medio de distintos mecanismos, penetran en él, lo colonizan y se desarrollan. Es entonces cuando entran en acción los **leucocitos** (glóbulos blancos), principalmente los **polimorfonucleares** (PMN) o **granulocitos**, así como los **monocitos** y los **macrófagos**, conocidos con el nombre general de **fagocitos**.

Los PMN poseen lisosomas, los cuales destruyen a los agentes patógenos. El conglomerado de células observado por Ehrlich, al igual que el racimo de células visto por Metchnikoff, era un conjunto de leucocitos que se aprestaban a atrapar las bacterias que habían invadido la herida y que podían provocar una infección. En los invertebrados, esa función la realizan los **celomocitos**.

Los macrófagos capturan y destruyen los distintos microorganismos por medio de la **fagocitosis**, que consiste en envolver o englobar al agente patógeno y destruirlo mediante la acción de las enzimas.

La fagocitosis es un mecanismo fundamental mediante el cual todos los animales se defienden contra las infecciones. Pero, en los vertebrados, el proceso es un poco más complejo. Las células del área adyacente a la herida segregan **histamina** y otras sustancias químicas, las cuales incrementan el flujo sanguíneo y la permeabilidad de los capilares vecinos. Los leucocitos circulantes, atraídos por esas sustancias químicas, pasan a través de las paredes celulares y se aglomeran en el lugar de la herida. Esta propiedad se conoce como **diapédesis** (del griego *diá*, 'a través de'; y *pédesis*, 'salto').

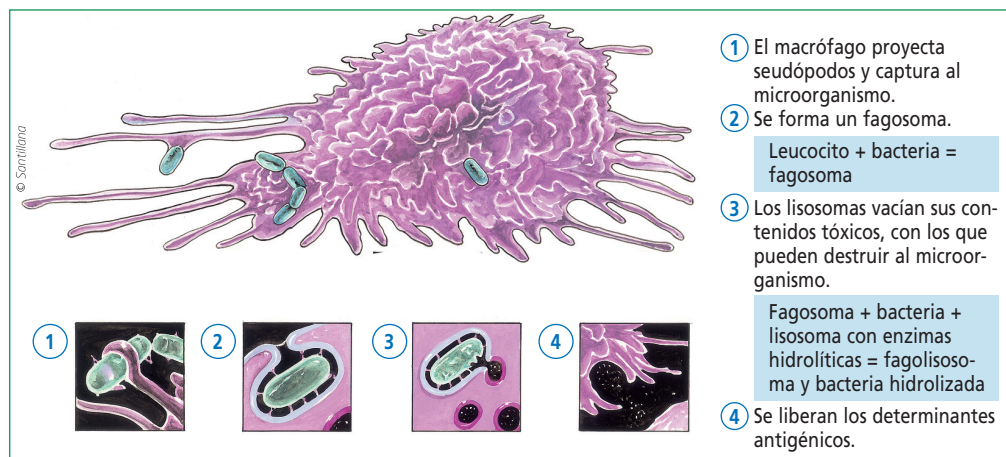
Además, los macrófagos liberan **determinantes antigénicos** (o **epitopos**), que serán luego reconocidos por los linfocitos T auxiliares, como se verá más adelante.



Esquema de la respuesta inmunitaria inespecífica ante una infección.

Investiga

Indaga qué es *inmunidad* y cuál es la diferencia entre *inmunidad no específica* e *inmunidad natural*. **Elabora** un reporte.



Mecanismo de acción de un macrófago.

El término **inmunidad** (del latín *immunis*, 'libre, exento') es utilizado para indicar la capacidad de resistencia de los organismos vivos, frente a la virulencia de los diferentes tipos de microorganismos que alteran el estado general de la salud.

En todos los animales, los celomocitos o los macrófagos se encuentran activos antes de que ingrese el invasor, por lo que se cree que constituyen el sistema de defensa más antiguo. A este tipo de inmunidad se la conoce como **innata**.

Tanto las barreras primarias como las secundarias constituyen la **inmunidad no específica**, o **inespecífica**, porque atacan a cualquier tipo de agente patógeno; y **natural**, porque cada especie la recibe por la herencia.

Glosario

virulencia (del latín *virulentia*, 'virus, veneno'). Grado de patogenicidad de un microorganismo, según la gravedad de la enfermedad que provoca y su capacidad para invadir los tejidos del hospedador. Por extensión, capacidad de cualquier agente infeccioso para producir efectos patológicos.

Inmunidad adquirida: las barreras terciarias

La última barrera defensiva del cuerpo está constituida por distintos órganos —como el **timo**, el **bazo** y los **ganglios linfáticos**—, que producen o completan el desarrollo de dos tipos de leucocitos: los **linfocitos B** y los **linfocitos T**. Estas células actúan sobre los agentes patógenos de manera muy específica, es decir, pueden distinguir entre «lo propio» y «lo ajeno» y guardarlo en la memoria.

¿Cómo se las arregla, entonces, el sistema inmunitario para distinguir entre «lo propio» y «lo ajeno», (entre las células propias y las extrañas)? Esta característica, denominada **tolerancia inmunológica**, se desarrolla por medio de mecanismos muy complejos, que constituyen la **respuesta inmunitaria**.

Esta respuesta es provocada por macromoléculas extrañas al hospedador, por ejemplo, las proteínas de la pared celular o las toxinas producidas por los microorganismos. A las macromoléculas reconocidas por el sistema inmunitario se las denomina **antígenos** (del griego *antí*, ‘oposición’, ‘frente a’; y *gen-*, ‘que genera’, ‘que produce’).

Antígeno es toda molécula genéticamente extraña al organismo, es decir que este no reconoce como propia y que tiene la capacidad de provocar la formación de **anticuerpos**.

Como ejemplos de antígenos podemos señalar las proteínas y los polisacáridos, que forman distintas partes de las bacterias (cápsula, pared celular, flagelos, toxinas), de los virus y de otros microorganismos. El reconocimiento de los antígenos y el ataque al invasor son acciones llevadas a cabo —conjunta y coordinadamente— por los macrófagos, los linfocitos B y los linfocitos T.

Los linfocitos B, estimulados por un tipo especial de linfocitos T, producen los anticuerpos, o **inmunoglobulinas**, macromoléculas especiales de naturaleza proteica que neutralizan a los agentes patógenos y generan inmunidad en el organismo.

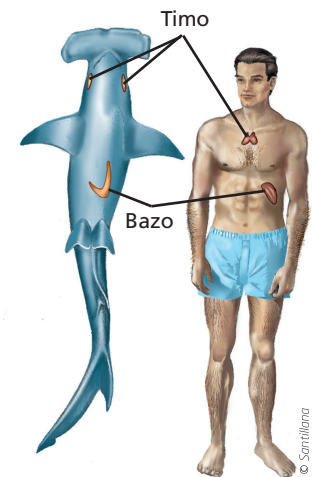
Existen cinco clases de inmunoglobulinas o anticuerpos: **IgM** (es la primera que se forma en los recién nacidos); **IgG** (predomina en el suero); **IgE** (predomina en las alergias); **IgA** (predomina en la saliva y en la leche materna); **IgD** (su rol todavía no está claro).

Los anticuerpos actúan por medio de diversos mecanismos, como la **aglutinación** —recubren las partículas extrañas y hacen que se aglomeren de tal modo que puedan ser capturadas por células fagocíticas— y la **neutralización** —se combinan con los antígenos para evitar su acción dañina—.

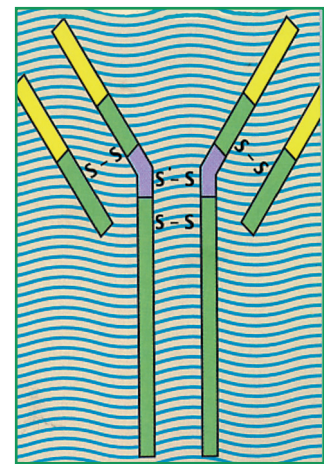
La **inmunidad específica** es muy eficaz, pero tarda varios días en llevarse a cabo. Tiene una propiedad singular: la **memoria inmunológica**.

¿Recuerdan al amigo de Ehrlich que se lastimó? Este podrá haberse olvidado de la herida, pero su sistema inmunitario jamás. Es decir, cada encuentro con un microorganismo invasor imprime una plantilla genética en determinados linfocitos B y T. La próxima vez que el mismo tipo de invasor salga al paso de estas células, la respuesta se producirá antes y con mayor contundencia que en la primera ocasión.

- Los linfocitos T maduran en el **timo**, donde se preparan o sensibilizan para su acción inmunológica. En presencia de un antígeno, no segregan anticuerpos hacia la sangre, sino que, por medio de la interacción con otras células somáticas, directamente lo atacan.
- Los linfocitos B maduran en la **médula ósea** (se los denomina así porque fueron encontrados por primera vez en la **bolsa de Fabricio** de las aves y en el **bazo** de otros vertebrados). Son los encargados de sintetizar los anticuerpos y liberarlos en la sangre. El cuerpo humano contiene más de 100 000 millones de linfocitos B, cada uno de los cuales segrega anticuerpos específicos.



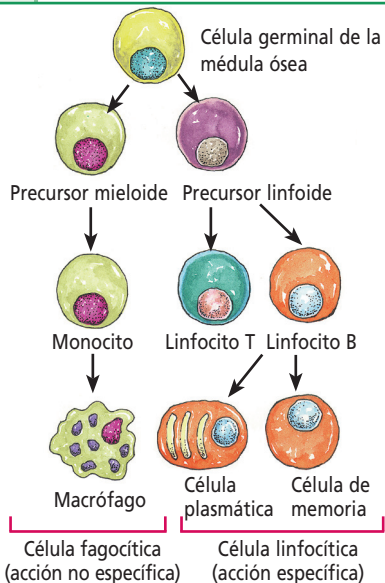
El origen de la inmunidad específica, que coincide con la aparición del timo y del bazo, tuvo lugar hace 400 millones de años (período Silúrico), entre los tiburones y los placodermos, peces muy extraños que fueron los primeros cazadores activos de los mares de entonces.



Esquema simplificado de la IgG. Los anticuerpos son proteínas complejas, formadas por cuatro subunidades: dos cadenas livianas idénticas y dos cadenas pesadas idénticas. En ambos tipos de cadena, existen regiones constantes y regiones variables. Las regiones variables, diferentes en cada anticuerpo, son las que brindan su especificidad al antígeno.

Inmunidad humoral y tisular

¿Cómo es posible que un individuo pueda enfrentar a millones de antígenos? La respuesta se halla en el trabajo cooperativo llevado a cabo por los anticuerpos, los linfocitos y los macrófagos, y en la existencia de dos mecanismos diferentes de inmunidad específica: humoral y tisular.

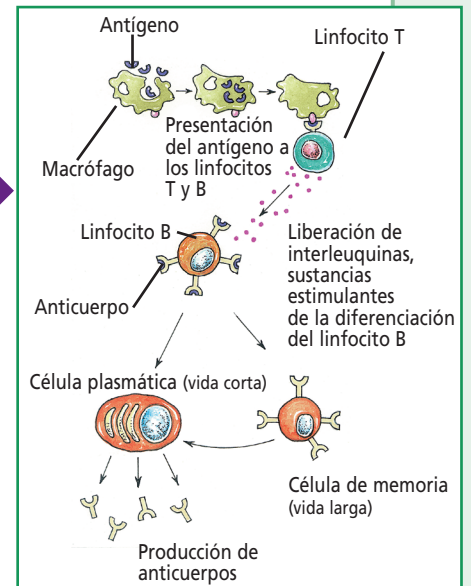


Origen de los principales leucocitos responsables de la respuesta inmunitaria.

Los linfocitos B son relativamente inmóviles o estacionarios; se distinguen de los T por la presencia de moléculas de anticuerpo en su superficie. Tanto los linfocitos T como los B están estratégicamente ubicados en los ganglios linfáticos, distribuidos por todo el cuerpo, pero la mayoría se halla en las axilas, el cuello y la ingle.

Respuesta inmunitaria.

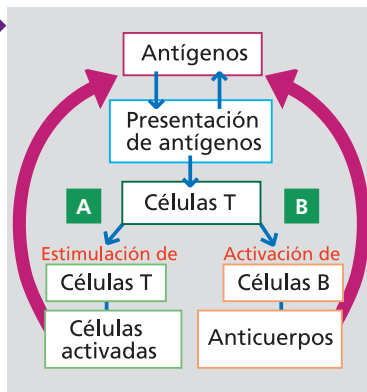
Se desencadena frente a la presencia de antígenos, y en ella intervienen distintos tipos de leucocitos: los macrófagos, los linfocitos B y los linfocitos T. La unión del antígeno con los linfocitos T o B apropiados estimula la intervención de los macrófagos: se multiplican los linfocitos para sintetizar proteínas que refuercen la respuesta inmunitaria.



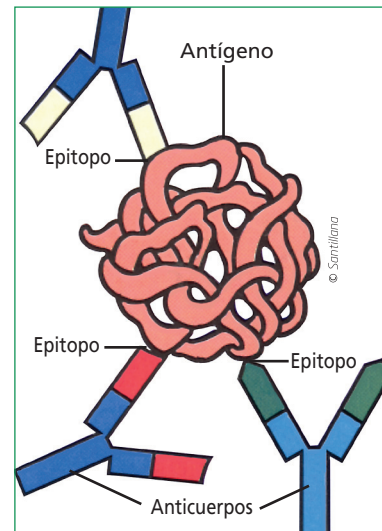
Los dos tipos de respuesta inmunitaria: tisular (A) y humoral (B).

Inmunidad tisular. Comienza con la activación de los receptores de determinadas células específicas de antígeno, conocidas como **receptores de las células T (TCR)**. En este caso, la producción de inmunoglobulinas no es necesaria o no tiene importancia y, en cambio, el mismo receptor celular interviene en la respuesta inmunitaria. Este tipo de inmunidad se generaliza a todo el organismo y los anticuerpos se forman en el bazo, el timo, la médula ósea y los ganglios linfáticos.

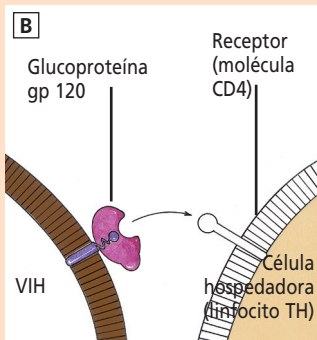
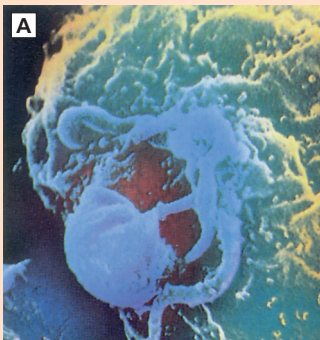
Inmunidad humoral. Comienza con el ingreso de los antígenos en el organismo, lo que provoca la aparición de los anticuerpos segregados



por los linfocitos B, que viajan por la sangre para reaccionar contra ellos. Se desarrolla en el intestino, el tracto respiratorio, las vías urinarias, la piel y las mucosas.



Unión de un antígeno y los anticuerpos. Tanto los anticuerpos como los TCR están dirigidos solamente contra determinadas porciones de las moléculas de antígeno: los determinantes antígenicos o **epítopos**.



A. Microfotografía electrónica de barrido del virus del sida cuando sale de un linfocito.

El VIH infecta en especial a un tipo de linfocito T (TH). Se distinguieron dos subpoblaciones principales de linfocitos T, identificadas por la presencia de distintas proteínas superficiales: CD4 y CD8. La subpoblación CD4 se divide, a su vez, en **linfocitos T helpers** o **ayudadores (TH)**, que estimulan a los linfocitos B; y **linfocitos T de hipersensibilidad demorada (TD)**, que no interactúan con aquellos. Mientras que la subpoblación CD8 también se divide en dos conjuntos funcionales: los **linfocitos T citotóxicos (TC)**, que interactúan directamente y destruyen a las células con antígeno en su superficie; y los **linfocitos T supresores (TS)**, que regulan la respuesta inmunitaria al suprimir la acción de los linfocitos B.

B. Los linfocitos T se diferencian por los receptores de su membrana celular, que les confieren distinta especificidad.

Aliados inmunitarios: las vacunas y los sueros

La inmunidad adquirida se clasifica en dos tipos: activa y pasiva.

- **Inmunidad activa:** se adquiere mediante una enfermedad determinada, ya sea por sus manifestaciones preclínicas, clínicas o, incluso, sin manifestaciones (**natural**), o cuando se aplica una vacuna (**artificial**).
- **Inmunidad pasiva:** se adquiere a través de los anticuerpos maternos, durante el proceso de gestación o de lactancia (**natural**), o por la administración de sueros o de inmunoglobulinas (**artificial**).

Las **vacunas** son antígenos o mezclas de antígenos que inducen una inmunidad activa. Constituyen uno de los avances científicos de mayor importancia social, por su capacidad de prevenir determinadas enfermedades infecciosas.

Las vacunas necesitan entre una y dos semanas para producir anticuerpos. En algunos casos, se requiere más de una dosis para que el organismo pueda producir su máximo nivel de anticuerpos. Las nuevas dosis reciben el nombre de **refuerzos** y son indispensables frente a algunas enfermedades, como la poliomielitis.

¿Cómo se preparan las vacunas? Los microorganismos que constituyen los antígenos pueden estar vivos o muertos. En el primer caso, se atenúa su virulencia mediante diferentes procesos de naturaleza fisicoquímica. Para la fabricación de vacunas, el más simple es el desarrollo de **péptidos sintéticos**, por ejemplo, un péptido de veinte aminoácidos que constituya la porción antigénica de la proteína relacionada con la producción de anticuerpos.

Respecto de la inmunidad pasiva artificial, el material utilizado para inducirla es el **siero** que contiene anticuerpos, es decir, el **antisiero** o **antitoxina**.

Existen notorias diferencias entre vacunas y sueros:

- Las vacunas se inoculan a personas sanas y los sueros, al comienzo de alguna enfermedad.
- La vacuna tarda cierto tiempo en formar los anticuerpos, mientras que el suero tiene acción inmediata.
- La vacuna produce inmunidad de larga duración y el suero, de corta duración.

Las vacunas se emplean como **medida preventiva**, para proteger a las personas contra futuros ataques de agentes patógenos. Los sueros, en cambio, son eminentemente **terapéuticos**, y se aplican en el momento en que la persona está padeciendo la enfermedad, con el fin de curarla.

Tanto las vacunas como los sueros son importantes herramientas que utiliza el ser humano para colaborar con el sistema inmunitario y mantener la homeostasis.



Las vacunas preparadas con gérmenes vivos y atenuados son más activas y de efecto más duradero que las preparadas con gérmenes muertos.

L Lección

1. **Indica** la diferencia entre las defensas específicas y las no específicas.
2. **Explica** las características principales de la inmunidad.

FUE NOTICIA

Revolucionario método para prevenir la viruela

Sucedió en Gloucester, Inglaterra, en 1796...

El médico Edward Jenner ideó un novedoso método para prevenir la viruela. Jenner partió de la base de que quien contrae la viruela vacuna o *cow pox* (enfermedad benigna común de las vacas), por ejemplo las ordeñadoras, se vuelve inmune no solo a esta enfermedad sino también a la viruela que

afecta específicamente al ser humano. Entonces, Jenner tomó una muestra del líquido de una ampolla de *cow pox*, de la que padecía una ordeñadora, y se la inyectó a un niño de ocho años, James Phipps, quien naturalmente contrajo la enfermedad. Dos meses más tarde, inoculó al chico los gérmenes de la viruela y este no la contrajo.



Jenner y la primera vacuna.



¿Qué hace que en nuestro cuerpo todas las células funcionen en armonía y equilibrio, o que, ante distintos factores (ya sean ambientales, estrés, infecciones, etc.) sepan cómo responder para seguir funcionando como el más perfecto de los engranajes?

Actúan mecanismos de autorregulación que permiten mantener ese medio interno en equilibrio de forma constante, ante las distintas variaciones del medio externo. El término **homeostasis** (del griego *homós*, 'igual'; y *stásis*, 'detención, estabilidad') fue desarrollado por el fisiólogo francés Claude Bernard (1813-1878), y se refiere a la capacidad del organismo para mantener constante el medio interno frente a las grandes fluctuaciones externas, por mecanismos de regulación y ajuste. La homeostasis se logra gracias al funcionamiento coordinado de todos los tejidos y órganos de los sistemas corporales. En los mamíferos, este papel regulador e integrador es desempeñado por el sistema nervioso.

El estado de constancia o de equilibrio del medio interno, aun frente a las variaciones del medio externo, se denomina **homeostasis**; y cuando se altera el funcionamiento del organismo, es afectado.

Para mantener el equilibrio interno, los seres vivos deben regular su temperatura y su medio químico, a través del balance hídrico; además de tener la capacidad de hacer frente a agentes patógenos por medio del sistema inmune, como vimos anteriormente.

En la Tierra, la temperatura es muy variable. Sin embargo, la mayoría de los seres vivos puede desarrollarse en un rango que oscila entre los 0 °C y los 45 °C. Estos límites se deben al punto de congelación del agua y a la temperatura límite en que muchas proteínas aún pueden mantener su funcionamiento, sin perder su estructura química. Cualquier modificación térmica en el ambiente puede causar un cambio en la temperatura del organismo, salvo que este disponga de algún sistema para controlarla.

- Los invertebrados, peces, anfibios y reptiles adecúan su temperatura corporal de acuerdo con las variaciones de la temperatura del ambiente, por eso, dependen de fuentes de calor externas, como la radiación solar. Reciben el nombre de **poiquiloterms** (del griego *poikilos*, 'variable, cambiante'; y *thermós*, 'caliente, temperatura').
- Las aves y los mamíferos mantienen constante su temperatura corporal aunque varíe la del ambiente; se denominan **homeotermos**.

Para adaptarse a las bajas temperaturas, los homeotermos generalmente se aíslan, y se produce un aumento del plumaje en las aves y del pelaje en los mamíferos. Los animales terrestres más pequeños tienen un ritmo metabólico elevado, por lo cual necesitan comer en gran cantidad. Como en el invierno el alimento escasea, animales como las ardillas, los lirones, los erizos, los murciélagos y los colibríes, por ejemplo, deben disminuir todas sus funciones vitales y entrar en un período llamado **hibernación**. Durante este lapso metabolizan las reservas de grasas que acumularon durante el verano. El ciclo anual de hibernación depende de la duración de las horas de luz y de factores endócrinos.

Los mamíferos de vida acuática, como las ballenas, delfines y focas, tienen una gruesa capa de grasa subcutánea como aislante. Entonces, su temperatura superficial es inferior a la del resto del cuerpo y parecida a la del agua que los rodea. Las aletas y la cola, que no poseen grasa, aplican otro mecanismo que veremos en la página siguiente.

Ti Trabajo individual

Los animales que no pueden regular su temperatura interna tienen alguna ventaja respecto de los que sí lo hacen. **Indaga** cuál puede ser esta ventaja. Luego, **analiza** si tienen alguna desventaja.



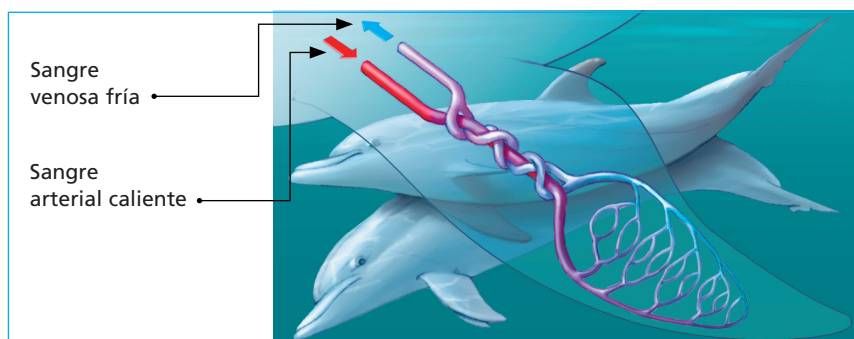
Luego del período de hibernación, el erizo debe alimentarse para recuperar la grasa corporal perdida y volver así a estar preparado para poder enfrentar los próximos fríos.

© Santillana

Mecanismos fisiológicos de regulación de la temperatura

¿Cuáles son las estrategias fisiológicas con las que la evolución ha favorecido a los mamíferos para mantener constante su temperatura? Veamos algunas de ellas.

- **Sudoración.** En días cálidos, una persona aclimatada puede perder 1,5 l de sudor por hora, y una persona no aclimatada, hasta 4 l por hora. Esto determina que, en el primer caso, la termorregulación sea más eficiente y el calor ambiental afecte en menor grado al organismo.
- **Perspiración insensible.** Diariamente, cada persona pierde más de 500 ml de agua a través de la piel sin percibirlo. Este líquido proviene de las células y de los tejidos, de donde sale por simple difusión. Este volumen de agua es el que se impregna en la ropa y le confiere un olor característico a cada persona.
- **Vasoconstricción periférica.** En el hipotálamo están los centros nerviosos simpáticos que envían señales que hacen disminuir el diámetro de los vasos cutáneos periféricos. Así, se reduce la pérdida de calor desde la sangre al ambiente.
- **Piloerección.** La estimulación nerviosa del sistema simpático provoca la contracción de los músculos erectores, ubicados en la base de los pelos, y hace que estos se eleven. En los animales con el cuerpo cubierto de pelos, la piloerección determina que una capa de aire quede retenida entre ellos, la cual se calienta rápidamente por la conducción del aire y actúa como un aislante térmico.
- Las superficies corporales con pocos pelos o sin ellos, como las axilas, la ingle o el escroto, favorecen la pérdida de calor.
- **Termogénesis química.** Consiste en la producción de calor por medio de las reacciones químicas propias del metabolismo.
- **Espasmos musculares.** En el hipotálamo se encuentra el termostato del organismo, que consiste en estructuras nerviosas encargadas de controlar y regular la temperatura corporal. En condiciones normales, se halla inhibido; pero cuando llegan a él señales de frío procedentes de la médula espinal y de la piel, desencadena un aumento del tono muscular y produce una serie de espasmos musculares, conocidos como **tiritones** o **escalofríos**. El movimiento constante de la musculatura genera calor y contribuye a la termorregulación.
- **Ciclos de hipertermia.** Algunas especies se comportan de forma muy activa durante un tiempo y, después, pasan a la inactividad, hasta que disipan el calor acumulado.



Mecanismo de contracorriente de la aleta del delfín. Las extremidades de muchos animales, como las aletas de los delfines, son delgadas y amplias. Cuando necesita perder calor, este se disipa a través de una superficie amplia. Para conservarlo, se activa un mecanismo de contracorriente que intercambia calor entre la sangre venosa y la arterial. La sangre arterial caliente se dirige hacia las extremidades, pero en la zona de intercambio, cede calor a la venosa, la cual hace retornar calor al interior del cuerpo.

TIC

T Tarea

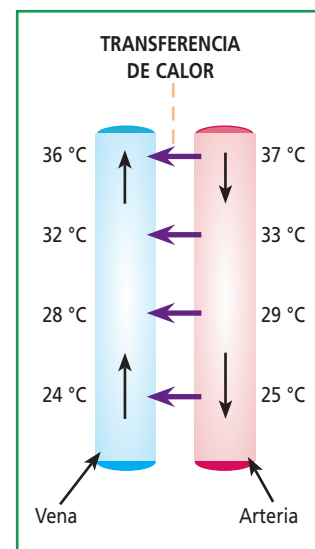


Visita la página web goo.gl/RPD16 de la Revista Ecología Aplicada para leer más sobre los mecanismos de regulación homeostáticos. Luego, **elabora** un organizador gráfico para sintetizar la información.

Glosario

hipertemia (del griego *hyper*, 'más allá de, más que', y *thermón*, 'calor'). Temperatura corporal anormalmente elevada.

perspiración (del latín *perspirare*, 'respirar a través de'). Pérdidas de agua por evaporación a través de las superficies húmedas del cuerpo, no causadas por la acción secretora de las glándulas.





Balance hídrico y osmorregulación

La termorregulación es solo uno de los mecanismos que utiliza el cuerpo para lograr la homeostasis; otro es el balance hídrico.

El agua que ingresa en el cuerpo, por lo general, proviene del exterior (**agua exógena**) o del interior (**agua endógena**). Esta última se obtiene, fundamentalmente, del metabolismo celular. A su vez, el organismo pierde obligatoriamente agua cuando elimina los productos tóxicos del metabolismo; en el caso de las aves, los mamíferos y el ser humano, esto sirve para mantener constante la temperatura corporal.



© Sanitilena

Un adulto joven elimina, aproximadamente, 3 000 ml diarios de agua.

La cantidad de agua en el cuerpo humano y de otros organismos, así como la concentración y distribución de iones, debe mantenerse constante, lo mismo que la temperatura y los niveles de glucosa. El mecanismo que controla la homeostasis de los líquidos y los iones en el cuerpo se denomina **osmorregulación**.

La regulación del volumen de agua y sales en el ser humano depende de:

- Su ingreso, a través de la comida y la bebida, regulado por la **sensación de sed**.
- Su egreso, sobre todo a través de la orina, regulado por la función renal, con la participación de dos hormonas: la **antidiurética (HAD)** y la **aldosterona**, que regulan la pérdida de agua.
- La intervención del **factor natriurético auricular (FNA)**.

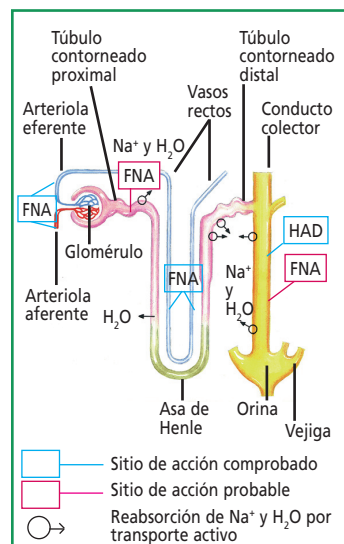
La sensación de sed depende de los **osmorreceptores** localizados en el hipotálamo. La sed estimula a estos receptores, los cuales detectan las variaciones de la presión osmótica de la sangre y transmiten (desde el cerebro) impulsos que nos llevan a beber o no beber. Cuando la presión osmótica aumenta, otros osmorreceptores estimulan el lóbulo posterior de la hipófisis para que segregue HAD. Esta es transportada por la sangre a los riñones y actúa en el conducto colector del nefrón, incrementando la reabsorción de agua.

Además de la HAD, interviene la aldosterona segregada por la corteza suprarrenal. Si bien el mecanismo es complejo y depende también de las hormonas **angiotensina** y **renina (sistema renina-angiotensina-aldosterona o SRAA)**, la aldosterona provoca la reabsorción de sodio y, en consecuencia, de agua. De esta manera se consigue un aumento del volumen sanguíneo y, por lo tanto, de la presión arterial.

En cuanto al FNA, es una hormona segregada por células musculares de las aurículas del corazón cuando aumenta la presión sanguínea. La hormona actúa contrarrestando este incremento, favoreciendo la excreción de sodio y, en consecuencia, de agua. El FNA es antagónico del SRAA, que eleva la presión arterial y retiene sodio y agua, ya que favorece la vasodilatación y el descenso de la presión arterial, al inhibir a la HAD.

Investiga

La diabetes insípida es una enfermedad que se produce porque el hipotálamo no segrega HAD. **Busca** información y **responde**: ¿Cómo será el volumen de orina: mayor o menor que el normal? ¿Tendrán sed los pacientes que presentan esta patología? **Justifica** tus respuestas.



Esquema de un nefrón y elementos que intervienen en la formación de la orina y su regulación.

Actividades

Comprende los conceptos de *inmunidad adquirida* y *homeostasis*.

1. Lee las siguientes preguntas y **selecciona** la o las opciones correctas.

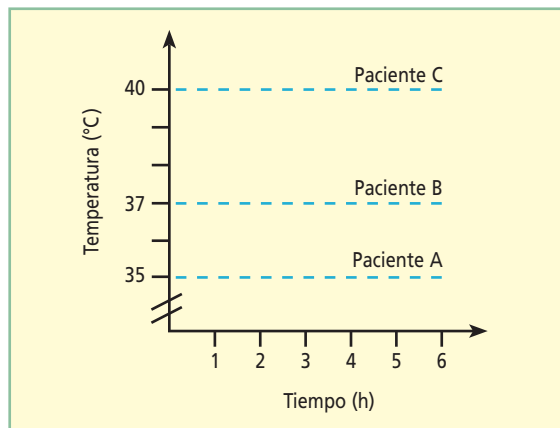
I. En cuanto a la inmunidad adquirida:

- los linfocitos B son relativamente inmóviles o estacionarios.
- los linfocitos T se distinguen por la presencia de moléculas de anticuerpo en su superficie.
- la respuesta inmunitaria se desencadena ante la presencia de antígenos, y en ella intervienen los macrófagos, los linfocitos B y los linfocitos T.
- se denomina inmunidad tisular al proceso que se relaciona con la activación de los receptores de determinadas células específicas de antígeno.

II. El concepto de homeostasis tiene que ver con:

- el mantenimiento de la frecuencia respiratoria.
- la temperatura corporal dependiente de la temperatura ambiental.
- el mantenimiento de la constancia del medio interno.

III. En relación con el siguiente gráfico, es posible afirmar que:



- el paciente C tal vez padezca de una infección bacteriana.
- el paciente B está termorregulado sin problemas.
- el paciente A presenta hipotermia.
- en el paciente A, los mecanismos de ganancia de calor son mayores que los de pérdida de calor.

Describe el descubrimiento de la *inmunidad*.

2. Teniendo en cuenta los conocimientos adquiridos sobre inmunidad, **completa** en tu cuaderno la siguiente historia:

«Hacia la mitad del siglo xx, con el descubrimiento de la penicilina y el desarrollo de nuevos agentes microbianos, el ser humano se creyó a salvo de las plagas, sin embargo, la realidad echó por tierra todo pronóstico...».

Diferencia la inmunidad activa de la pasiva.

3. Las siguientes características corresponden a las inmunidades activa y pasiva. **Ordénalas** en un cuadro comparativo, según corresponda. Luego, **escribe** una breve síntesis de cada una.

- ✓ Se adquiere mediante una enfermedad determinada.
- ✓ Se adquiere durante el proceso de gestación o lactancia.
- ✓ Puede ser natural o artificial.
- ✓ Suero.
- ✓ Se obtiene por inyección del antígeno.
- ✓ La cantidad de anticuerpos decrece progresivamente.
- ✓ Anticuerpos fabricados en un hospedador secundario.
- ✓ Anticuerpos fabricados por el individuo.
- ✓ Memoria inmunológica.
- ✓ La inmunidad se desarrolla en semanas.
- ✓ Se obtiene por inyección de anticuerpos.
- ✓ No hay memoria inmunológica.
- ✓ La inmunidad se desarrolla de inmediato.
- ✓ Desarrolla elevada cantidad de anticuerpos.
- ✓ Vacuna.

Explica la relación de la *regulación hídrica, térmica y el sistema de defensa con la homeostasis*.

4. Descubre, en la siguiente sopa de letras, cinco palabras relacionadas con la regulación hídrica, cinco relacionadas con la regulación térmica y cinco, con el sistema de defensa del organismo. Pueden encontrarlas en sentido horizontal y vertical, de izquierda a derecha, de derecha a izquierda, de abajo hacia arriba y viceversa, también en diagonal, hacia arriba o hacia abajo.

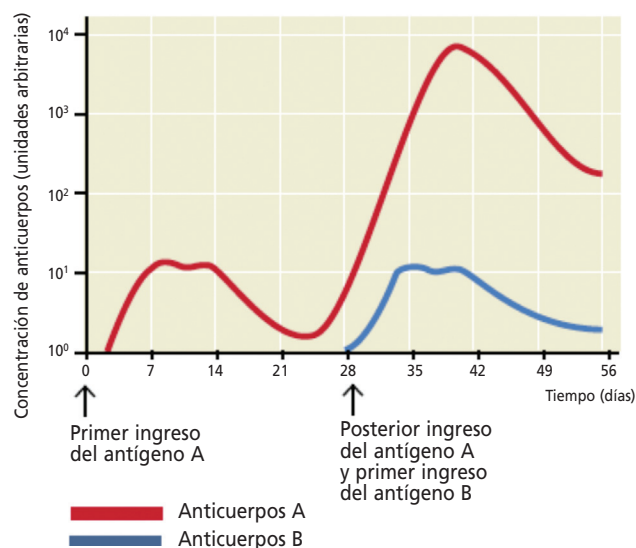
Luego de resolverla, **explica** en tu cuaderno de qué manera esas palabras se relacionan con los temas mencionados.

S	P	I	L	O	E	R	E	C	C	I	O	N
I	O	O	T	I	C	O	F	N	I	L	N	I
P	R	E	N	I	N	A	A	L	A	G	E	H
E	W	Q	D	P	R	R	M	G	N	D	G	I
L	T	E	R	A	A	Z	U	N	E	S	I	S
O	R	J	R	T	J	A	H	S	P	Q	T	T
S	A	N	I	S	N	E	T	O	I	G	N	A
R	S	R	D	O	G	A	F	O	R	C	A	M
E	I	N	M	U	N	I	D	A	D	J	O	I
T	B	D	E	L	L	O	R	I	N	A	I	N
A	M	O	M	R	E	T	O	E	M	O	H	A

Interpreta un gráfico sobre la acción de los anticuerpos en presencia de un antígeno.

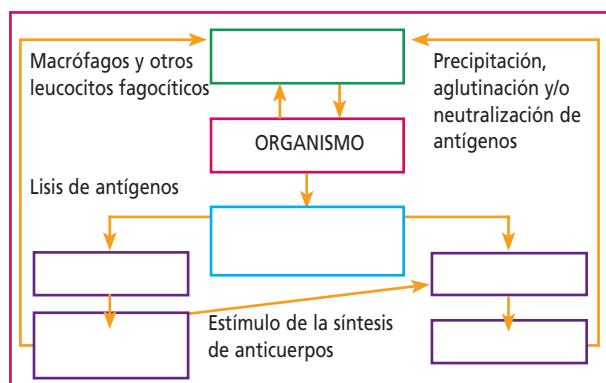
5. Analiza la figura y **responde**.

- ¿Qué representa el gráfico?
- ¿Qué intervalo de la curva roja representa la respuesta inmune primaria y cuál, la respuesta inmune secundaria?
- La respuesta inmune secundaria es más rápida y eficiente que la primaria. ¿Cómo se nota esto en el gráfico?
- ¿Cómo explicarías tu reflexión anterior a partir de lo aprendido sobre respuesta inmune?
- En el segundo período (del día 28 al 56) se muestran dos curvas, ¿cómo se interpreta esto?
- Después de que se alcanzó el máximo de anticuerpos, se nota una disminución gradual en su cantidad. ¿Cómo interpretarías este hecho?



Explica la inmunidad específica y no específica.

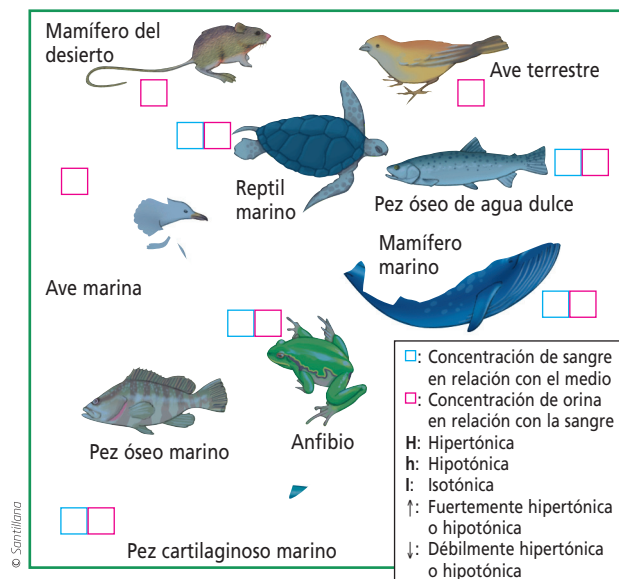
6. Copia y completa el siguiente diagrama con los términos correctos. Luego, **responde** las preguntas.



- ¿Qué significa que un linfocito está activado?
- Indica** la zona del esquema que representa la inmunidad específica y la que corresponde a la inmunidad no específica.

Relaciona las concentraciones de orina y de sangre en relación al medio de un organismo.

7. Analiza la siguiente ilustración sobre la concentración de sangre y orina de distintos vertebrados. Luego, **copia y completa** las casillas sobre la base de la clave que figura en la parte inferior.



8. Distintas teorías acerca de los dinosaurios destacan las similitudes entre estos y las aves, sus probables descendientes. **Consulta** libros de Zoología acerca de las principales características de las aves en cuanto a metabolismo, dieta, regulación de la temperatura, postura y forma de locomoción.



Avestruz



Esqueleto de dinosaurio

- Responde:** ¿Qué relación existe entre la dieta, el metabolismo y la regulación de la temperatura? ¿Y entre la dieta y la postura, la marcha o la forma de locomoción? ¿Cómo aplicarías estas relaciones a los dinosaurios?
- Averigua** cuáles son las posturas actuales acerca de la posible homeotermia de los dinosaurios.

1. La hipersensibilidad consiste en el estado o condición de ciertos organismos que los hace susceptibles de padecer diversas alteraciones (por ejemplo, los fenómenos alérgicos).

Los procesos alérgicos aparecen asociados a un estado de hiperreactividad del sistema inmunitario ante los estímulos antigénicos, habitualmente inocuos para los demás sujetos de la misma especie. Es decir, se produce una reactividad aumentada ante un antígeno.

En la alergia, a los antígenos se los denomina **alérgenos**. Estos abundan en el ambiente, presentan un gran polimorfismo y su ingreso en el organismo determina cuadros típicos y bien definidos en el órgano de choque, que es específico para cada paciente. Por ejemplo, en el caso del asma, el órgano de choque es el pulmón; en el de la rinitis, la nariz.

Algunos de los alérgenos más comunes son los alimentos, los medicamentos, el polvo, los edulcorantes, los saborizantes, los ácaros, el polen, los hongos de la humedad, los rellenos de tapizados, las plumas, los virus, las bacterias y los insectos.

Cuando ciertas personas se ven expuestas a algún alérgeno, este induce la producción de inmunoglobulinas E (IgE). Una nueva exposición a ese alérgeno provoca la formación de una mayor cantidad de IgE, la cual se adhiere a los mastocitos (células del tejido conectivo) y los leucocitos basófilos, que comienzan a liberar histamina, serotonina y otras sustancias. Estas generan una respuesta inflamatoria exagerada que, según el órgano que afecten, producen: urticaria, prurito, rinitis, asma, diarrea, entre otros.

En todos estos cuadros alérgicos existe una predisposición genética, aunque también son importantes el tiempo y el grado de exposición a los alérgenos y su capacidad de absorción. Esto explica por qué los enfermos que presentan una predisposición similar no desarrollan ningún síntoma clínico o bien lo hacen a edades diferentes.

Respondan las preguntas.

- ¿Qué se entiende por **hipersensibilidad**? ¿Cómo se relaciona este fenómeno con el sistema inmunológico?
- ¿Cuáles son las células sensibilizadas?
- ¿Cuáles son los mediadores químicos responsables de las afecciones alérgicas?
- ¿Pueden producirse casos graves de alergia? ¿Por qué?
- En un ambiente rural y en uno urbano, según su opinión, ¿cuáles serán las causas principales de las alergias?
- Averigüen**, con un médico o en un centro hospitalario, cómo se tratan actualmente las alergias. ¿Se relacionan también con otras enfermedades inmunológicas?

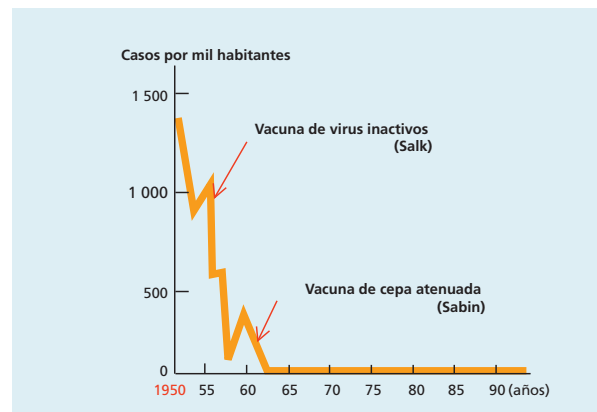
2. Busquen información acerca de las vacunas que han recibido y **compárenlas** con el nuevo Calendario Nacional de Vacunación.

- ¿Contra qué enfermedad o enfermedades previene cada una?
- ¿Cuáles son las nuevas vacunas de aplicación obligatoria?
- ¿Qué otras vacunas que no son obligatorias conocen? ¿Qué enfermedades previenen?

Vacuna	Dosis	Edad
BCG	1	0-30 días de nacido.
Hepatitis A	1	1, año, 10 años, 20 años.
DTPa/ Hepatitis B Poliovirus / Haemophilus Influenza tipo B	4	2 meses, 4 meses, 6 meses y se repite a los 18 meses.
Rotavirus	2	2 meses y 3 meses.
Paperas, Rubéola, Sarampión	3	1 año, 6 años y 12 años.
Varicela	2	1 año, 12 años.
Gripe (estacional)	1	6 meses.
Tifoidea		6 años cada 2 se repite.
Neumococo	3	2 meses, 4 meses, 6 meses.
Fiebre amarilla		Desde el año cada 10 años.
Meningococo		Desde el año cada 10 años.
Rabia		Cada vez que tenga una mordida.

3. Investiguen cuál es el mecanismo por el cual se preparan las vacunas contra la poliomielitis.

- Respondan:** ¿Quiénes fueron Salk y Sabin? ¿Qué es la poliomielitis? ¿Qué estructuras anatómicas quedan afectadas con esta enfermedad?
- Analicen** el gráfico de casos de poliomielitis en Estados Unidos durante 1950-1990. ¿Cómo lo interpretan?



Casos de poliomielitis en Estados Unidos (1950-1990).

La osmorregulación en el paramecio

Los seres vivos apelan a diferentes recursos para la osmorregulación. En los protozoos, organismos unicelulares, se observa una de las formas más sencillas y efectivas para cumplir con este objetivo: las **vacuolas pulsátiles**. De acuerdo con el medio en que se encuentren, la vacuola expulsará agua o se llenará.

Objetivo:

Observar el mecanismo de osmorregulación de *Paramecio* sp. en medios hipotónicos e hipertónicos.

Materiales:

Vaselina sólida; un portaobjeto; un gotero; cultivo de paramecios; un microscopio; un cubreobjeto; solución de cloruro de sodio concentrada; agua destilada.

Nota: Antes de realizar la experiencia, deben preparar el cultivo de paramecios de la siguiente manera: en un frasco de vidrio bien lavado, **coloquen** unas hojitas de lechuga en agua tibia y **dejen** todo durante una semana en un lugar luminoso, donde no se produzcan grandes variaciones de temperatura. En el caldo que allí se forme, podrán encontrar fácilmente los paramecios. Para reconocerlos, **observen** al microscopio y **compárenlos** con la fotografía.

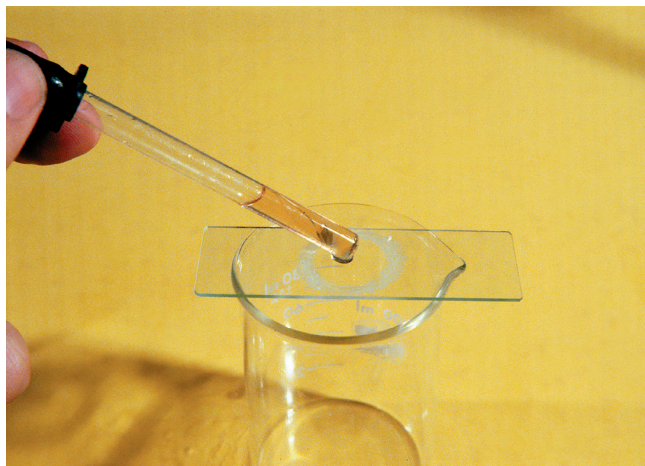


© Sanitilano

Procedimiento:

1. Con la vaselina sólida, **hagan** un círculo en el medio del portaobjeto.
2. **Llenen** el gotero con parte del cultivo de paramecios y **colóquenlo** en el centro del círculo de vaselina del portaobjeto. **Tapen** el preparado con el cubreobjeto.
3. **Observen** al microscopio. Con el mayor aumento, podrán distinguir las vacuolas pulsátiles. **Hagan** en sus cuadernos un esquema de lo que observan.

4. **Limpien** el gotero, **colóquenlo** en un ángulo de 45° con respecto al preparado y **agreguen** suavemente la solución de cloruro de sodio. **Observen** y **esquematicen** en sus cuadernos.
5. **Coloquen** el gotero limpio de la misma manera que en el paso 4 y **agreguen** suavemente el agua destilada. **Observen** y **esquematicen**.



© Sanitilano

Conclusiones:

- a. **Describan** el comportamiento adoptado por la vacuola cuando el paramecio estuvo en contacto con las diferentes soluciones.
- b. ¿Cuál es la importancia de este mecanismo de osmorregulación?
- c. ¿Qué sucedería con el paramecio si no contara con vacuolas pulsátiles? ¿Por qué?



© Sanitilano

Evaluación

Identifica el desarrollo embrionario en los organismos superiores, como el punto de origen de la especialización de las células que da lugar a estructuras de mayor complejidad.

0,5 puntos 1. Enumera las etapas del desarrollo embrionario y describe cada una.

0,5 puntos 2. Copia y relaciona las dos columnas según el origen embrionario de cada elemento.

a. Hueso
b. Hígado
c. Sistema nervioso
d. Aparato excretor

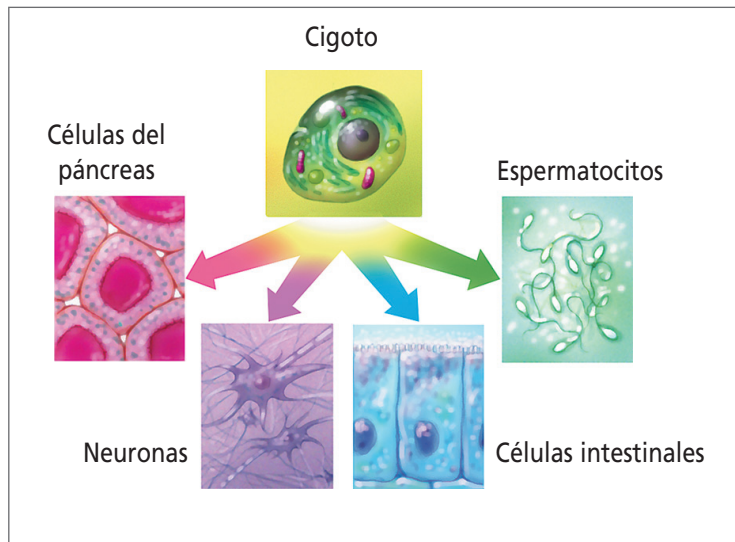


1. Endodermo
2. Mesodermo no celómico
3. Ectodermo
4. Mesodermo celómico

1 puntos 3. Define los siguientes términos.

a Blastómero	d Blastocelo	g Celoma
b Mórula	e Blástula	h Endodermo
c Blastodermo	f Gástrula	i Mesodermo

1 puntos 4. Observa la figura y explica qué representa.



0,5 puntos 5. Dibuja los anexos embrionarios de los mamíferos.

Explica con argumentos la integración de funciones que existe entre los diferentes sistemas del organismo.

0,5 puntos 6. Explica cómo las células del organismo aprovechan los nutrientes que una persona ingiere durante una comida.

0,5 puntos 7. Explica qué procesos fisiológicos relacionados con el sistema digestivo se verían afectados en una persona por la extirpación del páncreas.





1 punto 8. Indica cómo se relaciona el sistema respiratorio con el sistema circulatorio.

0,5 puntos 9. Analiza qué le pasaría a un deportista si no se alimenta de una manera adecuada.

Describe la función neuroendócrina en el mantenimiento de la homeostasis en el organismo desde la solución de casos.

1 punto 10. Elabora un esquema para explicar por qué el sistema nervioso es el sistema coordinador y de integración de los demás sistemas.

1 punto 11. Elabora un esquema con las glándulas y otros órganos encargados del manteniendo de la homeostasis. Explica, de acuerdo al esquema, cómo se mantiene la homeostasis del organismo.

Reconoce los mecanismos básicos de defensa del organismo y aplica su conocimiento en la solución de problemas.

1 punto 12. Define los siguientes términos y escribe un ejemplo.

- | | |
|----------------------|--------------|
| a) Barrera defensiva | c) Macrófago |
| b) Linfocito T | d) Inmunidad |

1 punto 13. Copia una tabla como la siguiente y complétala.

	Respuesta inespecífica	Respuesta específica
Barreras primarias		
Células		

Coevaluación

Formen grupos y **planifiquen** una campaña para promover el cuidado de la salud para una vida plena. En su planificación **organicen** las actividades, el tiempo y designen un responsable para cada una. **Implementen** su campaña y **den** seguimiento a las actividades.

Autoevaluación (Metacognición)

- ¿Qué conocimientos nuevos has adquirido al estudiar este bloque?
- ¿Cuáles conceptos o temas requieren ser aclarados?
- ¿Para qué te son útiles los conocimientos adquiridos en este bloque?



© Sanillano

La tecnología al servicio del diagnóstico de las enfermedades digestivas

Los avances científico-tecnológicos de los últimos años han puesto al servicio de la Medicina una serie de recursos que facilitan el diagnóstico y el tratamiento de las enfermedades.

En el caso de las enfermedades del sistema digestivo, algunas de esas técnicas son la termografía computarizada, la resonancia magnética nuclear y la tomografía computada, los rayos X, la laparoscopia, la endoscopia o fibroscopia y la ecografía.

Termografía computarizada (del griego *thermee*, 'caliente'; y *graphein*, 'escribir'). Permite obtener imágenes de diferentes colores de acuerdo con la temperatura de los órganos, que depende de la actividad desarrollada por cada uno. Los colores blanco y rojo, los más calientes, indican mayor actividad; mientras que los azules y púrpura son los más fríos y señalan una actividad menor.



© Santillana

Resonancia magnética nuclear (RMN) y tomografía computarizada. Ofrecen imágenes radiológicas procesadas por computadora, las cuales permiten visualizar el interior de los órganos y lograr toda clase de cortes anatómicos. Estas mediciones se hacen mediante detectores colocados alrededor del paciente y en la sección sujeta a examen. Para obtener las imágenes, el paciente debe ser sometido a un poderoso campo magnético estático y, mediante la aplicación de otro campo magnético giratorio, se logra perturbar el alineamiento de los núcleos de hidrógeno del cuerpo. Cuando se detiene la acción del campo giratorio, los núcleos de hidrógeno retornan a su anterior alineación y, en ese momento, emiten señales que, mediante un sistema electrónico, son traducidas y transformadas en imágenes en una pantalla.



© Santillana

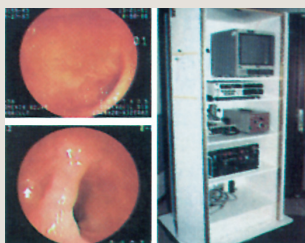
Rayos X. Es una de las técnicas más tradicionales. Estos rayos son emitidos hacia el paciente e impactan en una placa fotosensible, donde queda gra-

bada la imagen de los órganos. La ingestión previa de sulfato de bario rellena los órganos que se quieren observar y permite que estos se vean blancos y los espacios entre ellos de color negro. Esta técnica se utiliza, especialmente, para analizar la motilidad de los órganos huecos, como el estómago y el intestino.



© Santillana

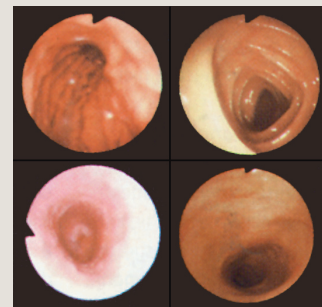
Laparoscopia. Es una técnica exploratoria y terapéutica. El laparoscopio se introduce en la cavidad abdominal, mediante una pequeña incisión realizada en la pared. Una lamparita ubicada en el extremo permite explorar el interior e implementar tratamientos.



© Santillana

Endoscopia o fibroscopia. Se realiza introduciendo el endoscopio por la boca y desli-

zándolo lentamente para explorar el interior del tubo digestivo. Este aparato cuenta con una fibra óptica, para la conducción de la luz y las imágenes. Se utiliza con fines diagnósticos y terapéuticos. La simplicidad de la técnica hace posible que la efectúe el especialista en su consultorio.



© Santillana

Ecografía. Se basa en la emisión de una señal de ultrasonido y en cómo reciben los diferentes órganos esa señal. Los ultrasonidos son emitidos por el ecógrafo, se propagan por el aire, el agua y los sólidos, y se reflejan al chocar con órganos de diferente densidad, los cuales generan distintos ecos. Una computadora permite reconstruir las imágenes emanadas por los ecos que generan los cuerpos sólidos. Este método se usa frecuentemente para el análisis de la vesícula y el colédoco.



© Santillana

Actividades

1. **Organicen** un trabajo grupal de análisis de diferentes técnicas para el estudio del sistema digestivo, así como para el diagnóstico y la terapia de las principales enfermedades que lo afectan.
2. **Visiten** un centro especialista en Gastroenterología y **entrevisten** a médicos particulares para recabar información sobre el tema.

La naturaleza biónica

Hacia el año 1500, Leonardo da Vinci (1452-1519) escribió sus observaciones sobre el vuelo de las aves y los murciélagos, y dejó dibujos y esquemas para construir un aparato volador que los imitara. Casi 400 años más tarde, el ingeniero aeronáutico alemán Otto Lilienthal (1848-1896) diseñó un aparato volador basándose en el modo en que planean las cigüeñas. Se iniciaba así la era de la Biónica...

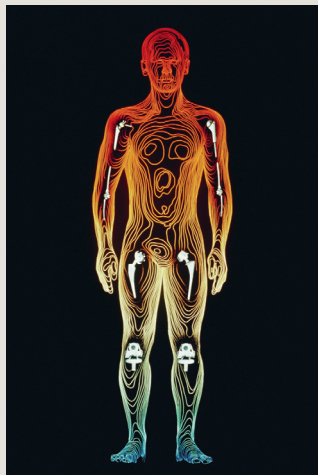
La **Biónica** es una ciencia que se basa en las estructuras y los procesos biológicos para diseñar instrumentos útiles al ser humano.

La Biónica moderna tiene muchas propuestas. Entre sus múltiples proyectos cabe mencionar el estudio sobre las aberturas de los extremos de las alas de la cigüeña: un grupo de investigadores descubrió que esta característica genera pequeños torbellinos o turbulencias que aprovechan la fuerza impulsora del viento —incluso cuando este no es más que una brisa—, que sirve para generar energía eólica.

¿Por qué la araña de agua puede nadar y sumergirse sin mojarse? se preguntó un equipo de investigadores de la Universidad de Bonn, en Alemania. Esto se debe a que su superficie corporal es hidrófoba (repele el agua). Copiar este diseño natural puede servir —entre otras aplicaciones— para diseñar trajes de natación que permanezcan siempre secos.

Algo mucho más cotidiano, el **velcro** (utilizado en la industria textil) fue inspirado en las adaptaciones que tienen ciertas semillas, que les permite adherirse a los pelos de los animales para ser transportadas.

Otro campo de investigación de la biónica tiene que ver con el uso de los **biomateriales** en los implantes. Estos están compuestos por partículas lo suficientemente



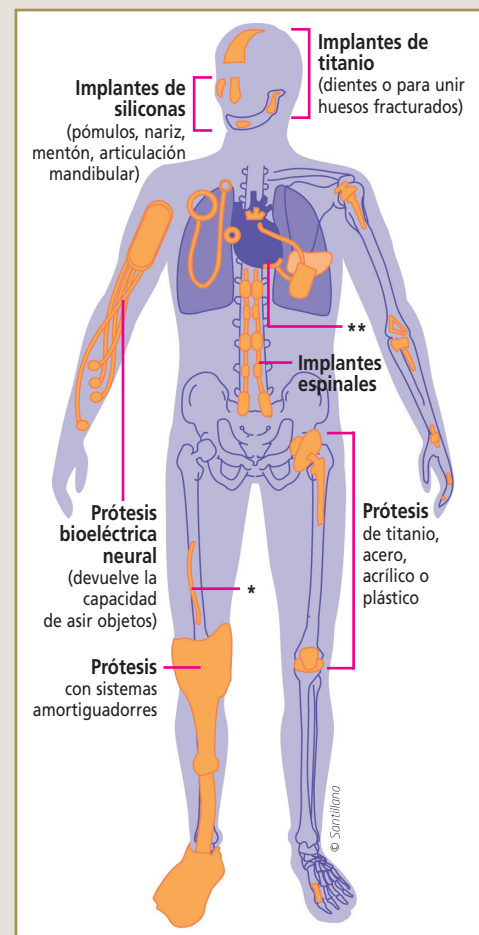
Implantes de titanio en el cuerpo humano.

grandes como para que los glóbulos blancos no puedan fagocitarlos, cosa que sucede con cualquier otro material extraño que ingresa en el organismo. Dichas partículas se mezclan con la sustancia denominada **polivinilpirrolidona (PVP)**. Una de las ventajas de esta nueva técnica frente al uso de las siliconas es que a los pocos días de ser inyectado el biomaterial en el cuerpo, el propio organismo genera una cantidad equivalente de colágeno o tejido de sostén, que permite la fijación del implante.

El verdadero desafío de los científicos es la creación de órganos artificiales que puedan sustituir a los naturales. Por ejemplo, para el reemplazo de huesos, a las **prótesis de titanio** se les están agregando **cerámicas bioactivas**, que interactúan con las células óseas cuando se produce una fractura. Así, regeneran el tejido faltante o fusionan las partes rotas.

Pese a que los trasplantes y los implantes con sus aplicaciones en cirugía estética parezcan un tema del siglo actual, las técnicas reparadoras se aplican desde hace milenios. Así, en el año 4000 a. C., los médicos del valle del Indo reconstituían narices amputadas.

Tal vez, y entrando en el terreno de la ciencia ficción, algún día llegue a construirse un **hombre biónico**, imitando estructuras presentes en distintos animales con la aplicación de nuevos materiales.



***Arterias:** Implante de una malla metálica muy delgada (*stent*) para mantener la apertura y permitir el paso de la sangre cuando hay una obstrucción (*angioplastia*).

****Corazón:** Implante de **corazón mecánico artificial** (cuando no se consigue uno para trasplantar; tiene una duración de hasta dos años); **marcapasos cardíaco** (prótesis eléctrica que lleva el estímulo hasta el corazón); **desfibrilador** (unidad coronaria completa, que puede diagnosticar lo que le pasa al paciente y restablecer las funciones cardíacas).

Actividades

1. **Busquen** información en este bloque y **complementenla** con textos de Zoología, acerca de las características del esqueleto que permiten que las aves vuelen y que los peces nadan. Con esa información, **resuelvan**:
a) ¿Qué mecanismos hacen posible la sustentación de un ave en el aire? ¿Y de un avión? ¿Y la locomoción activa de un pez?

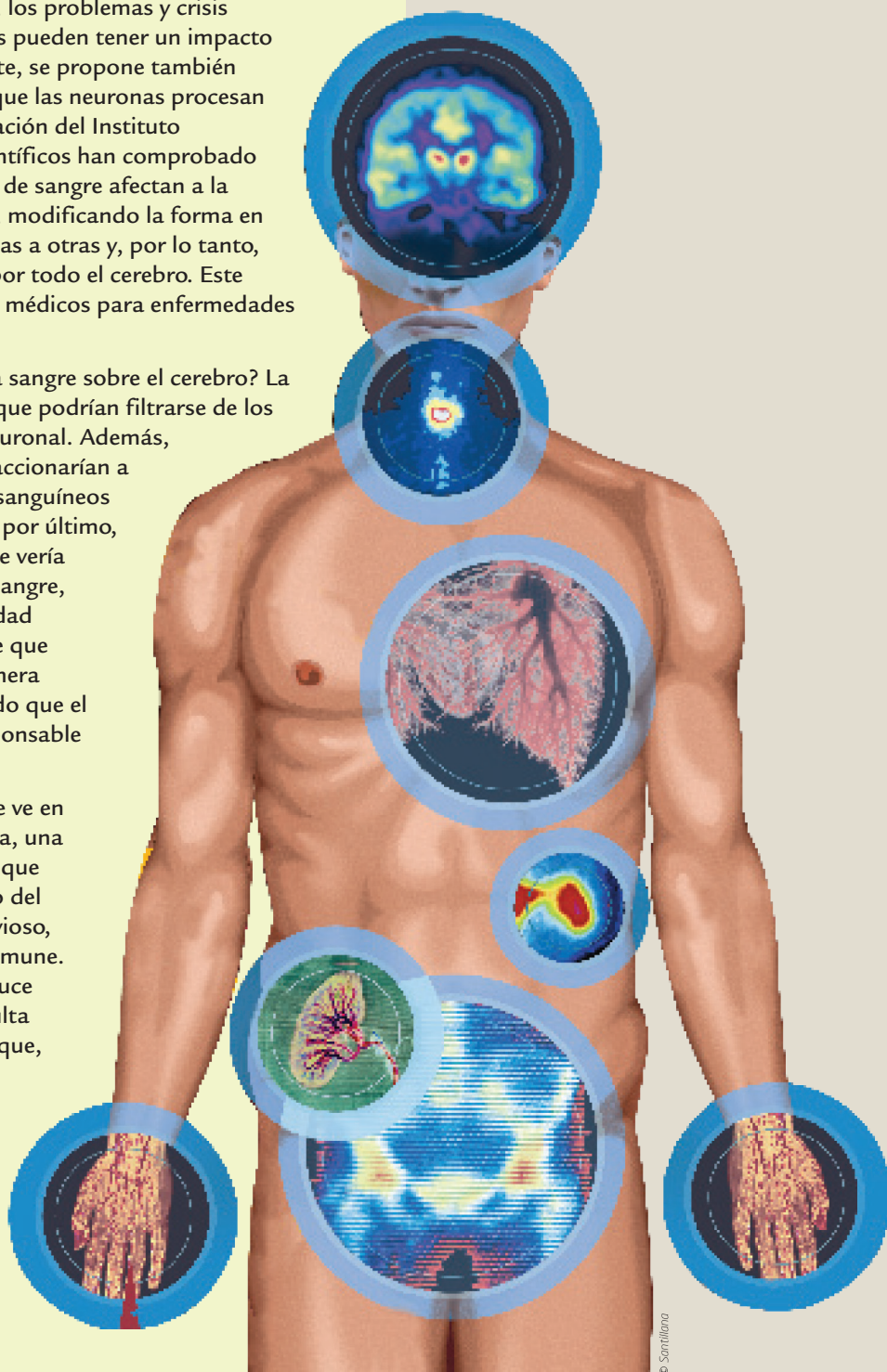
- b) ¿Qué características posibilitan la propulsión de un buque o un submarino?
2. **Discutan** sobre ejemplos en la naturaleza que les parezcan de utilidad para ser aplicados en algún desarrollo tecnológico.

Todos los sistemas están integrados

Los sistemas permiten sobrevivir a los organismos, y necesitan que todos funcionen de manera integrada y coordinada para que el organismo, en su conjunto, pueda desarrollar tareas complejas. Así, por ejemplo, la sangre, alimenta al cerebro, al igual que al resto del organismo, con los nutrientes y el oxígeno necesario para proporcionar energía a las células. Por esa razón, los problemas y crisis cardiovasculares como las embolias pueden tener un impacto profundo en el cerebro. Actualmente, se propone también que la sangre modula la forma en que las neuronas procesan la información. Según una investigación del Instituto Tecnológico de Massachussets, científicos han comprobado que cambios localizados en el flujo de sangre afectan a la actividad de las neuronas cercanas, modificando la forma en que estas transmiten las señales unas a otras y, por lo tanto, regulando el flujo de información por todo el cerebro. Este hallazgo podría suponer beneficios médicos para enfermedades como la demencia o la epilepsia.

¿A qué se debe esta influencia de la sangre sobre el cerebro? La sangre contiene factores disueltos que podrían filtrarse de los vasos para afectar a la actividad neuronal. Además, las neuronas y las células gliales reaccionarían a las fuerzas mecánicas de los vasos sanguíneos expandiéndose y contrayéndose. Y, por último, la temperatura del tejido cerebral se vería modificada por la influencia de la sangre, lo que también afectaría a la actividad neuronal. Por todo eso, se concluye que debe mirarse el cerebro de una manera completamente nueva, considerando que el sistema circulatorio podría ser responsable del funcionamiento cerebral.

Otro ejemplo de esta integración se ve en la psiconeuroinmunoendocrinología, una ciencia multidisciplinaria e integral que ha demostrado el impacto negativo del estrés crónico sobre el sistema nervioso, el sistema endocrino y el sistema inmune. La respuesta al estrés crónico produce un desbalance bioquímico que resulta en alteraciones inmunosupresoras que, a la vez, conducen al desarrollo de enfermedades inflamatorias, fatiga causada por el agotamiento de las glándulas suprarrenales, enfermedades metabólicas que incluyen obesidad, diabetes tipo 2 y enfermedades cardiovasculares.



© Santillana

Explica con argumentos la integración de funciones que existe entre los diferentes sistemas del organismo.

- 0,5 puntos
1. De acuerdo a la lectura, **indica** por qué razón la sangre es de vital importancia para la función cerebral.
 2. **Explica** cómo el sistema circulatorio se relaciona con todos los tejidos y órganos de los demás sistemas del cuerpo de los seres vivos.
 3. **Elabora** un esquema que represente la integración de las funciones entre el sistema digestivo, excretor, circulatorio, respiratorio y locomotor.

Describe la función neuroendocrina en el mantenimiento de la homeostasis en el organismo desde la solución de casos.

- 0,5 puntos
4. **Menciona** un factor desencadenante para que se altere la homeostasis del cuerpo humano y las consecuencias de este estado.
 5. **Describe** cómo el organismo mantiene la homeostasis en caso de estrés crónico.

Reconoce los mecanismos básicos de defensa del organismo y aplica su conocimiento en la solución de problemas.

- 0,5 puntos
6. En el caso de alteraciones inmunosupresoras que conducen al desarrollo de enfermedades, que se menciona en la lectura, **identifica** cuáles son los mecanismos de defensa que se verían afectados en un individuo.

Explica con argumentos la integración de funciones que existe entre los diferentes sistemas del organismo.

- 0,5 puntos
7. **Lee** el siguiente texto y **responde** las preguntas.

La respiración ocurre gracias a la acción del sistema respiratorio, que es el encargado de incorporar el oxígeno de la atmósfera y eliminar el dióxido de carbono producido por la actividad celular.

Explica cómo el sistema circulatorio cumple un rol complementario en el transporte de los gases en la sangre.

- 0,5 puntos
8. La homeostasis es la propiedad de los seres vivos de regular y manter en equilibrio su medio interno. Para lograrlo, ha desarrollado una serie de mecanismos reguladores que integran las funciones del sistema endócrino, el sistema nervioso y el sistema excretor. **Elabora** un organizador gráfico para explicar cómo estos tres sistemas mantienen la homeostasis del organismo.
 9. Los órganos del sistema inmune están interconectados por vasos sanguíneos y linfáticos, de modo que constituyen un sistema unificado e intercomunicado, dentro del cual se transportan las células que participan en él. **Escribe** un párrafo para explicar cómo estos sistemas trabajan de manera integral para defender al organismo contra agentes infecciosos.

Describe la función neuroendocrina en el mantenimiento de la homeostasis en el organismo desde la solución de casos.

- 0,5 puntos
10. La producción de la mayoría de las hormonas está controlada por el eje hipotálamo-hipofisiario. **Describe** con un ejemplo cómo este eje funciona mediante el mecanismos de retroalimentación negativa para mantener la homeostasis.

Coevaluación

Formen parejas e **investiguen** un estudio de caso que les permita ejemplificar cómo los sistemas del cuerpo de un organismo trabajan de manera integrada y coordinada.

Autoevaluación

Responde las siguientes preguntas.

¿Qué acciones realizas para cuidar tu salud?

¿Qué importancia tiene cada uno de tus órganos en el funcionamiento de tu cuerpo?

Bibliografía

- Acuña, Flora. *Química orgánica*, San José, Universidad Estatal a Distancia, 2006.
- Allott, Andrew y David Mindorff. *IB Diploma Programme Biology*, Course Companion, Oxford, Oxford University Press, 2007.
- Amabis, José Mariana y Gilberto Rodrigues Martho. Biología I, *La estructura y las funciones de los seres vivos*, Colección Manuales, Lima, Santillana, 2011.
- Amabis, José Mariana y Gilberto Rodrigues Martho. *Biología II, La estructura y las funciones de los seres vivos*, Colección Manuales, Lima, Santillana, 2011.
- Audesirk, Byers. *Biología*, 8ª ed., México, Pearson-Educación, 2008.
- Augros, Robert. *The New Biology*, Boston, New Science Library Shambhala, 1987.
- Barderi, M., Cuniglio, F., Fernández, E., Haut, G., López, A., Lotersztain, I. y Schipani, F. *Biología*. Santillana Polimodal. Ediciones Santillana S.A. Argentina. 1998.
- Boomer, Garth, et al. *Negotiating the Curriculum, Educating for the 21st Century*, London, The Falmer Press, 1992.
- Campbell, Neil et al. *Biology*, 5th ed., Nueva York, Addison Wesley Longman, Inc., 1999.
- Carretero Mario. *Construir y enseñar las ciencias experimentales*, Argentina, Aique Grupo Editor, 1996.
- Curtis, Helena y Sue Barnes. *Biología*. 6ª ed., Buenos Aires, Médica Panamericana, 1993
- Curtis, Helena and Sue Barnes. *Biology*, 5th ed., Nueva York, Worth Publishers Inc., 1989.
- Castillo, A., Meléndez I., Madrid, M. y Blanco, M. *Biología y Geología 1 Bachillerato*. Proyecto Casa del Saber. Santillana Educación, S. L. España. 2008.
- Fried, George. *Biología de Schaum*, México, MacGraw-Hill Interamérica, 2004.
- Gama Fuertes, María de los Ángeles. *Biología II*, Nivel Bachillerato, México, Prentice Hall Hispanoamericana, 1998.
- Gibbons, B.J., P.J. Roach y T.D. Hurley, «Crystal Structure of the Autocatalytic Initiator of Glycogen Synthesis, Glycogenin», en *Journal of Molecular Biology*, vol. 319, 2002, pp. 463-477.
- Gilbert. S. *Biología del desarrollo*, 7ª ed., Buenos Aires, Médica Panamericana, 2005.
- Gonzáles Canga, A. et al. «Glucomannan: Properties and Therapeutic Applications», en *Nutrición Hospitalaria*, vol.19, 2004, pp. 45-50.
- Jimeno A., Ballesteros, M. y Ugedo, L. *Biología*. Editorial Santillana S. A. México. 2003.
- Jimeno, A., Ballesteros, M., Ugedo, L., y Madrid, M. *Biología 2 Bachillerato*. Santillana Educación, S. L. Madrid. 2009.
- Karp, Gerald. *Biología celular y molecular*, México, MacGraw-Hill Interamérica, 2001.
- Marzano, Robert J. y Debra J. Pickering. *Dimensions of Learning*, Virginia, ASCD, 1997.
- Morales, E. *Biología 11*. Proyecto Crisalida. Editorial Santillana. Costa Rica. 2005.
- Nabors, Murray W. *Introducción a la Botánica*, Madrid, Pearson Addison Wesley, 2006.
- Quesada, S. *Manual de experimentos de laboratorio para bioquímica*, San José, EUNED, 2007.
- Seoáñez, Mariano. *Medio ambiente y desarrollo: Manual de gestión de los recursos en función del medio ambiente*, España, Ediciones Mundi Prensa, 1998.
- Silverthorn, D. *Fisiología humana: un enfoque integrado*. 4ª ed., Buenos Aires, Médica Panamericana, 2009.
- Solomon, Eldra, Linda Berg y Diana W. Martin. *Biología*, 5ª ed., México, MacGraw-Hill Interamérica, 2001.
- Stenhouse, Lawrence. *La investigación como la base de la enseñanza*, 3a ed., Madrid, Ediciones Morata, S.L., 1996.
- Wolpert, L. *Principles of Development*, 3rd ed., Oxford, Oxford University Press, 2007.