



Manual de Biología

Parte 1

Unidad de Acompañamiento y
Acceso a la Universidad



UCSC



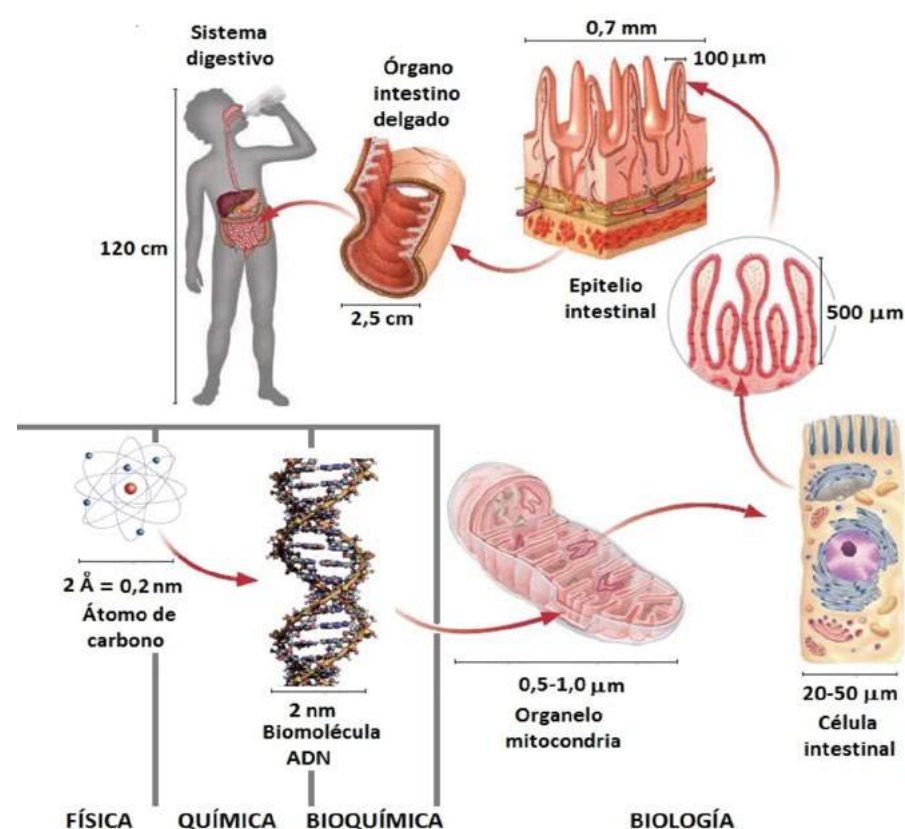
TABLA DE CONTENIDOS

Prólogo	5
1. Organización, estructura y actividad celular	6
1.1. La biología, ciencia de la vida	6
1.2. Niveles de organización de la materia	6
1.3. Propiedades emergentes y las disciplinas que las estudian	7
1.4. La célula como unidad microscópica que compone a los seres vivos	8
1.4.1. Antecedentes del estudio de la estructura de los seres vivos	8
1.4.2. Postulados de la teoría celular	9
1.4.4. Tipos de células: procariontes, eucarionte animal, eucarionte vegetal	9
1.4.3. Componentes básicos de toda célula	9
Estructura general de la célula procarionte	10
Estructura general de una célula eucarionte animal	11
Estructura general de una célula eucarionte vegetal	12
1.4.5. El cloroplasto y la nutrición por fotosíntesis	14
1.4.6. La mitocondria y la respiración celular como proceso de obtención de energía	15
1.4.7. Teoría endosimbiótica: el origen de las células eucariontes	16
1.5. Química de los seres vivos: las moléculas que componen a la célula	17
1.5.1. Biomoléculas inorgánicas: agua, sales y gases	17
1.5.2. Biomoléculas orgánicas	20
1.5.2.1. Azúcares, glúcidos o carbohidratos	20
1.5.2.2. Grasas o lípidos	22
1.5.2.3. Ácidos nucleicos y fosfatos de adenosina	23
1.5.2.4. Proteínas	25
1.5.3. Enzimas: propiedades e importancia en el metabolismo celular	29
1.5.3.1. Catalizadores y energía de activación	29
1.5.3.2. Características de las enzimas	29
1.5.3.3. Mecanismo de acción de las enzimas	29
1.5.3.4. Factores que afectan la actividad enzimática e inhibidores	30
1.5.3.5. Metabolismo celular	31
1.6. Intercambio de sustancias entre la célula y su ambiente	34
1.6.1. Composición de la membrana citoplasmática	34
Actividades	34
1.6.2. Propiedades y funciones de la membrana citoplasmática	35
1.6.3. Tipos de transporte celular	35
1.6.3.1. Transporte pasivo	35
A. Difusión simple	37
B. Difusión facilitada	40
C. endocitosis	43

La Biología es la ciencia que estudia a los seres vivos. Los organismos vivos están formados por una célula (unicelular) o más (pluricelular) relacionadas entre sí. La célula es, por tanto, la unidad básica de vida. Todos los seres vivos están compuestos por células y, dentro de ellas, ocurren las reacciones bioquímicas necesarias para que exista la vida.

La organización biológica es jerárquica. Los organismos y el medio en que se desenvuelven están formados por los mismos átomos y moléculas que la materia inanimada; sin embargo, presentan diferencias reconocibles en sus niveles de organización.

Unidades de medida en el Sistema Internacional:
 1 centímetro (cm) = 1/100 = 0,01 ó 10^{-2} m
 1 milímetro (mm) = 1/1.000 = 0,001 ó 10^{-3} m
 1 micrómetro (μ m) = 1/1.000.000 ó 10^{-6} m
 1 nanómetro (nm) = 1/1.000.000.000 ó 10^{-9} m
 1 Angstrom (Å) = 1/10.000.000.000 ó 10^{-10} m



Cada nivel de organización superior envuelve a los niveles de organización inferiores. No obstante, cada nivel presenta algo más que las propiedades de cada una de sus partes: posee propiedades emergentes que se forman en ese nivel y que no existen en el anterior por las interacciones entre sus partes. Por ejemplo, un organismo vivo está constituido por la interacción de carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno, pero tiene propiedades diferentes a las de estos átomos constitutivos. Es decir, aunque podemos colocar dentro de un recipiente las proporciones de carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno que tiene un ser humano, y le demos una temperatura adecuada, no conseguiremos formar las interrelaciones que estructuran la materia viva y, por tanto, a un humano como nosotros. Sólo tendremos carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno mezclados, cada uno dueño solo de las propiedades que le corresponden a su nivel de organización.

De todas las propiedades emergentes de la materia, la vida, que surge en el nivel de organización llamado "célula", se produce a partir de la interacción entre los componentes de cada uno de los niveles de organización; es decir, desde el nivel atómico hasta el de la biosfera.

Átomo: Es la partícula más pequeña de un elemento químico. Está constituida por partículas subatómicas. De su estudio se ocupa la Física.

Molécula: Es un agregado de átomos. Son los componentes fundamentales de las células. Existen moléculas inorgánicas y moléculas orgánicas (que sólo pueden ser fabricadas por organismos vivos). Las moléculas inorgánicas, sus propiedades y reacciones son estudiadas por la Química.

Macromolécula: Es una asociación de moléculas, típicamente orgánicas y complejas. Cumplen variadas funciones en las células: algunas son componentes estructurales, otras son reguladoras y otras dirigen la actividad celular. La Química Orgánica estudia todas aquellas moléculas basadas en cadenas de carbono; la Bioquímica se ocupa de aquellas moléculas que forman parte de los seres vivos.

ACTIVIDADES

- 1) Observe la figura del organismo que bebe en la página anterior y estime: ¿cuál es su estatura en metros?
- 2) De acuerdo al rango presentado en el tamaño, ¿cuánto medirá la célula intestinal más pequeña?
- 3) Por "regla de tres", se puede averiguar una cantidad que está con otra cantidad dada en la misma relación que otras dos también conocidas. Si, por las medidas del átomo de carbono, se sabe que 2 Angstrom equivalen a 0,2 nanómetros, entonces, ¿cuánto medirá, en Angstroms, el ancho de la molécula de ADN, que mide 2 nanómetros?

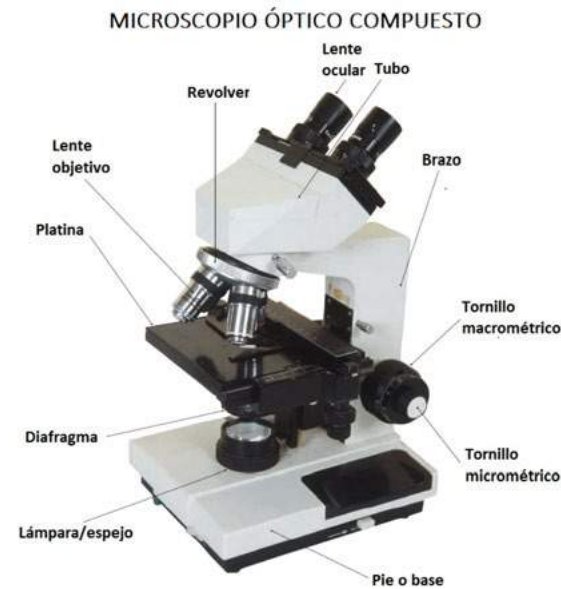
Célula: Es la unidad estructural, funcional y hereditaria de los seres vivos. Las propiedades características de los seres vivos emergen en la forma de una célula; algo que es más que sus moléculas constituyentes y diferentes de ellas. La ciencia que las estudia es la Citología.

Tejido: Es una asociación de células con funciones específicas, que se encuentran unidas estructuralmente y funcionan de manera coordinada. Ej.: tejido óseo, tejido muscular. Son estudiados por la Histología.

Órgano: Asociación de tejidos especializados que cumplen una función específica.

Sistema de órganos: Son agregados de órganos que permiten al organismo realizar diversas funciones en forma integrada y contribuyen así al funcionamiento del organismo completo. Órganos y Sistemas de Órganos son estudiados por la Anatomía y la Fisiología.

Organismo: Ser vivo individual, dotado de autonomía nutricional y reproductiva.



ACTIVIDADES

El microscopio óptico es una herramienta de trabajo muy importante en ciencias, ya que le ha permitido al ser humano conocer el mundo microscópico y la estructura de las células.

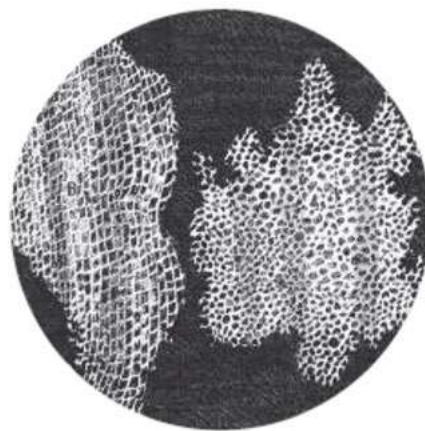
El sistema óptico consta de un lente ocular, que aumenta la imagen de un objeto 10 veces (10X). Este aumento se multiplica por el de cada lente objetivo, para obtener el aumento total.

1) Calcule: ¿Cuál será el aumento total obtenido con los aumentos dados de los tres lentes objetivos: 4X, 10X y 40X?

2) ¿De qué tamaño se verá la imagen de una célula intestinal grande, observada con el lente de 40X?

1.4.1. Antecedentes del estudio de la estructura de los seres vivos

En 1674, Anton van Leeuwenhoek, rico comerciante holandés, construyó los primeros microscopios simples, capaces de aumentar hasta 200 veces una imagen. Con este instrumento, revolucionario para su época, pudo observar organismos unicelulares en agua de charco, levaduras, espermatozoides, glóbulos rojos e incluso bacterias.



Tejido de corcho, dibujado por Hooke en su obra *Micrographia* (1665) (López y Pereda, 2013).

El término "cellula" fue introducido por Robert Hooke en 1665. Como "celdas", parecidas a las que construyen las abejas, bautizó las diminutas cavidades observadas en un corte de corcho.

En 1831, Mathías Jacob Schleiden afirmó que "todas las plantas son aglomeraciones de células".

Theodor Schwann concluyó en 1839 que "todos los seres vivos están compuestos por células o sustancias orgánicas producidas por estas.". Ese mismo año, Schleiden y Schwann postulan su Teoría Celular, la que fue completada por Rudolf Virchow en 1855, cuando agrega: "Toda célula se origina de otra preexistente".

En 1880, el botánico alemán E. Strasburguer describió la división celular en células vegetales. También, W. Fleming y E. van Beneden hicieron aportes importantes en esta misma línea, en el estudio del núcleo celular.

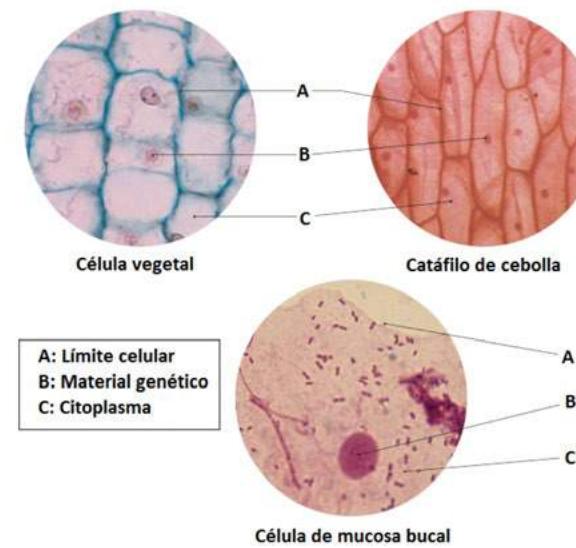
Actualmente, el microscopio electrónico de transmisión (MET), desarrollado por Ruska y col. en 1931, ha permitido el estudio de la ultraestructura de las células.

1.4.2. Postulados de la Teoría Celular

1) La célula es la unidad estructural de todos los seres vivos. Todos los organismos vivos estamos constituidos por células y por productos celulares.

2) La célula es la unidad funcional de los seres vivos. Es capaz de realizar todos los procesos metabólicos necesarios para permanecer con vida, pudiendo desarrollar su actividad en forma individual (organismos unicelulares), o asociarse a otras células, interactuando y complementándose para constituir organismos complejos (multicelulares).

3) La célula es la unidad de origen y de herencia de los seres vivos. Es la parte más pequeña de los organismos capaz de reproducirse por sí misma, de modo que toda célula proviene por división de otra célula, y sólo puede surgir a partir de otras preexistentes.



(Adaptado de López y Pereda, 2013)

1.4.3. Componentes básicos de toda célula

1) Tienen una membrana plasmática que delimita y separa el contenido celular del medio externo.

2) Contienen el citoplasma formado por un líquido viscoso y por las estructuras y sustancias que permiten el metabolismo celular.

3) Poseen material genético (ADN) en el que se encuentra codificada la información que determina muchas características del organismo.

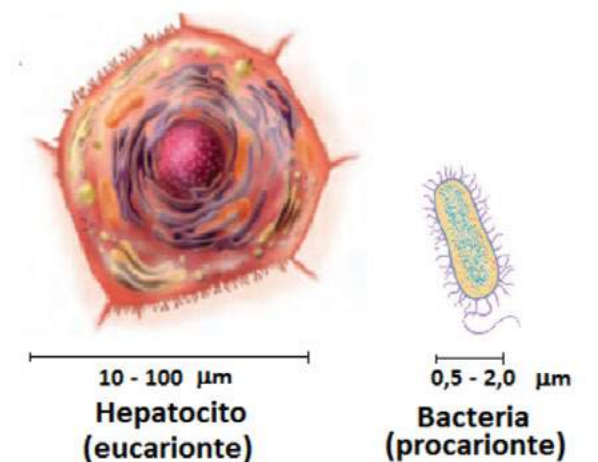
Metabolismo celular: Conjunto de reacciones químicas que se producen en el interior de las células que conducen a la obtención de materia y energía para su funcionamiento.

ADN: Ácido desoxirribonucleico; molécula portadora de la información genética.

1.4.4. Tipos de células: procariontes, eucarione animal, eucarionte vegetal

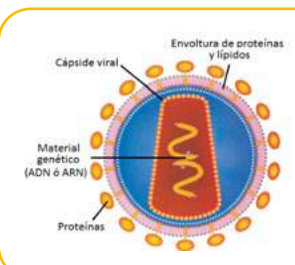
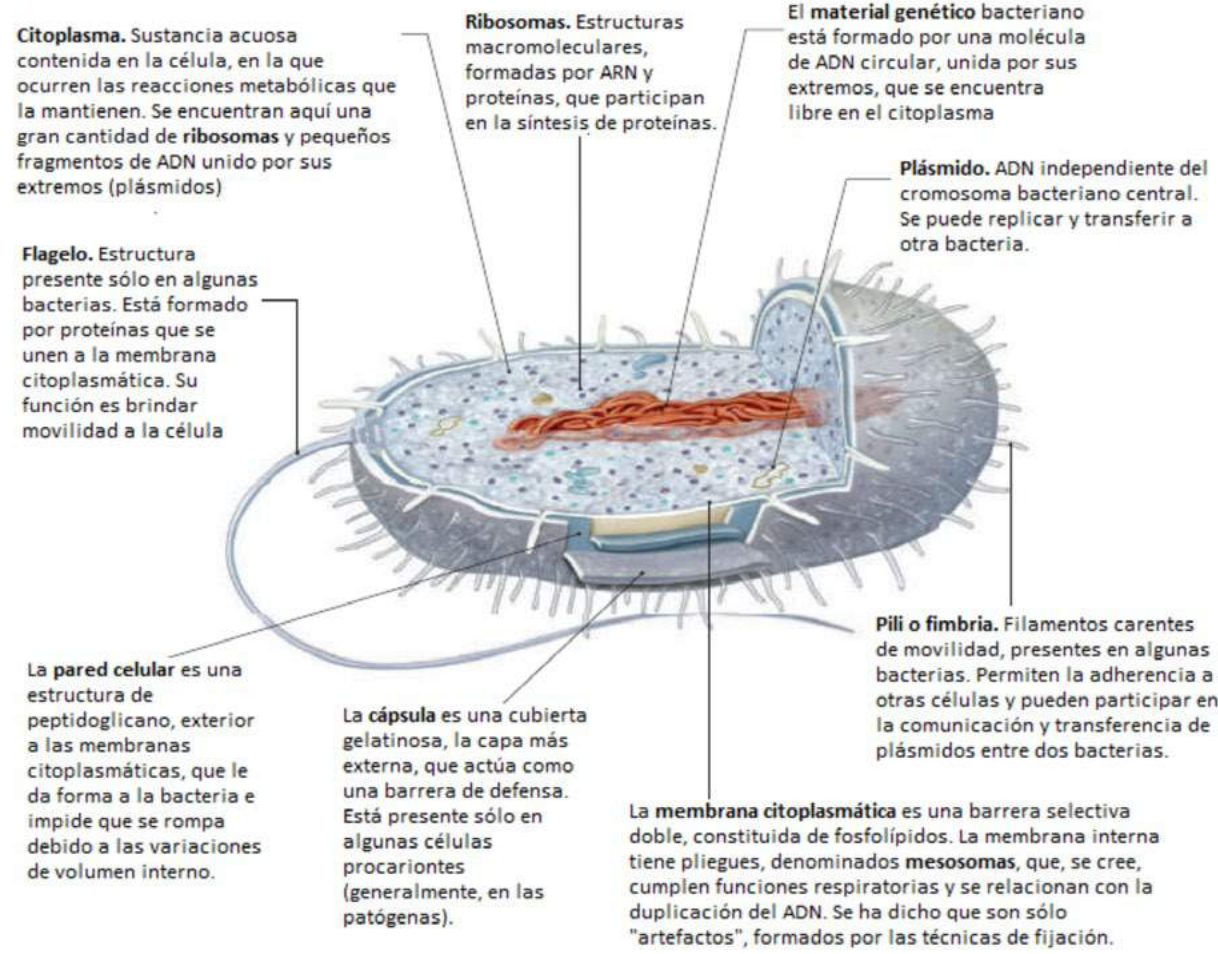
La presencia o ausencia de carion o envoltura nuclear, permite distinguir los dos tipos básicos de célula: procarionte (del latín: pro=antes; y del griego: karyon=núcleo) y eucarionte (del latín: eu=nuevo).

Las células procariontes o procariotas no poseen organelos internos formados por membranas, y cuentan con un único cromosoma (una molécula de ADN circular) que se encuentra disperso en el citoplasma.



(Adaptado de López y Pereda, 2013)

Este tipo celular constituye organismos unicelulares, como las bacterias y las algas verdeazules (cianófitas). Se reproduce por división celular simple. Los procariontes bacterianos presentan formas variables y reciben diferentes nombres en función de su forma: los cocos son esféricos; los bacilos, alargados; los espirilos tienen forma de espiral, entre otros. Algunas especies de bacterias tienen filamentos que se proyectan desde la superficie celular: los flagelos bacterianos.

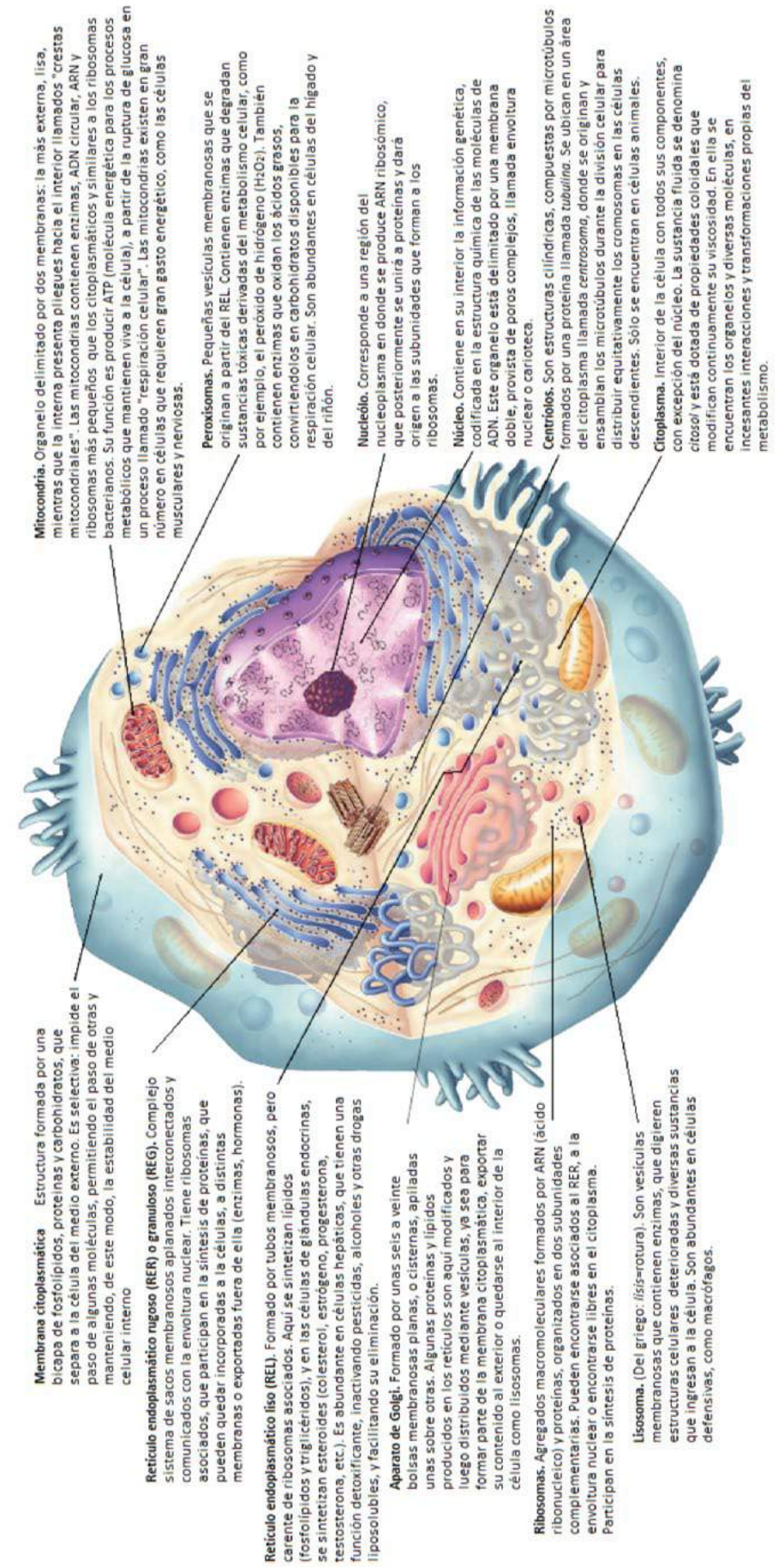


ACTIVIDADES

La figura de la izquierda representa la estructura de un virus (el VIH, causante del SIDA). Considerando que los virus no tienen metabolismo propio, y necesitan usar la maquinaria enzimática de las células que infectan para sintetizar los ácidos nucleicos y las proteínas que los conforman y para lograr reproducirse, ¿pueden considerarse "células"? Fundamente.

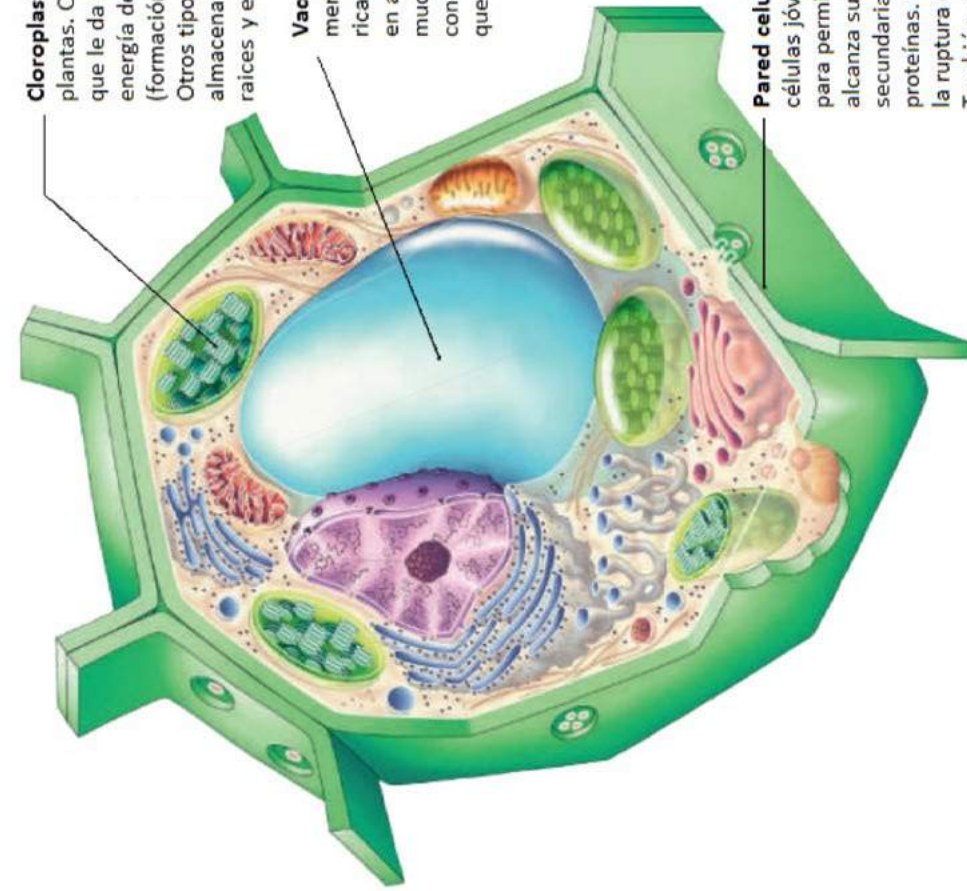
Las células eucariontes comprenden a todos los organismos pluricelulares (animales, vegetales, hongos) y también a los protozoos unicelulares. Las delimita una membrana citoplasmática simple y tienen un núcleo verdadero, rodeado por una envoltura doble que contiene muchas hileras de ADN lineales (cromosomas) asociadas a proteínas (histonas), con diverso grado de compactación (cromatina). Su citoplasma contiene muchos compartimientos, formados por estructuras filamentosas (fibras del citoesqueleto, centríolos) y organelos, algunos membranosos (retículo, aparato Golgi) y otros corpusculares rodeados por una sola membrana (vacuolas, lisosomas, peroxisomas) o por doble membrana (mitocondrias, cloroplastos).

ESTRUCTURA GENERAL DE UNA CÉLULA EUCARIONTE ANIMAL



Cloroplasto. Organelo del tipo plastidio, exclusivo de plantas. Contiene un pigmento denominado clorofila, que le da el color verde a los vegetales y capta la energía de la luz, haciendo posible la fotosíntesis (formación de glucosa y O₂ a partir de agua y CO₂). Otros tipos de plastidios son los leucoplastos (que almacenan almidón), numerosos en las células de las raíces y en tubérculos, como la papa.

Vacuola. Estructura delimitada por una membrana, cuyo contenido es una solución rica en iones, carbohidratos, aminoácidos y, en algunos casos, proteínas. Almacena mucha agua, con el fin de generar las condiciones de turgencia que hacen posible que las plantas permanezcan erguidas.



Pared celular. Estructura externa de las células vegetales. En células jóvenes, la pared primaria es suficientemente elástica para permitir el crecimiento celular. Cuando la célula vegetal alcanza su tamaño definitivo, se genera internamente la pared secundaria, más rígida. Está formada por celulosa, polisacáridos y proteínas. Su principal función es dar rigidez a la planta, evitando la ruptura de la célula por causas mecánicas u osmóticas. También, protege contra microorganismos patógenos y, a través de diferenciaciones denominadas *plasmodesmos*, permite la comunicación entre citoplasmas de diferentes células.

El citoplasma no es únicamente una solución viscosa y homogénea en la que flotan los organelos. En 1976, Keith Porter demostró la existencia de una red de filamentos proteicos que conforman el citoesqueleto. Estos filamentos son de tres tipos: microfilamentos, filamentos intermedios y microtúbulos. El citoesqueleto está presente en todas las células eucariotes. Además, interviene un elevado número de proteínas que unen los filamentos del citoesqueleto entre sí y con las membranas de la célula. Esta estructura mantiene la forma de la célula, le da resistencia mecánica, participa en el movimiento celular, sostiene y mueve los organelos y participa también en la división celular.

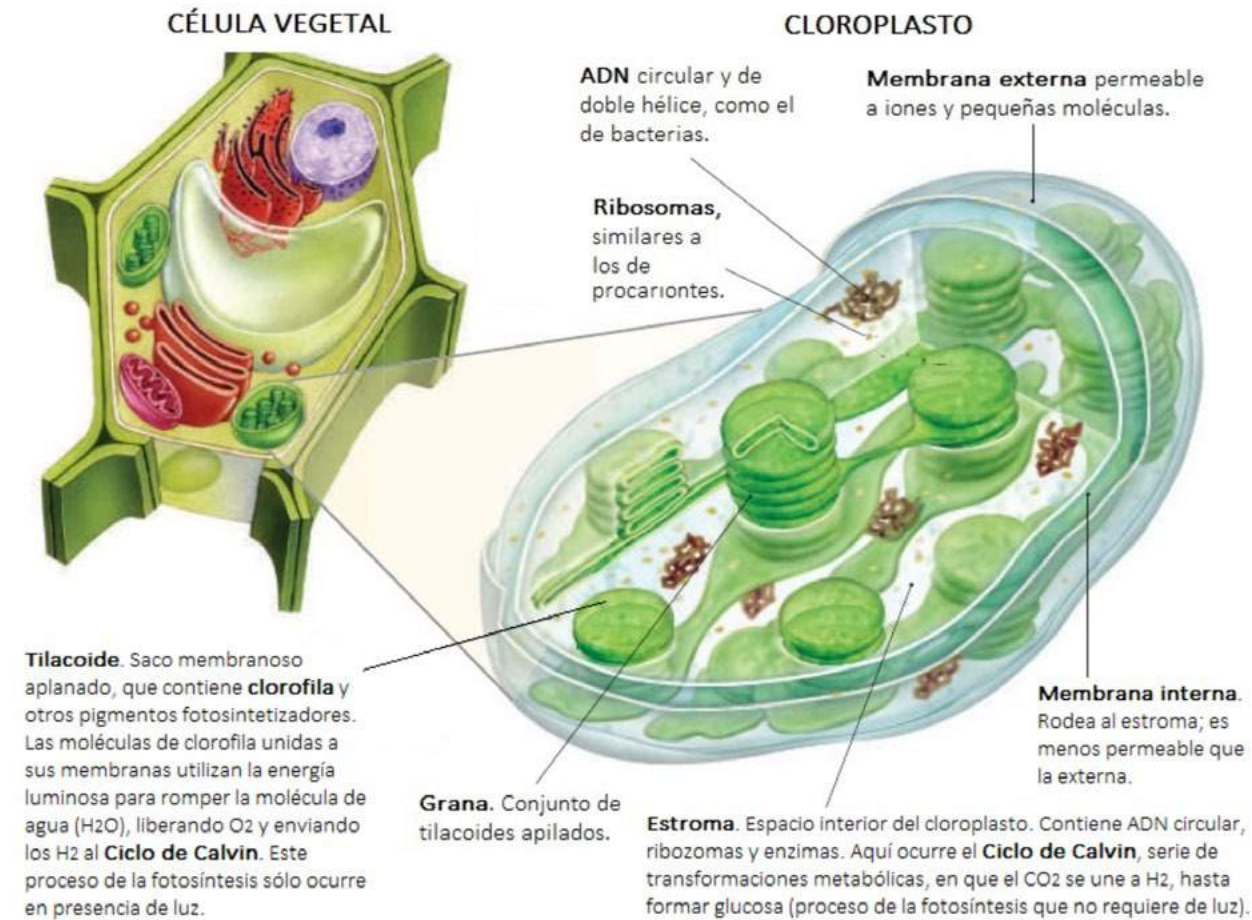
(Adaptado de López y Pereda, 2013; De Robertis, 2005)

ACTIVIDADES

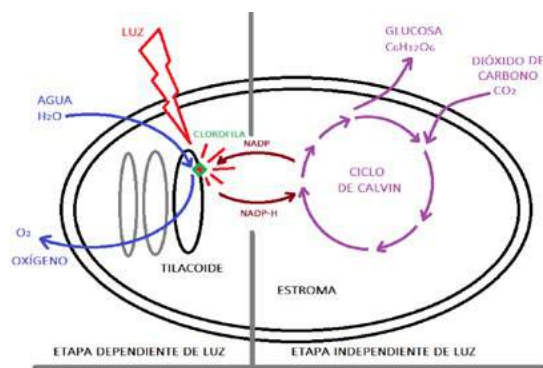
- 1) Observa con atención los modelos de célula animal y vegetal. Luego, rotula en la célula vegetal los organelos y estructuras que también están presentes en la célula animal.
- 2) Relaciona el organelo o la estructura celular que corresponda según su función:
- 3) Explore la información contenida en los modelos de células procariontes y eucariotes presentada en las páginas anteriores, y complete la siguiente tabla, anotando en cada tipo de célula, cuando corresponda, la estructura u organelo que realiza el proceso indicado:

PROCESO	ESTRUCTURA U ORGANELO QUE HACE ESTO EN...		
	Célula procarionte	Célula eucariote animal	Célula eucariote vegetal
Síntesis y transporte intracelular de moléculas.			
Contenido de información genética en macromoléculas.			
Síntesis de proteínas.			
Selección de sustancias y mantención del medio intracelular.			
Degradación de toxinas			

Los cloroplastos son organelos exclusivos de las células vegetales. Son organelos complejos, con su propio ADN ribosomas y enzimas similares a las de procariontes, que tiene cierta autonomía: pueden crecer e incluso dividirse.



(Adaptado de López y Pereda, 2013; De Robertis, 2005)

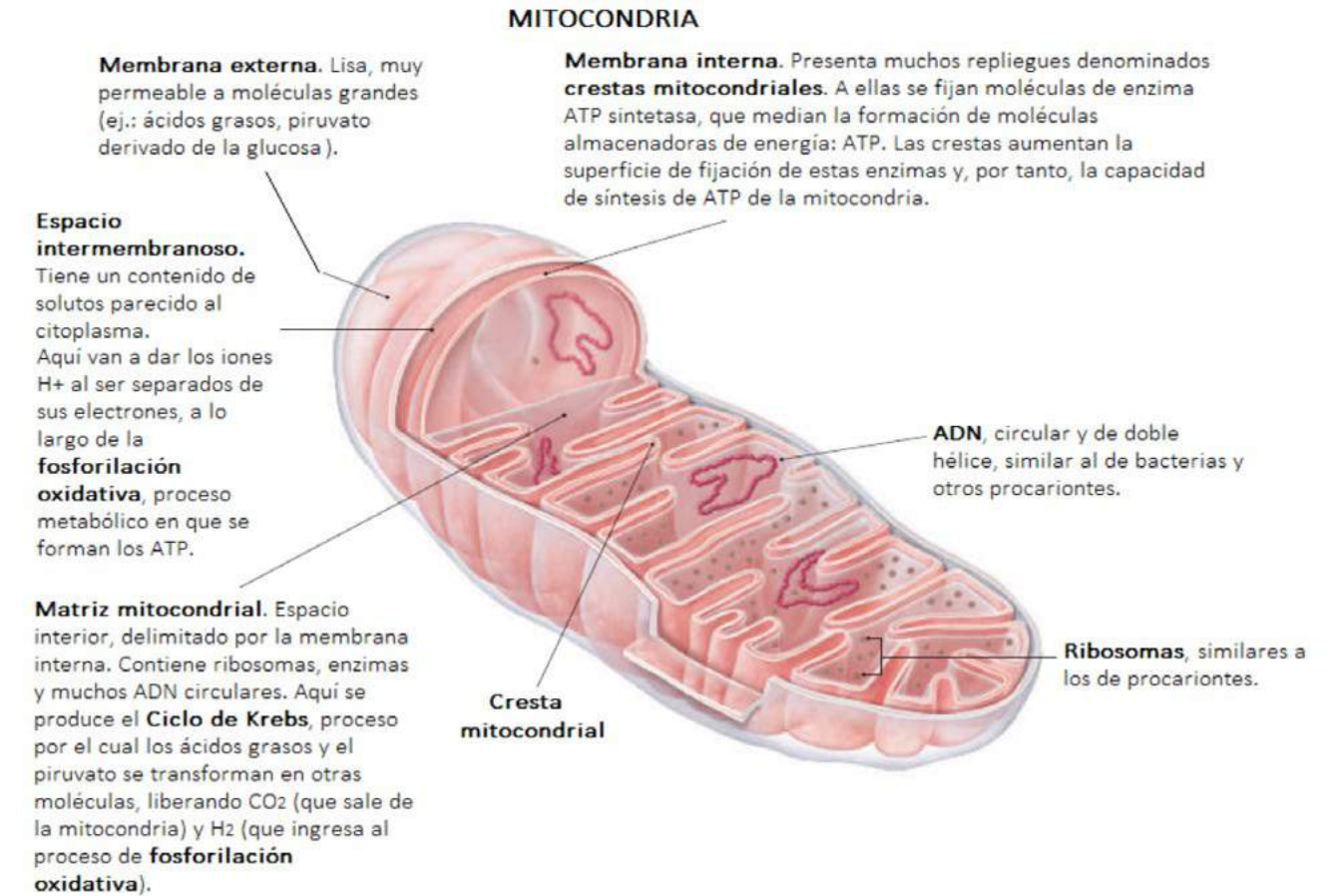


Dentro de los cloroplastos, en la membrana de los tilacoides, hay moléculas de pigmentos tales como clorofila (verde), caroteno (rojo) y xantofila (amarillo). Estas moléculas tienen la capacidad de absorber energía luminosa y, mediante enzimas, unir moléculas inorgánicas sencillas (dióxido de carbono: CO₂ y agua: H₂O) para formar otras más complejas (glucosa: C₆H₁₂O₆), con liberación de oxígeno molecular (O₂). Este proceso metabólico se llama fotosíntesis y es la forma básica de nutrición de los vegetales y de otros autótrofos.

El esquema de arriba resume los procesos metabólicos que acontecen en el cloroplasto durante la fotosíntesis. Abajo, la ecuación global balanceada que la representa:

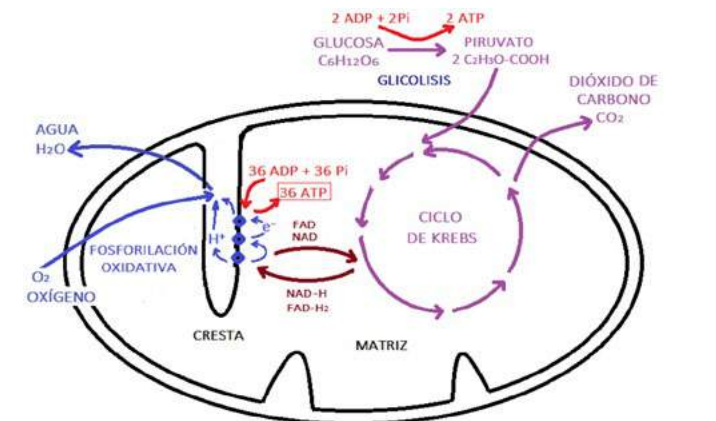


Las mitocondrias son también organelos complejos, pero que se encuentran en todas las células eucariontes. También poseen ADN, ribosomas y enzimas propias, similares a las de procariontes, exhibiendo una autonomía metabólica y reproductiva.

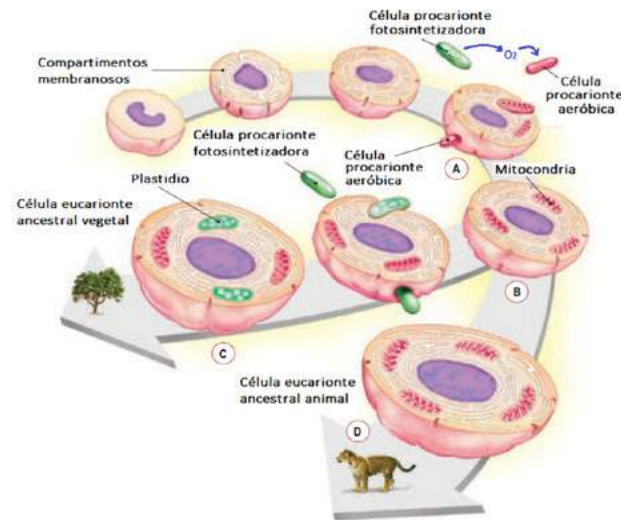


(Adaptado de López y Pereda, 2013; De Robertis, 2005)

El esquema presenta las reacciones metabólicas de la Respiración Celular, proceso mediante el cual la célula genera energía. El primer proceso, en el citoplasma, (Glicolisis) rompe la molécula de glucosa, generándose dos piruvatos y dos ATP. Cada piruvato entra a la matriz mitocondrial y sufre una serie de transformaciones en el Ciclo de Krebs. Como resultado, se va liberando CO₂ y las moléculas NAD y FAD transportan hidrógenos (H) hasta la Fosforilación Oxidativa. En este proceso, las enzimas asociadas a la membrana de la cresta separan al electrón (e⁻) del hidrógeno, generando un protón (H⁺). El e⁻ salta entre las enzimas, aportando la energía para que las ATP sintetas produzcan la unión de 36 moléculas de ADP con sus correspondientes fosfatos (Pi). Al final, los H⁺ y e⁻ se unen en la matriz con el oxígeno (O₂) procedente de la atmósfera, formando agua (H₂O). La ecuación que representa a la respiración celular es:



Con observaciones como las planteadas en las preguntas 1 y 2 de la actividad, la bióloga Lynn Margulis postuló su Teoría Endosimbiótica en el año 1967. Diversas evidencias indican que hace 3.500 millones de años, sólo había unicelulares procariontes. La teoría explica cómo estos organismos unicelulares, más simples y pequeños, llegaron a adquirir la compartimentación y complejidad de las actuales células eucariontes. Los primeros procariontes obtenían su alimento directamente del medio y, con el pasar del tiempo, surgieron algunos que fueron capaces de generarlo mediante la fotosíntesis. Producto de este proceso, los niveles de oxígeno aumentaron en la atmósfera, de modo que otras bacterias (llamadas aeróbicas) comenzaron a utilizarlo para la formación de energía.

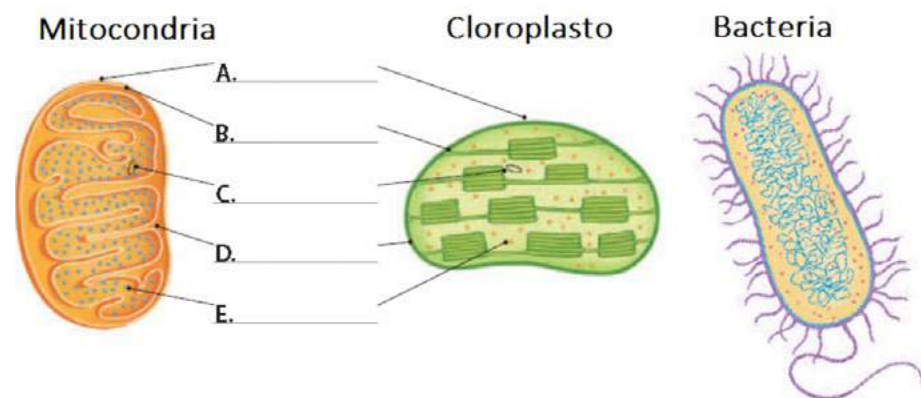


ACTIVIDAD

La figura representa los posibles eventos que se sucedieron a lo largo de la evolución que llevó de las primeras células procariontes hasta las actuales células eucariontes animales y vegetales, según la Teoría Endosimbiótica formulada por Margulis en 1967 (simbiosis significa "vivir juntos"). Considerando los antecedentes anteriores, describa los eventos acontecidos en cada etapa rotulada con las letras A, B, C y D.

ACTIVIDADES

1) Observe las imágenes e identifique las estructuras en común que presentan mitocondrias y cloroplastos. Escríbalos donde lo indican las flechas.



- ¿Qué estructuras tienen en común una bacteria y una mitocondria?
- ¿Qué hipótesis propondría para explicar estas similitudes?
- Observe atentamente la figura que representa a la fotosíntesis y la figura que representa a la respiración celular. ¿Qué puede decir de la dirección que siguen los procesos metabólicos en ambos casos? Describa y fundamente.

Toda la materia está compuesta por átomos. Una sustancia formada por el mismo tipo de átomos, se denomina elemento. A su vez, por sus propiedades químicas periódicas, los átomos suelen combinarse entre sí, formando moléculas, en las que los átomos se mantienen unidos por determinados enlaces. Las moléculas reaccionan entre sí, intercambiando energía y recombinando sus átomos, determinado así todos los fenómenos de transformación química que observamos en la Naturaleza y todas las reacciones metabólicas que ocurren en los seres vivos y que observamos como movimiento, crecimiento, nutrición, desarrollo, reproducción, etc.

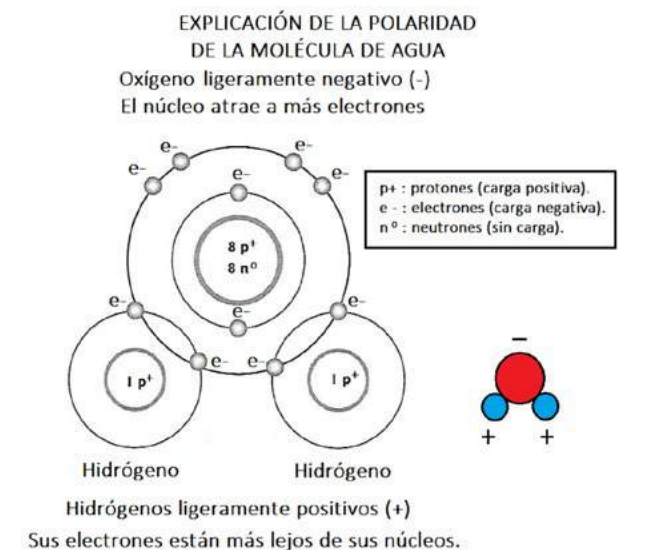
Los principales elementos químicos que constituyen a los seres vivos se denominan bioelementos. Los más abundantes son el carbono (C), el oxígeno (O), el hidrógeno (H) y el nitrógeno (N). Desde el punto de vista químico, estos elementos tienen gran facilidad para combinarse, constituyendo las biomoléculas que componen las células de los organismos. Las biomoléculas pueden clasificarse en inorgánicas y orgánicas.

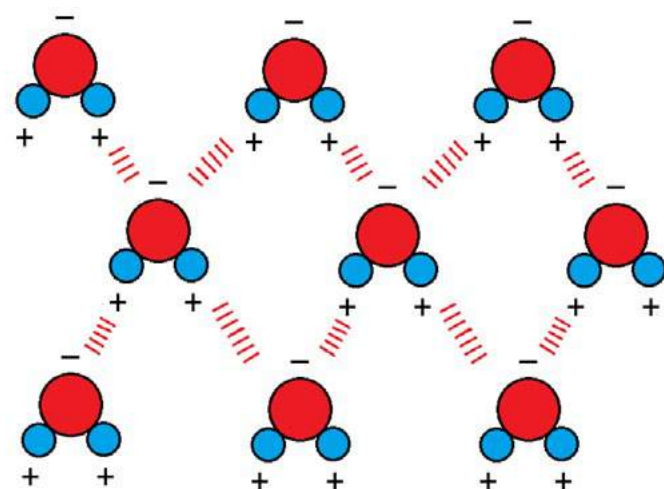
Las biomoléculas inorgánicas son aquellas que se encuentran presentes tanto en los seres vivos como en la materia inerte (rocas y minerales). Son indispensables para el mantenimiento de la vida. Dentro de este grupo se encuentran el agua (H₂O), algunas sales minerales y ciertos gases, como el oxígeno (O₂) y el dióxido de carbono (CO₂).

ÁTOMO	NOMBRE	SÍMBOLO	MOLÉCULAS	NOMBRE	FÓRMULA	TIPO DE ENLACE
	Cloro	Cl		Cloruro de sodio	NaCl	Iónico: atracción eléctrica entre iones con carga positiva (Na ⁺) y iones con carga negativa (Cl ⁻).
	Oxígeno	O		Agua	H ₂ O	Covalente polar: comparten desigual número de electrones; se genera polaridad.
	Sodio	Na		Oxígeno molecular	O ₂	Covalente no polar: comparten el mismo número de electrones; no se produce polaridad.
	Hidrógeno	H				

Agua. El agua es la sustancia más abundante en los seres vivos. Constituye entre el 50% y el 90% de la masa de los seres vivos y ocupa el 75% de la superficie del planeta. La molécula de agua está formada por un átomo de oxígeno, unido covalentemente a dos átomos de hidrógeno. La zona de los hidrógenos es levemente positiva y la del oxígeno es levemente negativa. Esto determina que el agua sea polar, pero neutra.

La polaridad de las moléculas de agua hace que las regiones eléctricamente positivas atraigan a las regiones eléctricamente negativas de otras moléculas de agua, formando enlaces denominados puentes de hidrógeno.





Enlaces puente de hidrógeno: atracciones electrostáticas entre cargas residuales de moléculas polares, como la de agua. Este enlazamiento hace posible muchas propiedades del agua de importancia vital: alto grado de cohesión, alta tensión superficial, alto calor específico, alto calor de vaporización, alto grado de adhesión y capilaridad.

cantidades de calor mediante la evaporación de pequeñas cantidades de agua. Estas propiedades convierten al agua en un eficiente regulador de la temperatura interna de los organismos.

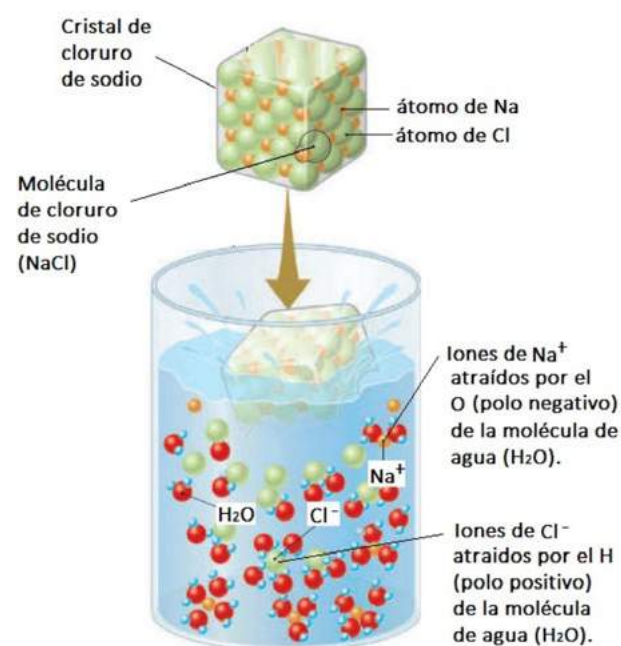
La polaridad de la molécula de agua permite también que esta atraiga y se una con otras moléculas polares diferentes (alto grado de adhesión). Esto hace posible la capilaridad, que es la capacidad que presenta el agua para ascender por el interior de un conducto estrecho o penetrar a través de diferentes estructuras porosas (suelos, papel, etc.). Esta propiedad tiene gran importancia biológica al explicar el ascenso del agua a lo largo de los tubos del xilema en plantas.

El agua es también un solvente universal. Debido a que es una molécula polar, es capaz de separar un gran número de moléculas cargadas, haciendo que se disuelvan en ella, como se indica en la figura de la derecha.

Debido a estas propiedades moleculares, el agua cumple varias funciones biológicas:

- Es un buen disolvente, y, por tanto, un perfecto medio de transporte de sustancias.
- Es un buen regulador térmico, permitiendo que la temperatura del organismo permanezca relativamente constante aunque varíe la del ambiente.
- Participa en el metabolismo celular, como la fotosíntesis y la respiración celular.
- Permite el movimiento de moléculas y organelos celulares en el citoplasma.

Los puentes de hidrógeno explican el alto grado de cohesión entre moléculas de agua, lo cual a su vez, explica la elevada tensión superficial del agua, de acuerdo con la cual esta es capaz de sostener el peso de pequeños objetos e insectos. Este enlace entre moléculas explica también que haga falta mucha energía para aumentar la agitación molecular y la temperatura del agua (alto calor específico*). Esto ocurre debido a que los numerosos puentes de hidrógeno limitan el movimiento de las moléculas y retardan el incremento de la agitación térmica. También se explica así el alto calor de vaporización del agua, o cantidad de calor requerido para que pase al estado gaseoso. Gracias a ello, los seres vivos pueden disipar grandes



*Calor específico: Es la cantidad de calor necesario para aumentar en 1 °C la temperatura de un gramo o kilogramo de una sustancia.

*Ión: Átomo o molécula con carga eléctrica. Puede darse por captura de electrones en exceso, de modo que adquiere carga negativa (llamados aniones, ej.: Cl⁻, OH⁻, PO4³⁻), o por pérdida de electrones, situación en que adquiere carga positiva (denominados cationes, ej.: Na⁺, H⁺, NH4⁺).

Sales minerales. Son compuestos inorgánicos que pueden encontrarse disueltos o precipitados. Se ionizan fácilmente en presencia de agua. Cuando esto ocurre se forman iones*, como el sodio (Na⁺), el potasio (K⁺) y el cloro (Cl⁻). Muchos de estos iones son fundamentales para la vida. La falta de algunos de ellos puede alterar el metabolismo e incluso causar la muerte. En el ser humano, por ejemplo, los siguientes iones tienen vital importancia:

Gases. En nuestro cuerpo hay una constante incorporación, producción y eliminación de gases. A través del Sistema Respiratorio, por ejemplo, inhalamos grandes volúmenes diarios de oxígeno (O₂) y eliminamos dióxido de carbono (CO₂). Estos gases son los más abundantes en las células y están involucrados en las reacciones metabólicas de fotosíntesis y de respiración celular para producir energía.

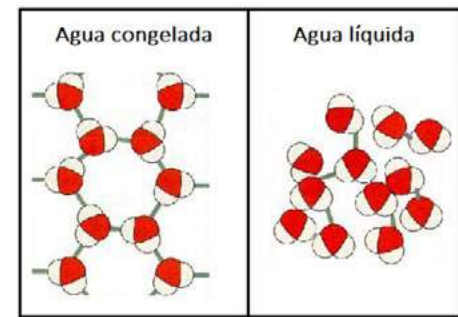
IONES	SÍMBOLOS	FUNCIONES PRINCIPALES
Sodio y potasio	Na ⁺ K ⁺	Participan en la conducción del impulso nervioso. Además, el Na ⁺ tiene un gran potencial osmótico; es decir, capacidad para retener agua en virtud de su afinidad polar con ella. Por razones similares, y por hallarse en mayor proporción en el citoplasma, el K ⁺ es importante en la mantención del volumen de agua intracelular.
Calcio	Ca ²⁺	Participa en la coagulación de la sangre y en la contracción muscular, además de ser componente fundamental de los huesos.
Magnesio	Mg ²⁺	Forma parte de la estructura de la clorofila, e interviene en la "fase dependiente de luz" de la fotosíntesis.
Cinc	Zn ²⁺	Es cofactor de numerosas enzimas. Interviene en procesos bioquímicos necesarios para el desarrollo de la vida (respiración celular, utilización de oxígeno por parte de la célula, la reproducción tanto de ADN como de ARN, el mantenimiento de la integridad de la membrana celular y la eliminación de radicales libres).
Hierro	Fe ²⁺	Es constituyente de la hemoglobina, proteína que transporta gases (O ₂ y CO ₂) por la sangre.

ACTIVIDADES

1) La imagen ilustra una situación familiar en las orillas de lagos y ríos, donde mosquitos de los grupos Heteroptera y Gerromorpha suelen caminar sobre el agua, al lado de hojas, pajillas y otras partículas. La superficie del agua parece formar una lámina elástica que incluso aparece curvada por el peso de dichos objetos.

Teniendo en cuenta las propiedades de la molécula de agua, explique por qué ocurre este fenómeno.





2) Al congelarse el agua, la agitación térmica de las moléculas disminuye, los puentes de hidrógeno se organizan y las moléculas toman distancia unas de otras, formando una estructura cristalina.
 a) ¿Qué consecuencia tiene este proceso para el volumen y la densidad del agua que se congela?
 b) A consecuencia de que el agua fría se expande, el congelamiento siempre ocurre desde la superficie de lagos y ríos. ¿Qué beneficio tiene eso para los organismos acuáticos?

3) ¿Qué consecuencias habría para los organismos si el agua fuera una sustancia no polar? Fundamente desde el nivel molecular para cada una de las situaciones descritas.
 4) ¿Qué consecuencias tendría para la salud de organismos vegetales y animales una disminución drástica de los iones sodio, hierro y magnesio?

1.5.2. Biomoléculas orgánicas



Las biomoléculas orgánicas están formadas principalmente por carbono (C), hidrógeno (H), oxígeno (O), nitrógeno (N) y fósforo (P). Son los componentes esenciales de la estructura de las células y las encargadas de controlar su funcionamiento.

La enorme variedad de biomoléculas orgánicas se explica en gran medida por dos características del átomo de carbono: su tamaño relativamente pequeño y su capacidad de formar cuatro enlaces covalentes con otros átomos de carbono o con otros elementos. Estas propiedades le permiten constituir una gran diversidad de moléculas, tanto en tamaño, forma y composición. Estas macromoléculas se clasifican en: carbohidratos, lípidos, ácidos nucleicos y proteínas.

1.5.2.1. Azúcares, glúcidos o carbohidratos

Los carbohidratos, también llamados hidratos de carbono, son moléculas orgánicas constituidas fundamentalmente por átomos de carbono, hidrógeno y oxígeno. A los carbohidratos también se les denomina azúcares (término que se asocia con el sabor dulce), pero no todos estos compuestos son dulces. En general, cada una de las moléculas que conforman las macromoléculas se denominan monómeros, algo así como los ladrillos de una gran muralla. En este caso, cada monómero de los carbohidratos se llama monosacárido. Los carbohidratos son la fuente principal de energía para los seres vivos debido a su fácil e inmediato metabolismo en la célula.

Monosacáridos	Se encuentran en...	Estructura molecular
Son los carbohidratos más simples. Están compuestos por una sola unidad molecular (monómero) de 3 a 7 carbonos. Hay triosas (3C), como el gliceraldehído, tetrasas (4C), como la eritrosa, pentosas (5C) como la ribosa y la desoxirribosa, y hexosas (6C), como la glucosa y la fructosa.	 Miel, fruta.	 Glucosa Fructosa Ribosa

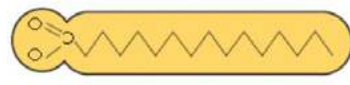

Oligosacáridos	Se encuentran en...	Estructura molecular
Están formados por la unión de 2 a 10 monosacáridos. Los más importantes son los disacáridos, compuestos por la unión de dos monosacáridos iguales o diferentes. Los más comunes son la sacarosa (glucosa + fructosa), la lactosa (glucosa + galactosa) y la maltosa (glucosa + glucosa).	 Azúcar, leche.	 Sacarosa (azúcar de caña) Lactosa (azúcar de leche)
Polisacáridos	Se encuentran en...	Estructura molecular
Están formados por cadenas de más de 10 monosacáridos. El almidón presente en la papa, el glucógeno almacenado en el hígado y la celulosa que forma la pared de las células vegetales están formados por miles de monómeros de glucosa encadenados. Las diferencias en las propiedades de estos polisacáridos radica en la forma del enlace que une a las unidades de glucosa.	 Paredes vegetales, papas, exoesqueletos de artrópodos.	

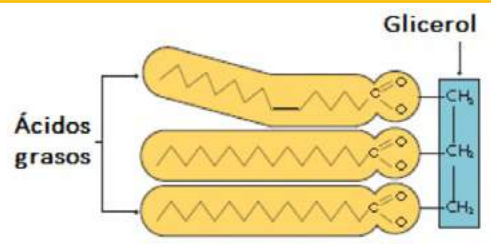
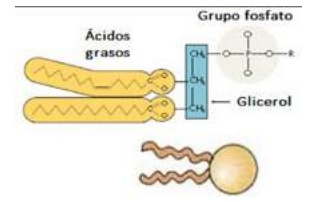
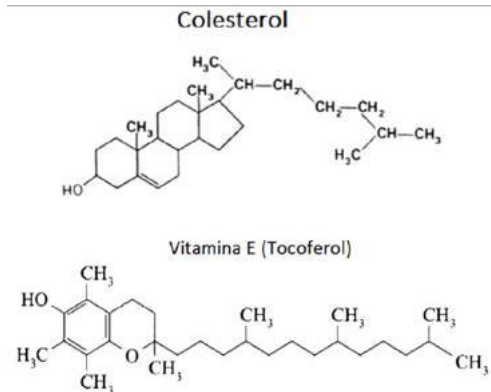
Características de algunos polisacáridos			
Almidón. Este polímero es la forma en que las células vegetales almacenan la glucosa que producen durante la fotosíntesis. Es abundante en semillas (trigo, maíz, arroz) y en los tubérculos (papa).	Celulosa. Los monómeros de glucosa están unidos por enlaces b-glucosídicos. Sólo algunos animales (rumiantes) e insectos (termitas) cuentan con enzimas digestivas para romper este enlace y utilizar las glucosas en su respiración celular. Es insoluble en agua y es el principal componente de la pared celular de células vegetales.	Glicógeno o glucógeno. Es un polímero muy ramificado. Lo producen los animales en sus células hepáticas y en sus músculos estriados, como sustancia de reserva, a partir de la glucosa ingerida en exceso.	Quitina. Polisacárido compuesto de unidades de acetil-glucosamina, un derivado de la glucosa. Está presente en el exoesqueleto de artrópodos y en la pared celular de los hongos.

1.5.2.2. Grasas o lípidos

Están compuestos principalmente por carbono e hidrógeno y oxígeno en baja proporción. Algunos también poseen otros elementos como fósforo, nitrógeno y azufre. Es un grupo químicamente diverso y con gran variedad estructural, por lo que cumplen múltiples funciones en los organismos. A pesar de ser muy diferentes entre sí, tienen en común su insolubilidad en el agua (son moléculas hidrofóbicas) y en otros solventes polares, y ser solubles en solventes apolares orgánicos, como la bencina, el alcohol y la acetona. En los organismos cumplen funciones de reserva energética, estructural y otras más específicas.

Reserva energética	Función estructural	Funciones específicas
Aportan más energía que los carbohidratos y que las proteínas (la oxidación de 1 g de triglicéridos aporta 9 kcal, mientras que la de 1 g de glucosa o la misma cantidad de proteínas entrega alrededor de 4 kcal.). Este tipo de lípidos se almacenan, principalmente, en el tejido adiposo. Si la actividad del organismo ha consumido la energía que aportan los carbohidratos, entonces la degradación de los lípidos disponibles en el tejido adiposo permite a las células obtener la energía que requieren. Pertenecen a este grupo los ácidos grasos, los triglicéridos y las ceras.	Algunos lípidos son componentes fundamentales de la estructura de las membranas celulares. Son moléculas anfipáticas, es decir, presentan una región polar o hidrofílica y una zona apolar o hidrofóbica, incapaz de disolverse en agua. Debido a esta propiedad, en un medio acuoso estas moléculas se agrupan formando micelas, que son esferas cuya superficie es hidrofílica mientras que su región interna es hidrofóbica. Pertenecen a este grupo, entre otros, los fosfolípidos y los esteroides.	Incluye a lípidos con funciones hormonales y a ciertas vitaminas. Aunque se emplean en bajas cantidades, su presencia es clave para la regulación del funcionamiento del organismo. Las hormonas lipídicas derivan del colesterol, por lo que se les denomina también esteroidales. Pertenecen a este grupo las hormonas cortisol, aldosterona, testosterona, estrógenos y progesterona. Las vitaminas lipídicas se producen a partir del isopreno, una molécula intermedia de la vía de síntesis del colesterol. Son las vitaminas A, D, E y K.

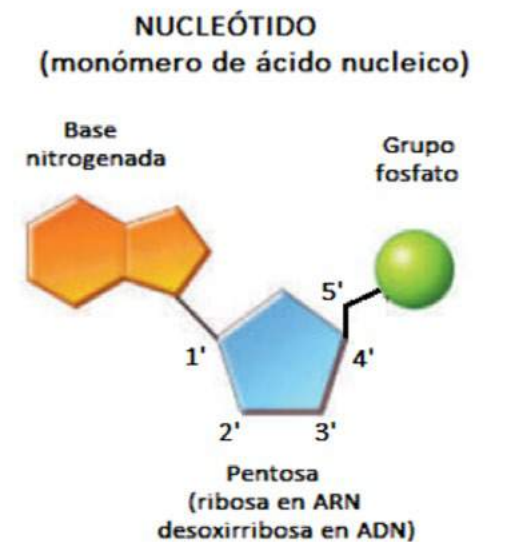
Lípido	Estructura molecular	
Ácidos grasos. Están conformados por una cadena compuesta por átomos de carbono e hidrógeno unida a un grupo carboxilo (COOH). Sus propiedades dependen de la longitud de la cadena y de la presencia de dobles enlaces. Según este último rasgo, se distinguen ácidos grasos saturados e insaturados. Veamos sus características más relevantes.	<p>Ácido graso saturado</p>  $HO-C(=O)-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$	<p>Ácido graso insaturado</p>  $HO-C(=O)-CH_2-CH_2-CH_2-CH=CH-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$
	Puntos de fusión elevados. Sólidos a tº ambiente (ácido palmítico: 63 °C). Un alto consumo produce acumulación de colesterol en arterias (aterosclerosis), riesgo de cardiopatías y accidentes cerebrovasculares. En alimentos de origen animal, carnes leche entera y sus derivados.	Puntos de fusión bajos. Líquidos a tº ambiente (ácido linoleico, del aceite de oliva: -5 °C). Consumo moderado reduce riesgo de aterosclerosis. Omega 3, de origen marino, durante el embarazo, favorece formación del sistema nervioso del bebé y disminuye la incidencia del déficit atencional.

Lípido	Estructura molecular
Triglicéridos. Están compuestos por una molécula de glicerina unida a tres ácidos grasos iguales o diferentes. El cuerpo los obtiene de los alimentos y puede sintetizarlos en el hígado y en el tejido adiposo. Desde el hígado son exportados a los tejidos y en el tejido adiposo son almacenados como reserva energética. Altos niveles de triglicéridos en el organismo pueden ocasionar enfermedades, como obesidad, cardiopatías, pancreatitis, entre otras.	 <p>Glicerol</p> <p>Ácidos grasos</p>
Fosfolípidos. Son los más abundantes en las membranas celulares y principales responsables de su estructura y fluidez. Están compuestos por una molécula de glicerina unida a dos ácidos grasos (iguales o diferentes), los que forman la región hidrofóbica de la molécula, y un grupo fosfato unido a otro grupo químico polar, usualmente un alcohol o un aminoácido, los que constituyen la zona hidrofílica.	 <p>Ácidos grasos</p> <p>Grupo fosfato</p> <p>Glicerol</p>
Esteroides. El principal esteroide en los animales es el colesterol. Además de su rol estructural como estabilizador de la membrana plasmática, a partir de él se sintetizan las hormonas esteroidales y los ácidos biliares que ayudan en la digestión de las grasas. Hormonas y vitaminas lipídicas. Las hormonas de tipo lipídico son sintetizadas por glándulas endocrinas y secretadas a la sangre, la que las conduce a los órganos en los que ejercerán su función. Un ejemplo es el cortisol, secretado por las glándulas adrenales, que estimula la degradación de carbohidratos, proteínas y grasas, lo que aumenta la disponibilidad de energía. Las vitaminas lipídicas cumplen variadas funciones; por ejemplo, la vitamina E, presente en huevos, aceites vegetales y leche, tiene efectos antioxidantes.	 <p>Colesterol</p> <p>Vitamina E (Tocoferol)</p>

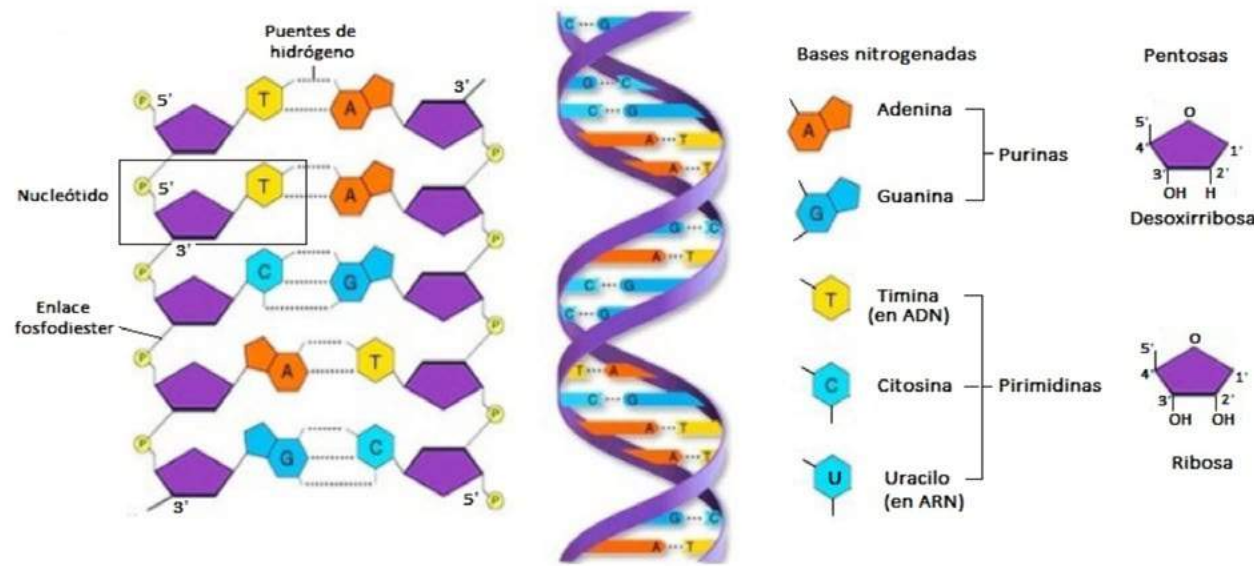
1.5.2.3. Ácidos Nucleicos y fosfatos de adenosina

Los ácidos nucleicos son biomoléculas orgánicas compuestas por carbono, hidrógeno, oxígeno y fósforo. Hay dos tipos de ácidos nucleicos: el ácido desoxirribonucleico, conocido por las siglas ADN o DNA (del inglés desoxirribonucleic acid), y el ácido ribonucleico, conocido por las siglas ARN o RNA (del inglés ribonucleic acid). Estos nombres se relacionan con el monosacárido presente en sus moléculas. Los ácidos nucleicos también están formados por polímeros simples llamados nucleótidos. Los nucleótidos incluyen en su estructura tres componentes básicos: una base nitrogenada, una pentosa (ribosa en el ARN, desoxirribosa en el ADN) y un grupo fosfato (PO₄³⁻).

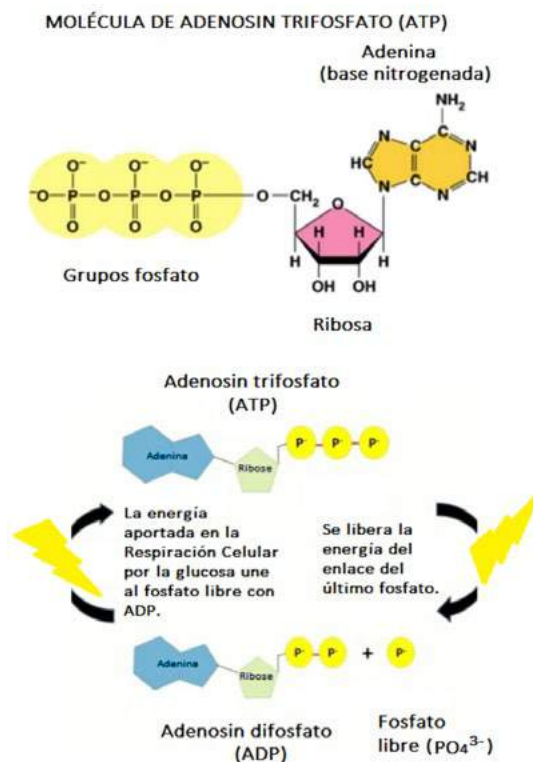
En la secuencia de bases nitrogenadas del ADN se almacena la información genética, que se expresa en la síntesis de las proteínas que hacen funcionar al organismo, determinando las características de una especie. Al copiarse a sí misma (replicación), la molécula de ADN se transmite a células descendientes y, por la vía de gametos, a las nuevas generaciones.



ESTRUCTURA QUÍMICA DE LA MOLÉCULA DE ADN



En 1953, el norteamericano James Watson y el británico Francis Crick propusieron un modelo de la molécula de ADN, gracias al que obtuvieron el Premio Nobel en 1962, junto con Maurice Wilkins. Watson y Crick basaron su modelo en la investigación de Rosalind Franklin y Erwin Chargaff. De acuerdo con este modelo, el ADN está compuesto por dos cadenas de nucleótidos enrolladas que forman una doble hélice. En el ARN, la cadena de nucleótidos es simple. Los nucleótidos de una misma cadena, se unen entre sí con enlaces covalentes (fosfodiéster) entre el carbono 3' de la pentosa de un nucleótido con el grupo fosfato unido al carbono 5' del siguiente nucleótido. Las desoxirribosas y los grupos fosfato forman el esqueleto externo de la hélice y las bases nitrogenadas se disponen hacia el interior. Las bases nitrogenadas de ambas cadenas se unen con puentes de hidrógeno. La adenina (A) se une siempre con la timina (T), con dos puentes de hidrógeno, mientras que la guanina (G) lo hace con la citosina (C) con tres de estos enlaces. Por lo tanto, las secuencias de nucleótidos son complementarias. En el ARN, la base timina (T) es reemplazada por uracilo (U).

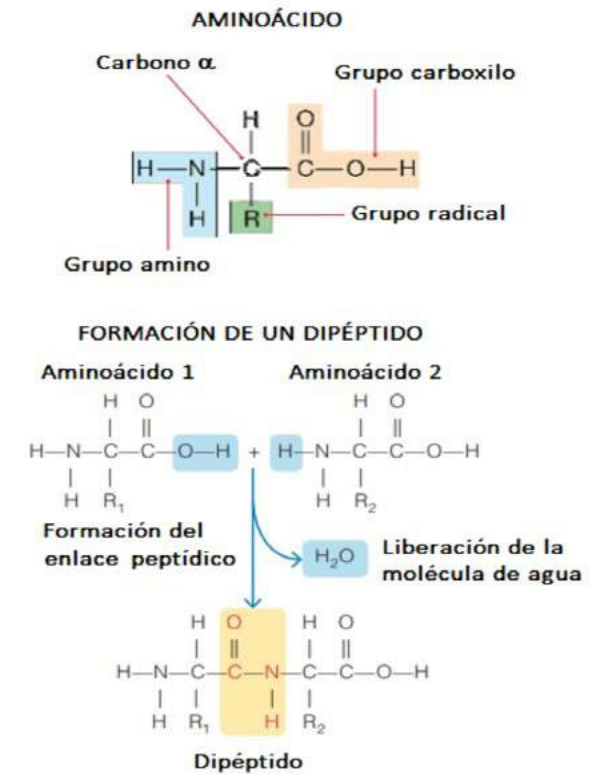


Cada uno de los nucleótidos puede dar origen a un trifosfato nucleósido, con una base nitrogenada, una pentosa y tres grupos fosfato unidos en fila. El adenosin trifosfato (ATP), compuesto de adenina, ribosa y tres fosfatos, es de suma importancia como "moneda energética" en la célula. La energía química es almacenada en el enlace del último fosfato, durante la fosforilación oxidativa de la respiración celular y, cuando el último fosfato es separado, es liberada, utilizándose para unir otras moléculas; por ejemplo, en la síntesis de proteínas o la duplicación del ADN. Los demás trifosfatos nucleósidos pueden formarse de la misma manera y tienen la misma función de intercambio energético. El guanosin trifosfato (GTP), el uridin trifosfato (UTP) y el citidin trifosfato (CTP) participan con el ATP para la síntesis de ARN y los cuatro trifosfatos nucleósidos desoxirribosa (dATP, dGTP, dCTP y dTTP) se necesitan para la síntesis de ADN. Otros derivados de nucleótidos son las moléculas transportadoras de hidrógenos en la fotosíntesis y en la respiración celular: nicotinamida adenina dinucleótido (NAD), nicotinamida adenina dinucleótido fosfato (NADP) y flavín adenina dinucleótido (FAD).

1.5.2.4. Proteínas

Estas macromoléculas orgánicas son largas y complejas y están compuestas por monómeros, denominados aminoácidos, dispuestos en serie. Cada aminoácido posee un grupo amino (-NH₂) en un extremo y un grupo carboxílico (-COOH) en el otro. Estos grupos pueden formar enlaces entre cada uno de los aminoácidos y constituir largas cadenas. Todos los aminoácidos tienen los mismos grupo amino y grupo carboxílico, pero se diferencian en una región de la molécula conocida como radical o grupo R.

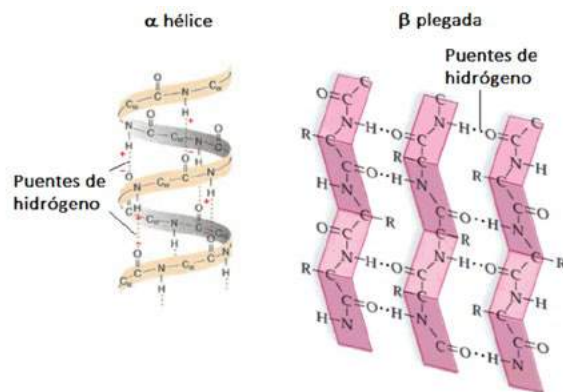
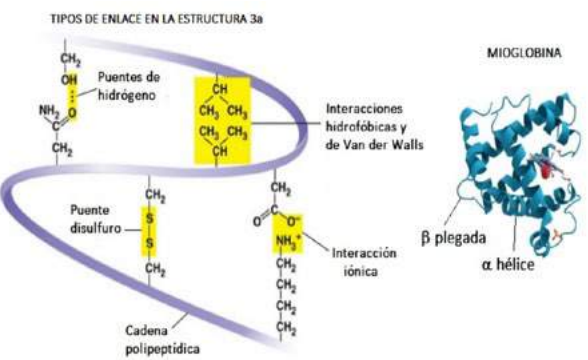
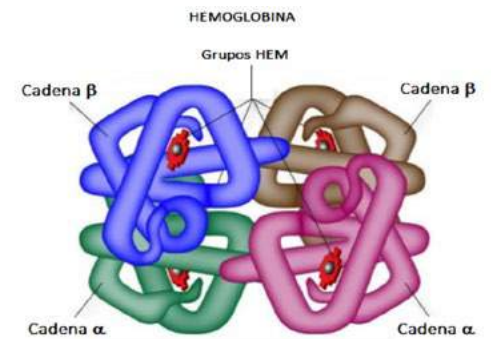
El tipo de aminoácido varía según el grupo R que lo constituya. Los enlaces que unen a los aminoácidos entre sí son covalentes y se denominan enlaces peptídicos. Como observas en el esquema, un dipéptido se forma por la unión de dos aminoácidos mediante un enlace peptídico. Si se une un tercer aminoácido se forma un tripéptido, y así sucesivamente, hasta formar un polipéptido. Cuando un polipéptido está compuesto por más de cincuenta moléculas de aminoácidos, se denomina proteína.



En la naturaleza existen muchos tipos de aminoácidos; sólo algunos están presentes en los seres vivos y, en el organismo humano, sólo hay veinte. Cada aminoácido está caracterizado por una sigla: glicina Gly, valina Val, Fenilalanina Phe, etc. Algunos de ellos son sintetizados por reacciones metabólicas al interior de las células, pero otros deben ser incorporados en la dieta. Los aminoácidos que no son sintetizados por el organismo se denominan aminoácidos esenciales. Cada especie tiene un número determinado de aminoácidos esenciales; en la especie humana son diez. Es de vital importancia suministrar este tipo de aminoácidos en la dieta de los niños, ya que la falta de estos limita el desarrollo del organismo, impidiendo la renovación y producción de tejidos nuevos, como ocurre con el crecimiento. Estos veinte aminoácidos se combinan para dar origen a diferentes proteínas que desempeñan funciones muy diversas. Se ha estimado que en el organismo humano se sintetizan alrededor de 500 mil proteínas diferentes.

Estructura de las proteínas

Estructura primaria. Se llama así a la secuencia lineal de aminoácidos en una cadena de polipéptidos. El orden serial de sus aminoácidos determinará la posición de los grupos R, cuyas interacciones y atracciones harán que la molécula, cuando termine de formarse, se pliegue en estructuras tridimensionales superiores, que son las que le permitirán realizar una determinada función (estructural, enzimática, de transporte, etc.), al igual que una minúscula maquinaria. La sustitución de un solo aminoácido en la proteína puede causar la pérdida de esta función.

Estructura de las proteínas	
<p>Estructura secundaria. Es el enrollamiento de ciertas partes del polipéptido gracias a la formación de puentes de hidrógeno entre los grupos R de aminoácidos cercanos, dando origen a dos tipos de estructuras: alfa hélice (enrollamiento en espiral) y hoja plegada (disposición en zig zag).</p>	
<p>Estructura terciaria. Se origina cuando la estructura secundaria adopta una disposición tridimensional debido a la atracción entre la alfa hélice y la hoja plegada, haciendo que la molécula se enrolle sobre sí misma y dando origen a dos estructuras. Estas atracciones constan de variados enlaces débiles: puentes de hidrógeno, interacciones hidrofóbicas y de Van der Waals, puentes disulfuro e interacciones iónicas. De acuerdo con su estructura terciaria, se reconocen dos tipos de proteínas: globular soluble (ej.: enzimas) y fibrosa insoluble (ej.: queratina).</p>	
<p>Estructura cuaternaria. Ciertas proteínas están constituidas por dos o más cadenas polipeptídicas de estructura terciaria, químicamente unidas, que dan lugar a la estructura cuaternaria. Solo algunas proteínas, como la hemoglobina, tienen esta configuración. Cada una de las cuatro cadenas terciarias de globina contiene un grupo HEM (en rojo), una molécula cíclica de porfirina que alberga un ión ferroso (Fe²⁺).</p>	

Funciones de las proteínas y ejemplos	
<p>Función Estructural. A nivel celular, hay proteínas que forman parte de la membrana citoplasmática; también, hay algunas que forman el citoesqueleto de eucariontes (tubulina) y otras sirven de soporte al ADN (histonas). A nivel de tejidos, la epidermis, capa externa de la piel, y los vellos y el cabello, están formados por células muertas repletas de la resistente queratina. En la dermis, capa interna de la piel, forman estructuras de sostén (colágeno y elastina). La matriz extracelular de los tejidos conjuntivos cartilaginosa y ósea también contienen colágeno.</p>	<p>Función enzimática. Las enzimas son proteínas que catalizan reacciones bioquímicas. Hay enzimas que regulan todos los procesos de transformación química de moléculas en el metabolismo intracelular: catalasas, carboxilasas, fosforilasas en la fotosíntesis y en la respiración celular; ATP sintetasa en la producción de ATP, aminoacil-ARNt-sintetasas en la síntesis de proteínas, ADN polimerasa en la síntesis de ADN, etc. Otras enzimas, secretadas por células glandulares, son las enzimas digestivas, que actúan en cavidades como la boca, el estómago y el intestino, degradando el alimento (amilasa, pepsina, lipasa, peptidasas).</p>

Funciones de las proteínas y ejemplos	
<p>Función de reserva (acumulación de energía). Hay proteínas cuya función es el almacenamiento de energía. Por ejemplo: la ovoalbúmina de la clara de huevo, la caseína de la leche, la zeína del maíz, el gluten de la semilla del trigo, entre otras.</p>	<p>Función contráctil. La flagelina, que forma parte de los flagelos bacterianos, permite la movilidad de las bacterias. Otras proteínas como la actina y la miosina, forman la fibra muscular y, al deslizarse entre sí, provocan la contracción y la relajación de los músculos.</p>
<p>Función endocrina u hormonal. Muchas hormonas son proteínas transportadas por el medio interno del organismo (la sangre en los animales y la savia en los vegetales), que llegan a determinadas células a las que estimulan para iniciar ciertas reacciones. Por ejemplo, la insulina producida por el páncreas y la hormona del crecimiento producida por la hipófisis.</p>	<p>Función de transporte. Las permeasas regulan el paso de moléculas a través de la membrana celular; otras proteínas transportan sustancias, como por ejemplo los pigmentos respiratorios como la hemoglobina, que, al interior de los glóbulos rojos, transporta el oxígeno y parte del CO₂ a través del flujo sanguíneo.</p>

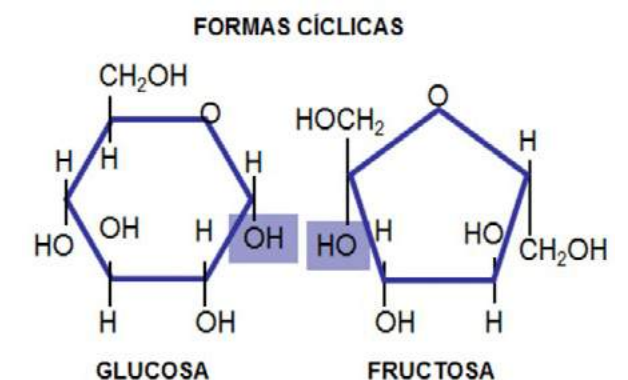
ACTIVIDADES

- ¿Qué características del átomo de carbono (C) permiten afirmar que es la base de todas las biomoléculas orgánicas?
- Explique en sus propias palabras qué es un "polímero" y qué es un "monómero". En la siguiente tabla, complete el nombre que polímeros y monómeros tiene para cada biomolécula orgánica.

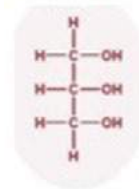
BIOMOLÉCULA	POLÍMERO	MONÓMERO
Carbohidrato	Oligosacárido, polisacárido	
Proteína		aminoácido
Ácido nucleico	ADN, ARN	

- Analice la estructura molecular de los oligosacáridos presentada en la sección 1.4.2.1. y desarrolle:

- Dibuje el enlace glucosídico entre los OH destacados, considerando que se libera una molécula de agua.
- ¿Cómo se llama el disacárido formado?
- ¿Por qué los seres humanos no podemos digerir la celulosa, de modo de poder extraer de ella la glucosa que la compone como nutriente para nuestra respiración celular?



GLICEROL



FOSFATO



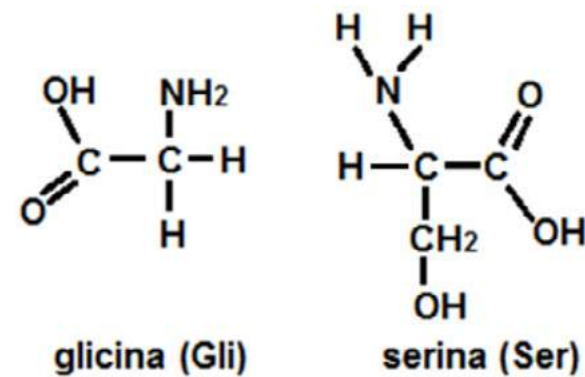
ÁCIDO GRASO SATURADO

4) Analice la estructura molecular de los lípidos presentada en la sección 1.4.2.2. y desarrolle:

- Construya en un dibujo un triglicérido y un fosfolípido y compare ambas estructuras
- En el fosfolípido, ¿qué molécula forma su extremo polar? ¿qué moléculas forman su extremo apolar?
- ¿Por qué se dice que el fosfolípido es una molécula anfipática?

5) Analice la estructura molecular de las proteínas presentada en la sección 1.4.2.4. y desarrolle:

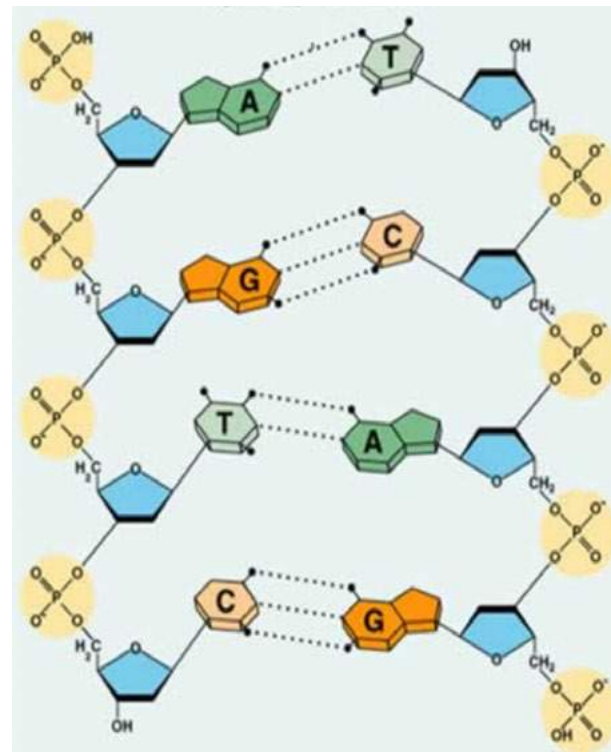
- Identifique, en cada aminoácido de la figura de la derecha, el carbono alfa, el grupo amino, el grupo carboxilo y el grupo radical.
- Establezca en un dibujo el enlace peptídico, considerando la liberación de una molécula de agua.



6) ¿Qué ocurre con la estructura de las proteínas al irse elevando la temperatura del medio en que se encuentran? ¿Por qué esto puede afectar su función?

7) Analice la estructura molecular de los ácidos nucleicos presentada en la sección 1.5.2.3. y desarrolle:

- Encierre en un círculo los nucleótidos que forman cada cadena e identifique las moléculas que los componen.
- ¿Cuántos enlaces se establecen entre adenina (A) y timina (T)? ¿Y entre guanina (G) y citosina (C)?
- Contando como 1' el carbono de la desoxirribosa que se une a la base nitrogenada de cada nucleótido, ¿con qué número de carbono se une el fosfato del mismo nucleótido?
- ¿Con qué número de carbono la desoxirribosa se une al fosfato del otro nucleótido?
- Remarque con color los enlaces fosfodiéster que pueda identificar.
- Confirma que el primer carbono de la desoxirribosa de la cadena de la izquierda es 5', ¿qué número tendrá el primer carbono (origen de la unión fosfodiéster) de la desoxirribosa en la cadena contraria?



1.5.3. Enzimas: propiedades e importancia en el metabolismo celular

Las enzimas son proteínas que actúan en las reacciones metabólicas que ocurren continuamente en la célula, mediante las cuales unas moléculas se convierten en otras. Gracias a esa mediación, la energía almacenada en los nutrientes y las propias moléculas que aportan, son aprovechadas para formar nuevas moléculas que satisfagan funciones a la medida de las necesidades de las células que producen, contienen y secretan dichas enzimas.

1.5.3.1. Catalizadores y energía de activación

*Catalizador: sustancia que disminuye la energía de activación necesaria para una reacción química. Puede acercar las moléculas que reaccionan y/o debilitar los enlaces existentes que unen los átomos para formar los nuevos.

La cantidad mínima de energía inicial que las moléculas de los reactivos deben tener para que una reacción química suceda se llama energía de activación.

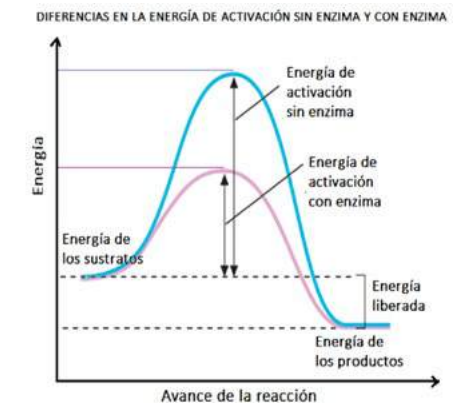
Una forma de activar moléculas es proporcionarles energía como calor; es lo que se hace cuando se usa una llama o una chispa para encender el fogón de la cocina, de las estufas a gas o el motor de gasolina de

un coche. En los seres vivos, sin embargo, la activación de las reacciones químicas no se puede hacer por calentamiento, porque los sistemas biológicos están contruidos en buena parte por proteínas, que son sensibles al calor y se verían perjudicadas.

Las células de los organismos producen proteínas catalizadoras* denominadas enzimas. Las enzimas actúan molécula a molécula, formando o rompiendo enlaces específicos, de modo que requiere poca energía para activar los reactivos. Así, la reacción puede iniciarse con niveles de energía de activación mucho menores que los requeridos normalmente, como se ilustra en el siguiente gráfico.

1.5.3.2. Características de las enzimas

- Aceleran la reacción. Gracias a ellas se puede conseguir la misma cantidad de producto en menos tiempo, incluso si la cantidad enzimática es pequeña.
- Son específicas: actúan sobre los enlaces de determinadas moléculas (que se denominan sustratos) y no sobre otras. El grado de especificidad varía de unas enzimas a otras.
- No se consumen durante la reacción. Al finalizar la reacción, la cantidad de enzimas es la misma que al principio.
- Actúan siempre a la temperatura del ser vivo.
- Alta actividad. Algunas consiguen aumentar la velocidad de reacción en más de un millón de veces, mucho más que los catalizadores no biológicos.

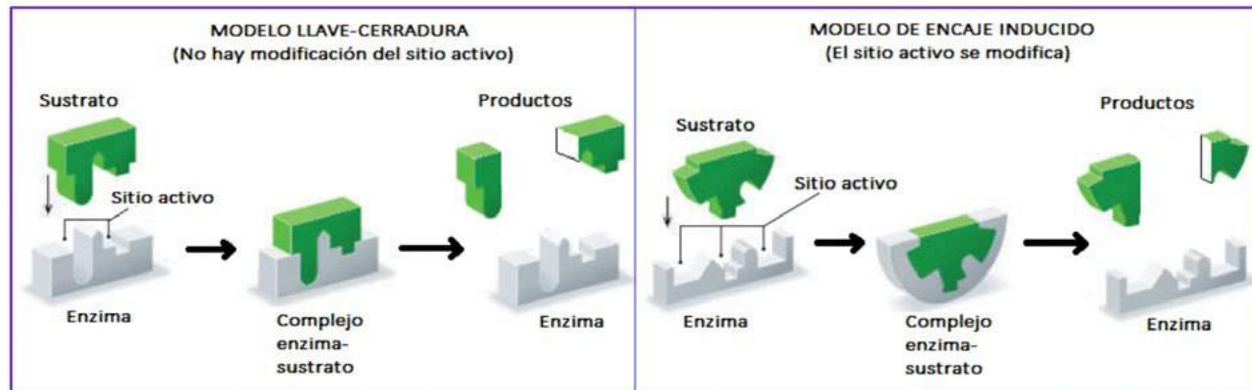


1.5.3.3. Mecanismo de acción de las enzimas

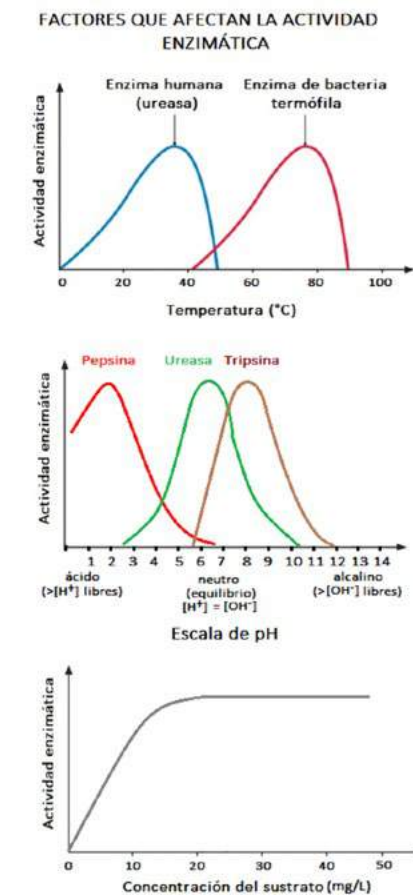
Las enzimas presentan en su estructura un sitio activo; una región particular para que puedan unirse los sustratos o moléculas que participarán en la reacción química. Una vez que se produce la unión entre el sitio activo y el sustrato, la enzima se modifica, alterando la constitución del sustrato y generando los productos. La compatibilidad sitio activo-sustrato es precisa y específica.

*Adsorción: es un proceso por el cual átomos, iones o moléculas de gases, líquidos o sólidos disueltos son atrapados o retenidos en una superficie. Las moléculas adsorbidas mantienen su integridad aunque pueden quedar levemente distorsionadas por acción de la superficie del adsorbente. Ejemplos biológicos de adsorción son los contactos entre enzimas y sustratos y los contactos entre antígenos y anticuerpos.

La enzima puede proceder uniendo dos sustratos y generando como producto una molécula de mayor tamaño (como en la fotosíntesis hacen las enzimas del Ciclo de Calvin al ir agregando CO₂ e hidrógenos, hasta la formación de fosfogliceraldehido y luego glucosa), o bien, la enzima puede romper los enlaces de un sustrato, generando como producto moléculas más pequeñas (como en la glicolisis de la respiración celular, en que la glucosa es dividida en dos moléculas de piruvato). En cualquier caso, la enzima fija el sustrato a su superficie por un proceso de adsorción*. Al finalizar la reacción se libera la enzima intacta y el producto. Existen dos modelos que interpretan la acción enzimática: en el modelo llave-cerradura, se supone que la molécula de sustrato calza perfectamente en el sitio activo de la enzima. En el modelo de encaje inducido, el sitio activo se modifica al entrar en contacto con el sustrato. Este modelo explicaría mejor algunos fenómenos químico-energéticos de la reacción.



1.5.3.4. Factores que afectan la actividad enzimática e inhibidores



Las enzimas no funcionan al mismo ritmo en condiciones diferentes. Las temperaturas por sobre los 40°C inactivan rápidamente a la mayor parte. Esta inactivación es irreversible, pues, al enfriar no se obtiene actividad otra vez. Ello se debe a que la agitación molecular de un medio altamente energético separa los enlaces débiles de las estructuras terciarias de la enzima, desnaturalizándola (es decir, reduciéndola hasta su estructura secundaria o primaria). Ello explica que casi todos los organismos resulten muertos por una breve exposición a una temperatura elevada: sus enzimas pierden la capacidad de funcionar y resultan incapaces de seguir sosteniendo el metabolismo. Sin embargo, existen microorganismos procariontes extremófilos, que viven en aguas termales, cuyas enzimas son capaces de soportar temperaturas cercanas a los 100°C. También las bajas temperaturas pueden inactivar a las enzimas con diferentes rangos de tolerancia.

Las enzimas son, además, sensibles a los cambios de pH, o sea, de acidez o alcalinidad del medio. Un medio con mayor concentración de iones hidrógeno (H⁺) es ácido. Por el contrario, un medio rico en iones hidroxilo (OH⁻) es un medio alcalino o básico. Sustancias de uso industrial, como el ácido sulfúrico (H₂SO₄) y la soda cáustica (NaOH), al disociarse en el agua, proveen de gran cantidad de estos iones los que, al entrar en contacto con las enzimas, también las pueden desnaturalizar. No obstante, las enzimas también exhiben rangos de tolerancia distintos al pH, sobre todo las enzimas digestivas. Así, la pepsina, secretada en el estómago, actúa óptimamente a pH 2, mientras que la tripsina, secretada por el páncreas, tiene un pH óptimo de 8,5. En todo caso la mayor parte de las enzimas intracelulares tienen pH óptimos cercanos a 7, o sea, neutro.

Por otra parte, si se mantienen constantes la temperatura, el pH y la concentración de la enzima, la velocidad inicial de la reacción es proporcional a la concentración del sustrato, hasta que se alcanza un valor límite de esta concentración, por encima del cual la velocidad de la reacción permanece constante.

Existen muchos otros factores que pueden influir en la actividad enzimática. Algunas enzimas, para poder funcionar, requieren de otras moléculas orgánicas denominadas coenzimas, como las vitaminas del complejo B, C y D, y las NAD, NADP y FAD que transportan hidrógeno en procesos fotosintéticos y respiratorios. También están los cofactores, que son iones metálicos. Así, la ureasa, enzima que degrada la urea a CO₂ y amoníaco, requiere de dos átomos de níquel (Ni²⁺); y la ADN polimerasa, que media la replicación del ADN, necesita de magnesio (Mg²⁺). Por lo tanto, las bajas concentraciones de coenzimas o cofactores pueden afectar las reacciones metabólicas promovidas por las enzimas que apoyan.

Hay, además, sustancias denominadas inhibidores, que compiten con el sustrato por ubicarse en el sitio activo de la enzima, bloqueando de este modo su acción. Son drogas y venenos, como los fármacos de la quimioterapia contra el cáncer, el cianuro y el metanol.

1.5.3.5. Metabolismo celular

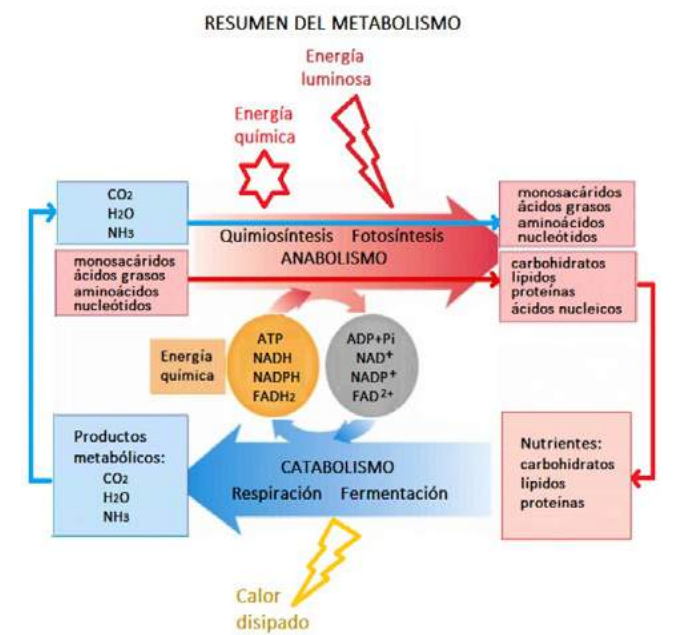
El metabolismo es la totalidad de las transformaciones bioquímicas que ocurren en las células de un organismo, ya sea construyendo o degradando estructuras moleculares. Es un proceso que obtiene energía del ambiente, realizado por organismos autótrofos mediante reacciones químicas inorgánicas (como ciertos unicelulares llamados quimiosintetizadores, que oxidan nitratos, ácido sulfúrico o hierro) o a partir de la luz (como hacen los fotosintetizadores: plantas, algas verdeazules y algunos protozoos), o bien, a partir de la oxidación de los carbohidratos fabricados por estos organismos (como hacen los llamados heterótrofos: animales, hongos, bacterias y otras variedades de protozoos).

En ambos casos, la energía obtenida se transfiere a moléculas de ATP y es utilizada en la fabricación de las macromoléculas que mantienen la estructura y la función celular: proteínas, lípidos, carbohidratos y ácidos nucleicos.

Las reacciones metabólicas son mediadas por las enzimas y ocurren de una manera ordenada. Puede ser una secuencia lineal (vía metabólica), como la glucólisis, o una secuencia cíclica (ciclo metabólico), como el Ciclo de Krebs. Los compuestos químicos intermedios constituyen los metabolitos.

En el metabolismo se distinguen dos tipos de reacciones químicas: las catabólicas y las anabólicas. Las reacciones catabólicas, o catabolismo, abarcan todas aquellas reacciones metabólicas que se caracterizan por la oxidación de un sustrato, el cual puede ser un monosacárido (ej.: glucosa), un aminoácido o un ácido graso. Las reacciones catabólicas son exergónicas, puesto que liberan energía, la que se disipa como calor.

Las reacciones anabólicas, o anabolismo, son todas aquellas reacciones que requieren energía para sintetizar moléculas orgánicas y macromoléculas necesarias para el funcionamiento celular; se caracterizan por la reducción de un sustrato. Estas reacciones requieren de un suministro de energía para unir las moléculas en unidades mayores, por tanto, son endergónicas.



ACTIVIDADES

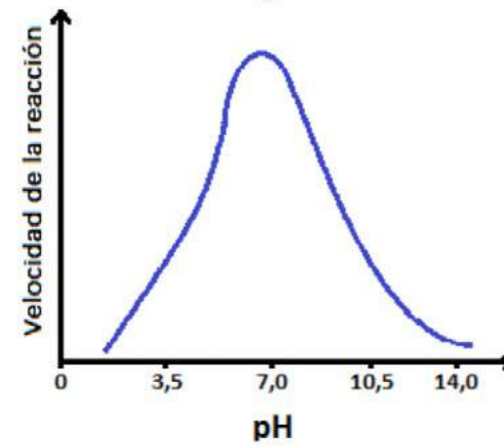
1) La gráfica ilustra la acción enzimática de la catalasa, enzima presente en los peroxisomas de las células eucariontes (ver sección 1.4.4) y que es responsable de metabolizar el peróxido de hidrógeno, H₂O₂ (agua oxigenada) en agua y oxígeno.

La acción de esta enzima es fundamental para las células, ya que el H₂O₂, generado como producto de la oxidación de sustancias orgánicas, es tóxico.

a) ¿Qué tipo de estructura proteica tendrá la catalasa? ¿Por qué no podría tener una estructura de complejidad inferior a esta?

b) ¿Qué ocurriría con la función de la catalasa en un medio con pH muy diferente de 7,0? Explique.

c) ¿Cuál sería razonablemente la temperatura óptima de acción de la catalasa en las células de nuestro organismo? ¿Por qué?



2) Observe la ecuación, que representa la acción de la catalasa sobre el peróxido de hidrógeno.

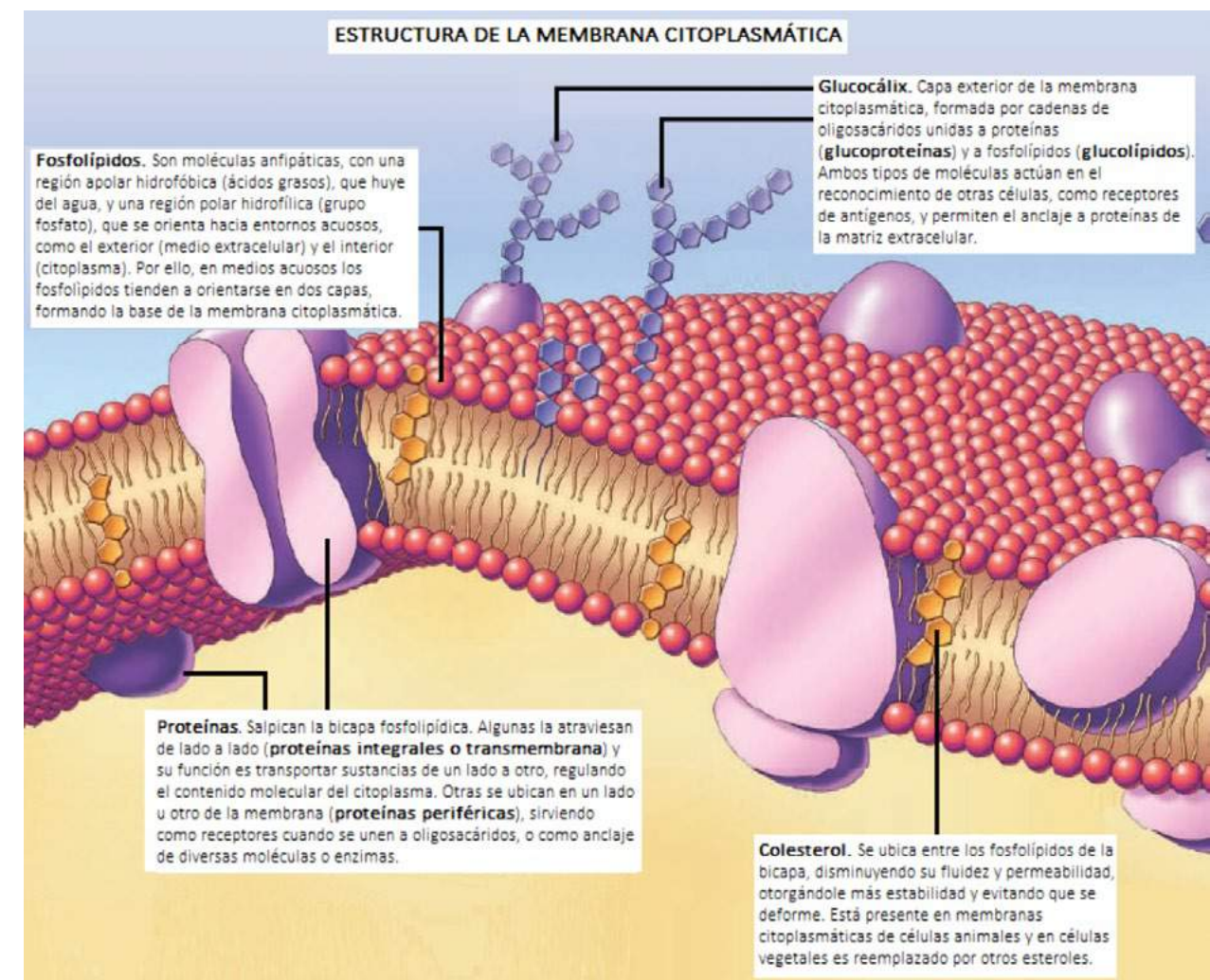


a) ¿Se trata de una reacción anabólica o catabólica? Explique.

b) ¿Será una reacción endergónica o exergónica? Explique.

c) El peróxido de hidrógeno puede conseguirse en las farmacias como un desinfectante llamado "agua oxigenada". La catalasa se puede extraer del macerado de múltiples tejidos (hígado, papa, sangre, etc.). ¿Cómo puede explicarse que, al poner ambas sustancias en contacto en un tubo de ensayo, se produzca mucha espuma y aumente la temperatura del tubo?

El funcionamiento óptimo de la célula depende de que se mantengan las transformaciones metabólicas de sus biomoléculas en un medio apropiado, con disponibilidad de nutrientes y de otras moléculas precursoras, baja concentración de productos tóxicos (H₂O₂, urea, CO₂, etc.) y sin un exceso de iones H⁺ u OH⁻ que alteren su pH y pudiesen dañar las enzimas. Para mantener estas condiciones controladas, la célula mantiene su medio interno separado del externo, pero en constante intercambio de sustancias, regulando su paso mediante la membrana citoplasmática.



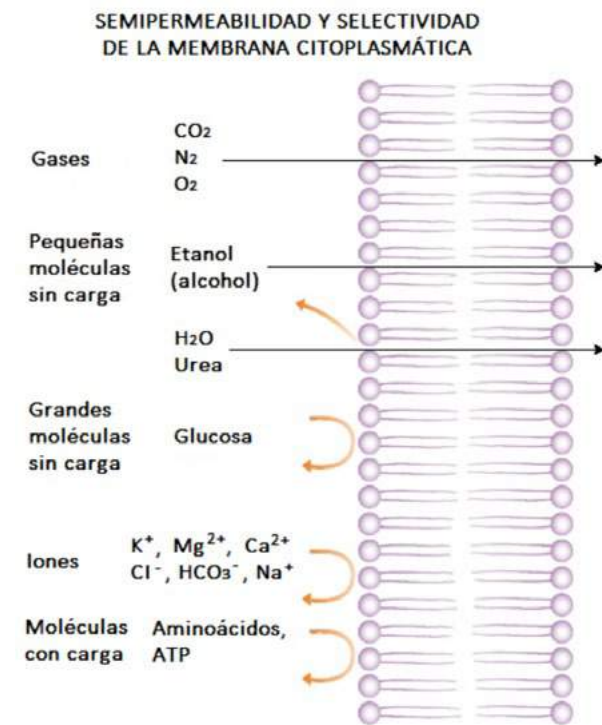
(Adaptado de López y Pereda, 2013)

Para el estudio y comprensión de los procesos que ocurren en la membrana citoplasmática, en 1972 dos biólogos celulares, Seymour Singer y Garth Nicolson, desarrollaron el modelo de mosaico fluido, apoyados en las imágenes obtenidas con microscopios electrónicos, los estudios en moléculas hidrofóbicas e hidrofílicas, enlaces moleculares y observaciones del comportamiento de la membrana, entre otros.

El modelo se denominó "mosaico" por las características que presenta al observar la membrana citoplasmática desde arriba, pues, se distinguen sus diversos componentes en ambas caras de la bicapa.

En síntesis, la membrana citoplasmática se puede describir como una bicapa de fosfolípidos (estabilizada por moléculas de colesterol u otros esteroides en su espesor), con inclusiones de proteínas periféricas e integrales. Las proteínas integrales pueden formar canales, transportadores o bombas, que transfieren moléculas de un lado a otro de la membrana. Las proteínas periféricas del lado del citoplasma están ancladas a fibras del citoesqueleto y moléculas transportadoras. Las proteínas periféricas del lado exterior están unidas a oligosacáridos, formando glucoproteínas. También hay oligosacáridos unidos a fosfolípidos, que forman glucolípidos. Ambos tipos de moléculas se anclan a la matriz extracelular, tienen funciones de reconocimiento de otras células, reconocimiento de sustancias y recepción de antígenos. Forman la capa exterior denominada glucocálix en las células animales, que en las vegetales es reemplazada por la pared celular, mayoritariamente formada por celulosa (y en los procariontes, por peptidoglicano).

1.6. Intercambio de sustancias entre la célula y su ambiente



(Adaptado de López y Pereda, 2013)

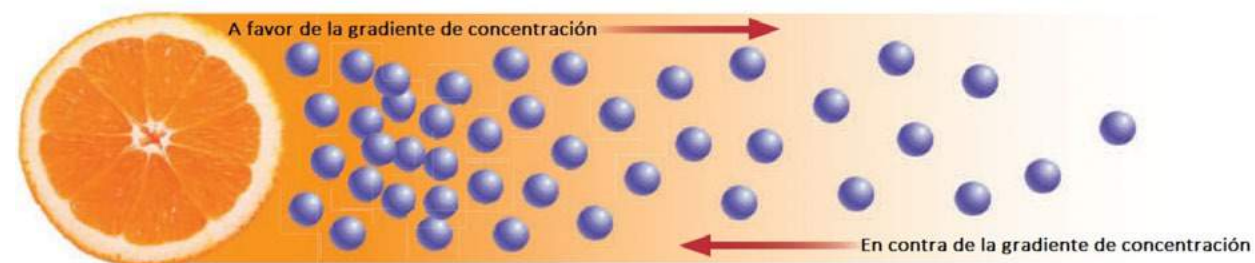
Los fosfolípidos que forman la bicapa le otorgan fluidez a la membrana, y esta propiedad depende de la proporción de ácidos grasos insaturados presentes en estas moléculas; mientras más ácidos grasos insaturados haya, mayor será su fluidez, puesto que las moléculas de este tipo de ácidos grasos presentan quiebres o flexiones que le otorgan mayor movilidad. Por el contrario, la presencia de colesterol u otros esteroides entre los ácidos grasos de la bicapa limitan su fluidez. Por otra parte, tanto lípidos como proteínas le confieren a la membrana la propiedad de selectividad, que le permite expulsar desde su interior los desechos del metabolismo, incorporar nutrientes del líquido extracelular e intercambiar los iones necesarios para mantener las diferentes funciones de cada célula. En conclusión, la membrana plasmática es semipermeable, puesto que permite el paso preferencial de ciertas sustancias presentes en el medio extracelular frente a otras.

ACTIVIDADES

- 1) Considerando el carácter apolar de los ácidos grasos de la bicapa fosfolípida, ¿qué moléculas atravesarán con mayor facilidad la membrana citoplasmática: el etanol, el agua, los iones o los aminoácidos? Explique.
- 2) ¿Por qué componentes de la estructura de la membrana citoplasmática podrían atravesarla aquellas moléculas con carga o demasiado grandes? Fundamente.

1.6.1. Composición de la membrana citoplasmática

El estudio del transporte de sustancias a través de la membrana citoplasmática requiere tener presente dos ideas: en primer lugar, las moléculas de las sustancias líquidas o gaseosas tienden a mezclarse entre sí, formando disoluciones. La sustancia cuyas moléculas son más abundantes en una disolución se denomina solvente, la cual, en el caso de los seres vivos, es el agua o el aire. Todas las demás moléculas disueltas en agua o aire constituyen un soluto. En segundo lugar, se debe tomar como referencia la gradiente de concentración, que es el grado de concentración o cantidad de las moléculas disueltas en un cierto volumen de líquido o gas.



Al cortar una naranja, la cáscara libera moléculas de limoneno, una sustancia de aroma cítrico característico, que se disuelve en el aire. Luego del corte, el aroma lo sentirán primero las personas más próximas a la naranja y sólo minutos después, lo sentirán las que estén más alejadas. Las moléculas viajan desde la naranja hacia el otro extremo de la sala; es decir, se movilizan **a favor de la gradiente de concentración** (de una zona de mayor concentración a una zona de menor concentración). Si el movimiento de las moléculas fuera inverso, sería **en contra de la gradiente de concentración**.

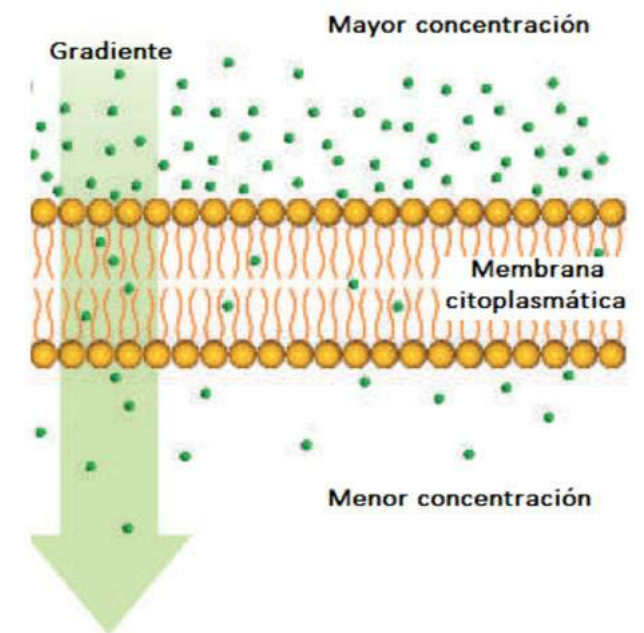
El intercambio de sustancias o transporte entre el interior y el exterior celular puede realizarse a través de dos tipos: el transporte activo y el transporte pasivo.

1.6.2. Propiedades y funciones de la membrana citoplasmática

El transporte pasivo es un movimiento aleatorio de las moléculas o solutos a través de los espacios de la membrana o utilizando proteínas transportadoras. Este proceso se realiza a favor del gradiente de concentración, por lo que no hay gasto de energía (ATP).

El proceso básico de todo transporte pasivo se denomina difusión. La difusión se explica por el hecho de que todas las moléculas de una disolución están en constante movimiento. Debido a esto tienden a esparcirse, o sea, a difundirse, siempre a favor del gradiente de concentración. Por ejemplo, cuando una gota de leche se coloca en una taza de café, las partículas de leche se esparcen espontáneamente hacia las regiones en que su concentración es baja: la mancha de leche se extiende poco a poco, mezclándose con el café.

Se distinguen, entonces, tres tipos de transporte pasivo: difusión simple, difusión facilitada y osmosis.



(Adaptado de López y Pereda, 2013)

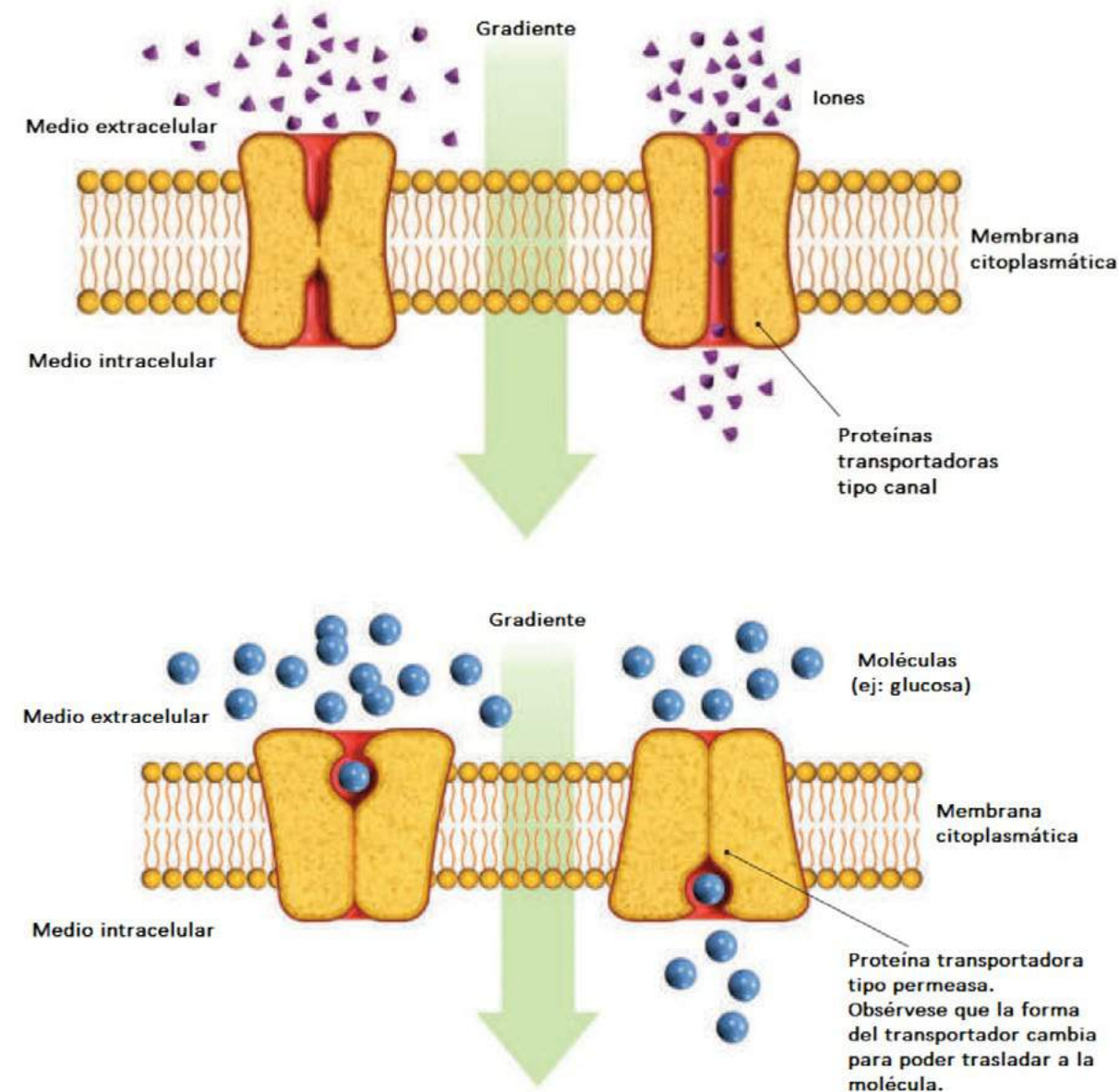
1.6.3. Tipos de transporte celular

Las moléculas pequeñas y sin carga (O₂, CO₂, etanol) difunden a través de la membrana, y lo hacen hasta alcanzar una concentración igual a ambos lados de esta. La velocidad de este tipo de transporte es proporcional a la concentración de estas moléculas de soluto.

1.6.3.1. Transporte pasivo

Las moléculas polares están rodeadas de moléculas de agua, lo cual aumenta su tamaño y grado de hidratación, disminuyendo su solubilidad en los fosfolípidos de la membrana plasmática y haciendo más difícil su ingreso o salida de la célula. Sin embargo, las membranas celulares deben permitir el paso de estas moléculas polares, como iones, azúcares, aminoácidos y otras moléculas que, por difusión simple, tardarían mucho tiempo en ingresar o salir de la célula.

Debido a que estas moléculas no pueden difundir directamente a través de la membrana, utilizan proteínas transportadoras para poder cruzar hacia el otro lado sin dificultad. Estos transportadores pueden ser canales o permeasas.



(Adaptado de López y Pereda, 2013)

Cuando los canales son exclusivos para iones inorgánicos, son llamados canales iónicos, y permiten el paso de iones específicos, como sodio (Na^+), potasio (K^+) y calcio (Ca^{2+}). Los canales iónicos son selectivos y esto depende del diámetro y la forma del canal. Por ejemplo, el diámetro necesario para dejar pasar un K^+ no es suficiente para permitir el paso de un Na^+ .

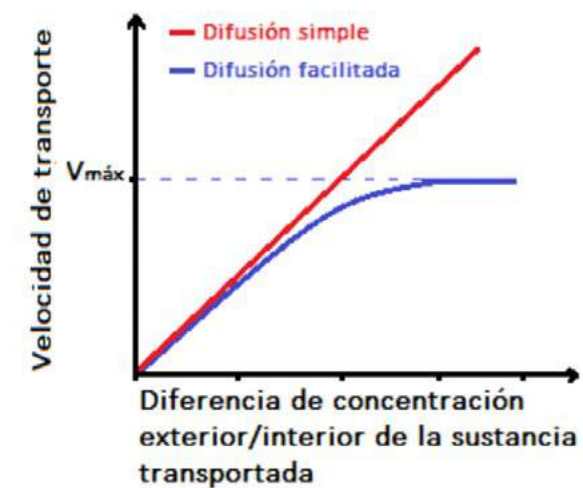
Existen, además, canales exclusivos para el paso de moléculas de agua, denominados aquaporinas (ver d).

Existen canales que permanecen siempre abiertos, mientras que otros se abren y cierran regulados por señales químicas, eléctricas o mecánicas, que provocan cambios en la conformación de la proteína que forma el canal.

Así, hay canales regulados por voltaje para Na^+ , K^+ y Ca^{2+} . Los canales de Na^+ de las células nerviosas y musculares permanecen cerrados mientras la membrana citoplasmática mantiene una diferencia de voltaje o potencial electroquímico entre el exterior y el interior de la célula, generada por la mayor concentración de Na^+ en el exterior. Cuando esta diferencia de potencial se altera, regiones cargadas de la proteína se modifican y el canal se abre. El Na^+ entra por difusión y contribuye aún más al cambio de potencial, lo que desencadena la apertura en secuencia de todos los demás canales, en una reacción en cadena, cuya propagación constituye el impulso nervioso (ver sección 2.3.1.2).

También hay canales regulados por ligandos (moléculas activadoras específicas). Se trata de canales-receptores que, al unirse con su ligando, experimentan un cambio conformacional que determina su apertura. Un ejemplo es el receptor del neurotransmisor acetilcolina, canal de Na^+ que, en la sinapsis, inicia la despolarización de la membrana postsináptica.

Hay, además, canales regulados mecánicamente, que se abren ante el estiramiento de las membranas. En el caso de las células neuroepiteliales del oído interno, los cilios de estas células vibran con los cambios de presión de la endolinfa producidos por el sonido. Estas vibraciones transmiten la tensión a los canales de Na^+ , que se abren, dejando entrar Na^+ y produciendo la despolarización y el impulso nervioso.



Hay una diferencia fundamental entre la difusión simple y la difusión facilitada. En la **difusión simple** (en rojo), la velocidad de transporte es siempre proporcional a la diferencia de concentración a ambos lados de la membrana, de la sustancia transportada. En la **difusión facilitada** (en azul) la velocidad de transporte aumenta rápidamente con la diferencia de concentraciones, pero se llega a un tope ($V_{\text{máx}}$) cuando todas las proteínas transportadoras de la membrana están funcionando al máximo de su velocidad. Se dice entonces que el sistema está **saturado**. Esto vale tanto para las **permeasas** como para los **canales iónicos**.

Las permeasas (o carriers, según su denominación en inglés) son proteínas transportadoras también altamente específicas, ya que discriminan incluso entre isómeros*, como la glucosa y la galactosa.

La permeasa se une a la molécula y mediante cambios conformacionales traslada solutos a través de la membrana, liberándolos hacia el otro lado. Luego, la permeasa recupera su conformación inicial. Esta modificación de su estructura hace que la velocidad de transporte sea menor a la del canal iónico. Además, la velocidad de este tipo de transporte dependerá de la cantidad de transportadores disponibles.

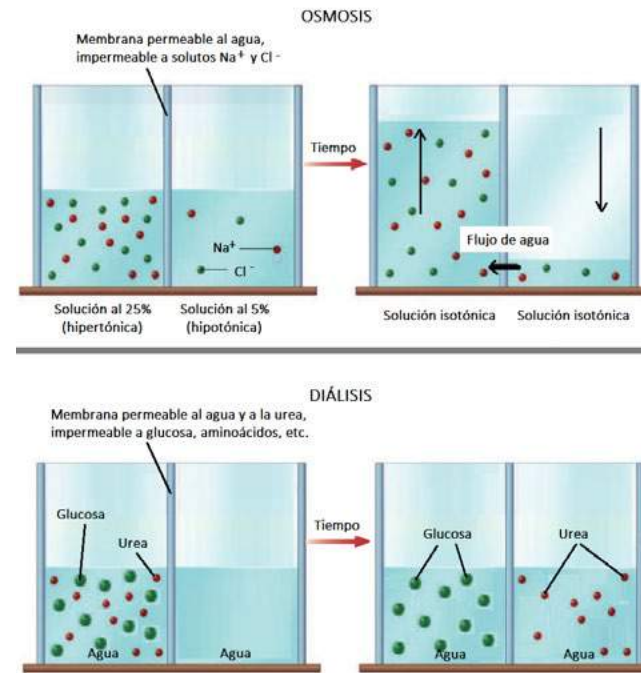
*Isómero (del griego isos, igual y meros, parte). Molécula con la misma fórmula química que otra, pero con distinta estructura o distribución espacial de sus grupos químicos.

a. Difusión simple

La osmosis es un tipo de difusión simple, en la cual lo que se moviliza es el solvente (en este caso, el agua). El movimiento de agua ocurre por la diferencia de concentración de soluto a ambos lados de la membrana citoplasmática, cuando los poros son demasiado pequeños para que pase el soluto.

En consecuencia, el agua se desplaza a través de la membrana, desde donde el soluto se encuentra menos concentrado hacia adonde está en mayor concentración. Cuando la experiencia se realiza con iguales volúmenes de agua a diferente concentración de soluto, el agua fluye hacia el compartimento con mayor concentración de soluto. Los niveles de agua se vuelven desiguales hasta que las concentraciones se igualan.

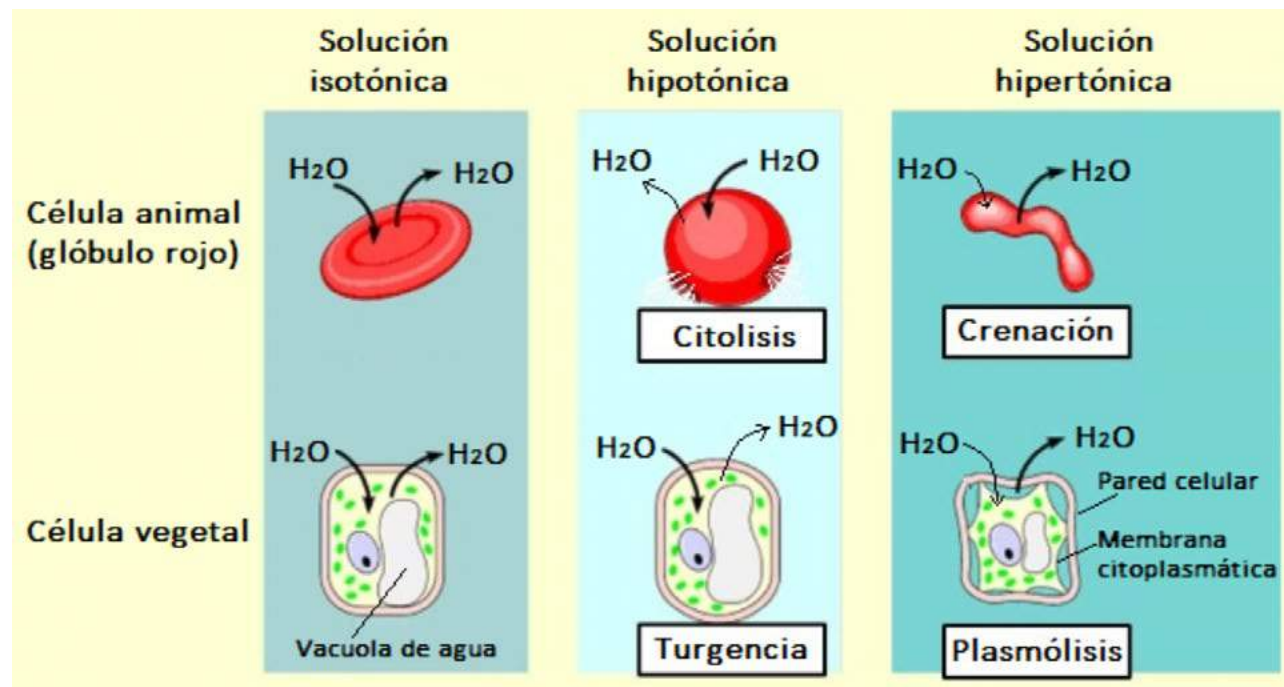
En paralelo a este fenómeno, se puede estudiar el proceso de diálisis, que tiene mucha importancia en la aplicación de una técnica de separación artificial de solutos sanguíneos, cuya acumulación en el caso de insuficiencia renal puede llevar al organismo a la muerte por acumulación de toxinas. Estas técnicas son la hemodiálisis y la diálisis peritoneal.



(Adaptado de López y Pereda, 2013)

El principio básico de acción de estas técnicas está basado en separar plasma y agua sin solutos, mediante una membrana cuyos poros sólo dejen pasar el agua y los solutos que se desea eliminar (por ejemplo, la urea), sin dejar pasar la glucosa u otras moléculas mayores y de utilidad para el organismo.

Claramente, la osmosis tiene consecuencias importantes para el organismo, puesto que el transporte de agua a través de la membrana citoplasmática puede afectar notoriamente el volumen de la célula.



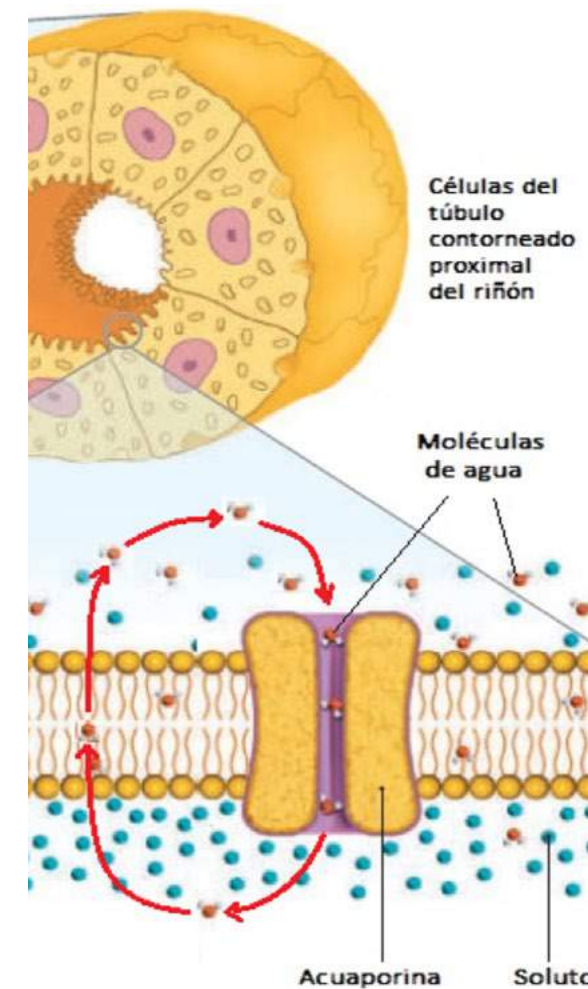
(Hispano-3000, 2014)

Un medio extracelular con exceso de solutos respecto del citoplasma se denomina medio hipertónico; por osmosis, en este caso, el agua tenderá a salir de la célula. Por el contrario, si el medio extracelular tiene un déficit de solutos con respecto al citoplasma, se denomina medio hipotónico, y el agua, aquí en exceso, tenderá a entrar a la célula.

En consecuencia, si se colocan eritrocitos (glóbulos rojos) en una solución hipotónica, habrá un movimiento neto de agua hacia el interior de la célula, lo que causará el aumento de volumen celular y puede conducir hasta la ruptura de su membrana citoplasmática (citólisis). Por el contrario, si se dejan los eritrocitos en una solución hipertónica, se reducirán de tamaño, pues el movimiento mayoritario del agua será desde la célula hacia afuera. En el caso de los glóbulos rojos, este fenómeno se denomina crenación.

A diferencia de las células animales, cuando las células vegetales están en contacto con soluciones hipotónicas, entra agua a la vacuola y aumenta el volumen celular, la membrana alcanza la pared, pero la célula no se revienta porque está protegida por la misma pared. Este fenómeno se llama turgencia celular.

Y cuando las células vegetales están en una solución hipertónica o se colocan en condiciones de baja humedad, sale agua de la vacuola y la membrana plasmática se aleja de la pared celular. Este proceso se denomina plasmólisis, y explica la flaccidez que adquieren las hojas en estas condiciones. Sin embargo, gracias a la pared celular, la planta puede recuperarse cuando, por ejemplo, se vuelve a regar.



(Adaptado de López y Pereda, 2013)

Existen células especializadas en la absorción de agua, que necesitan de un sistema de transporte más eficiente, pues solo con la osmosis no lograrían trasladar la cantidad necesaria. Uno de estos tipos de células especializadas son las células renales, específicamente, las ubicadas en el túbulo contorneado proximal del nefrón. En su membrana citoplasmática existen proteínas transportadoras llamadas acuaporinas, por donde el agua ingresa o sale de la célula más rápidamente que si tuviera que difundir únicamente por la membrana.

El bioquímico estadounidense Roderick Mackinnon fue galardonado en 2003 con el Premio Nobel de Química por sus estudios sobre la estructura y mecanismo de los canales iónicos. Pero este premio fue compartido con Peter Agre, biólogo estadounidense que trabajó en el descubrimiento de la acuaporina, proteína integral que forma parte de los poros de la membrana y que es permeable al agua. El volumen de la célula permanece constante y esta no se hincha ni se contrae, ya que, gracias a las acuaporinas, la cantidad de agua que difunde en ambas direcciones está exactamente equilibrada.

ACTIVIDADES

1) Suponga que el transporte de moléculas a través de la membrana citoplasmática es análogo al caso de muchos niños que intentan atravesar un arroyo. La difusión simple es equivalente al paso atropellado de los niños por un estrecho puente y la difusión facilitada está representada por un hombre que, con un pie en cada orilla del arroyo, va levantando a cada niño y lo va dejando en la orilla opuesta.

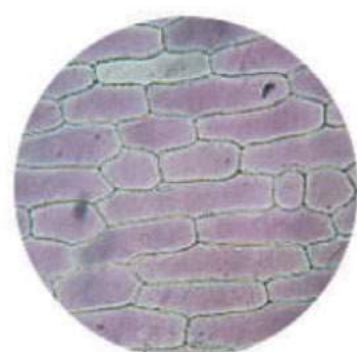
a) ¿A qué componentes de la difusión simple y de la difusión facilitada representa cada personaje y objeto descrito en esta analogía? Fundamente cada descripción.

b) ¿Cuál de los dos procesos de transporte, difusión simple o difusión facilitada, será más rápido? Fundamente a partir de las situaciones presentadas en la analogía

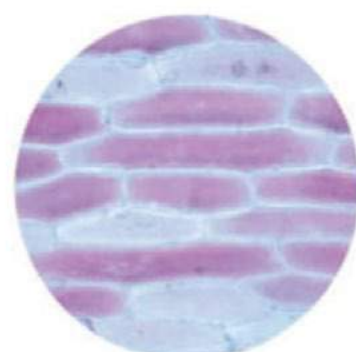
2) Observe y analice las siguientes imágenes de células del catafilo de cebolla, obtenidas por microscopio óptico. En cada una de estos casos, la membrana del catafilo ha sido sumergida en una disolución salina, con diferente concentración de cloruro de sodio (NaCl).



Catáfilo de cebolla en
Solución salina 8%



Catáfilo de cebolla en
solución salina 1%



Catáfilo de cebolla en
agua destilada

a) Identifique en qué tipo de medio ha sido sumergido cada catafilo (medio isotónico, hipotónico o hipertónico) y qué proceso observable fundamenta esta interpretación.

b) Explique cómo se ha movido el agua a través de la membrana citoplasmática de las células en cada caso y por qué ha ocurrido este movimiento.

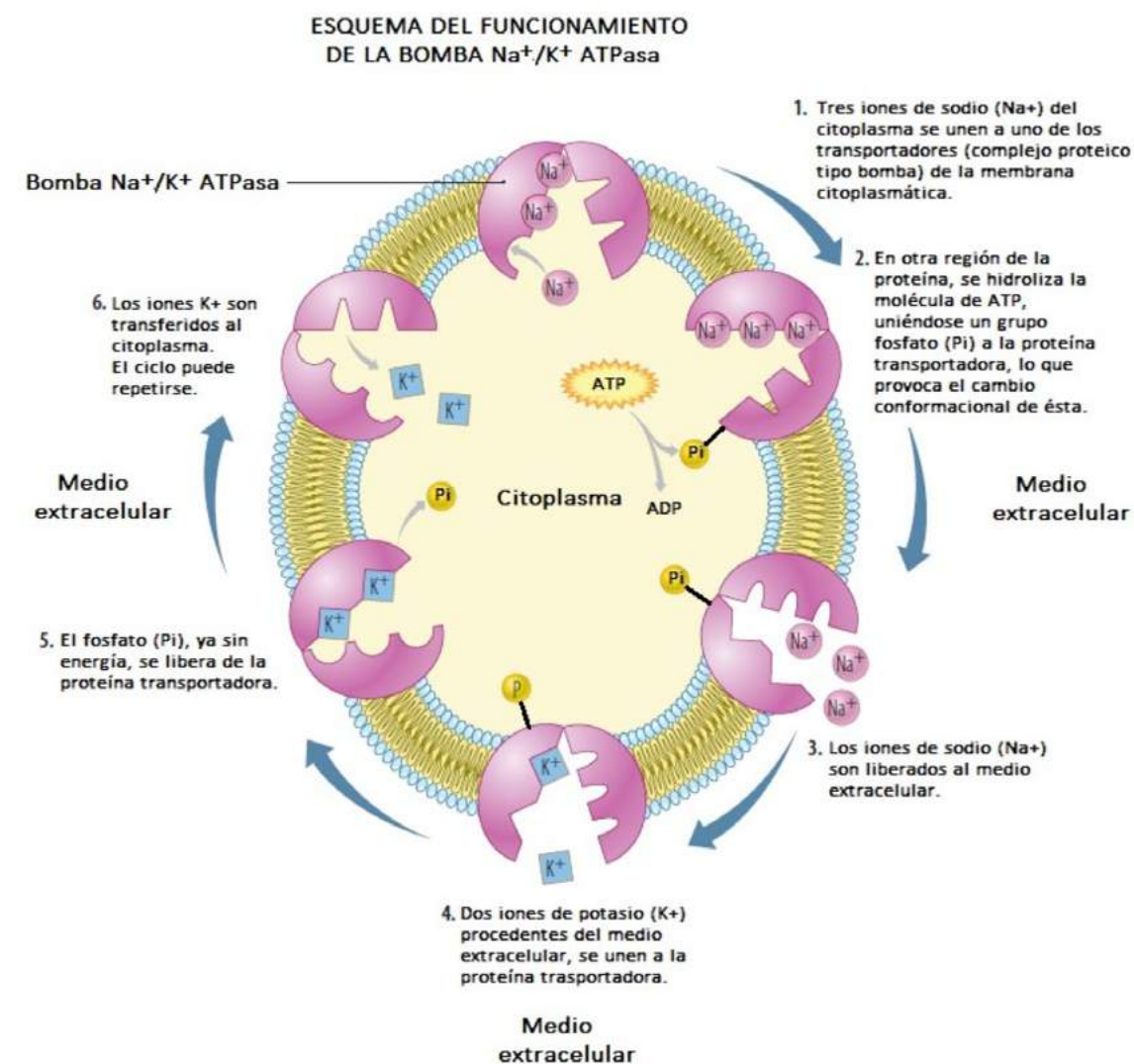
3) Antes de la invención del refrigerador, una de las formas tradicionales de conservar la carne sin tener que congelarla, era dejarla cubierta de sal. Por otra parte, un modo tradicional de conservar la fruta era convertirla en mermelada, lo que se lograba agregándole gran cantidad de azúcar. Si, en ambos casos, la estrategia consiste en sumergir a las células de carne y de fruta en una alta concentración de solutos (iones Na^+ y Cl^- en el caso de la sal; moléculas de sacarosa en el caso del azúcar), explique: ¿qué ocurre con las bacterias que causan descomposición, de modo que ni la carne ni la fruta se pudren en estos casos?

b. Difusión facilitada

Si utilizamos como analogía del transporte de moléculas la entrada o salida de estudiantes de la sala de clases, pueden darse dos situaciones diferentes: el movimiento de sustancias a través de la membrana citoplasmática puede realizarse a favor de un gradiente de concentración (salir de la sala junto con todos los demás estudiantes) o en contra de éste (ingresar cuando todos salen). Cuando el movimiento se realiza en contra del gradiente de concentración se denomina transporte activo y, por supuesto, para poder contrarrestar la gradiente, este transporte requiere de ATP y proteínas transportadoras específicas conocidas como bombas. Este tipo de transporte es de gran importancia, pues permite a la célula mantener en equilibrio la concentración de las sustancias intracelulares generadas de la actividad metabólica y continuar con sus funciones. Así, se identifican dos tipos de transporte activo: primario y secundario.

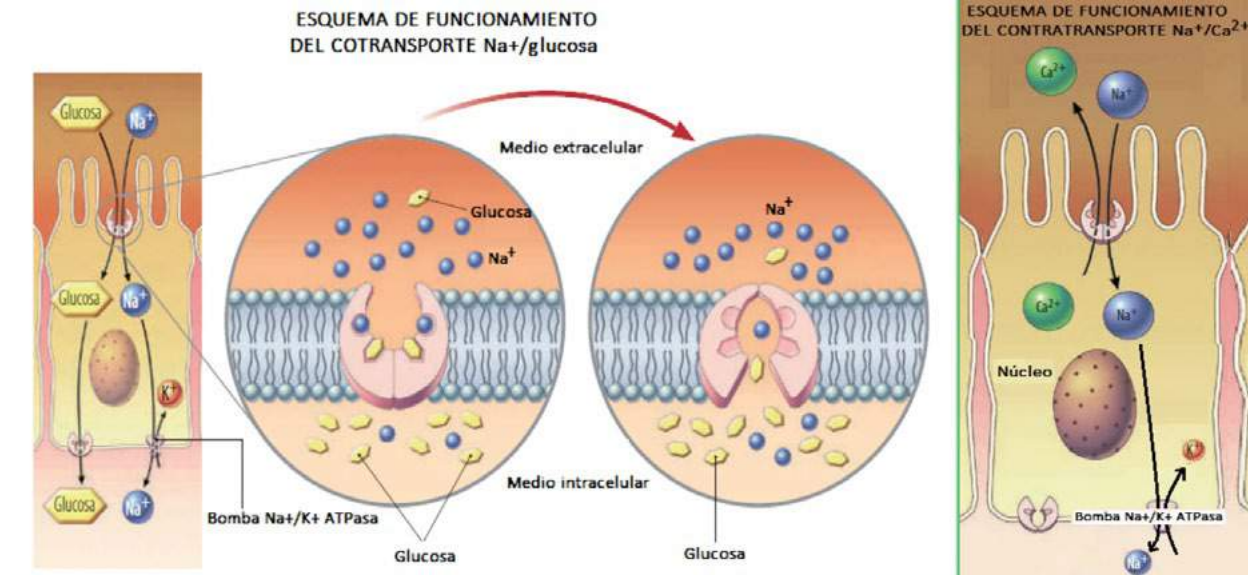
El sodio (Na^+) se encuentra en altas concentraciones fuera de la célula con respecto al interior. La mantención de esta diferencia de concentraciones requiere que la célula utilice una proteína transportadora que hidroliza ATP para obtener energía, y así, "sacar" el Na^+ desde el citoplasma hacia el espacio extracelular, es decir, en contra de su gradiente de concentración. Enseguida, la proteína une el potasio (K^+) del exterior celular y lo "ingresa" hacia el citoplasma. A las proteínas transportadoras de este tipo, que hidrolizan ATP, se les denomina bombas. Así, la bomba de Na^+/K^+ ATPasa permite la salida del sodio y la entrada del potasio a la célula, manteniendo las concentraciones constantes en el medio intra y extracelular.

Aunque en todas las membranas de los distintos tipos celulares, incluyendo las de los organelos, se realiza transporte activo, en algunas células este tipo de transporte tiene una importancia especial. En la membrana plasmática de las neuronas abundan las bombas Na^+/K^+ ATPasa, fundamentales para generar las diferencias de potencial electroquímico (llamado potencial de reposo) que, al variar por algún estímulo, desencadenan la entrada de Na^+ que, al propagarse, genera el impulso nervioso. También, la contracción muscular depende de la presencia de Ca^{2+} en el citoplasma de los miocitos (células musculares). En estas células, la bomba de Ca^{2+} ATPasa se encuentra en la membrana del REL y se encarga de transportar a este ion desde el citoplasma hasta el interior de este organelo, donde es almacenado, hasta que un estímulo abre los canales de calcio, desencadenando la contracción muscular.



Otro tipo de transporte activo muy común es aquel que se realiza cotransportando o contratransportando un soluto que va en contra del gradiente de concentración con otro soluto a favor de su gradiente de concentración. Uno de los ejemplos clásicos es el cotransporte de Na^+ /glucosa y el contratransporte o intercambiador de $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$.

El cotransporte $\text{Na}^+/\text{glucosa}$ (o simporte) se da en las células epiteliales del intestino. Existe una proteína transportadora en la región superior de la célula que da al lumen del intestino, que introduce Na^+ al citoplasma, a favor de la gradiente de concentración, y también ingresa glucosa, pero ésta, en contra de la gradiente. Este mecanismo también ocurre como consecuencia de un cambio conformacional de la proteína transportadora, pero no requiere para ello el aporte energético de ATP. Se le denomina cotransporte de $\text{Na}^+/\text{glucosa}$, dado que las dos sustancias transportadas tienen el mismo sentido de transporte (las dos entran a la célula). A medida que la glucosa ingresa a la célula, comienza a aumentar su concentración, lo cual favorece su transporte pasivo, a favor de su gradiente de concentración, desde el citoplasma de la célula intestinal hacia la circulación, para, desde ahí, llegar a todas las células del organismo. La salida de la glucosa desde la célula intestinal ocurre en la región basal.



(Adaptado de López y Pereda, 2013)

El contratransporte $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$ (o antiporte) funciona en muchas células, donde existe una proteína transportadora que introduce Na^+ en el citoplasma, a favor del gradiente de concentración, y extrae Ca^{2+} en contra del gradiente. Este tipo de proteína se denomina intercambiador $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$. Al mecanismo por el cual se transportan dos sustancias en distinto sentido respecto de la célula se le llama contratransporte. Dado que en el medio extracelular la concentración de Na^+ es alta, este catión tiende a ingresar a la célula, y debido a que la concentración de Ca^{2+} en el interior celular es menor respecto al exterior, el Ca^{2+} requiere acoplarse al Na^+ para poder ser transportado hacia el exterior.

ACTIVIDADES

- 1) ¿Qué etapa del funcionamiento de la bomba de Na^+/K^+ ATPasa no podría completarse si se interrumpiese la disponibilidad de ATP? Explique.
- 2) En el cotransporte de $\text{Na}^+/\text{glucosa}$, la glucosa ingresa a la célula contra gradiente. También en el contratransporte $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$, el Ca^{2+} es extraído de la célula en contra de su gradiente. ¿Cómo es esto posible si, en ambos casos, la molécula transportadora no emplea ATP para efectuar el transporte? Explique.

c. Endocitosis

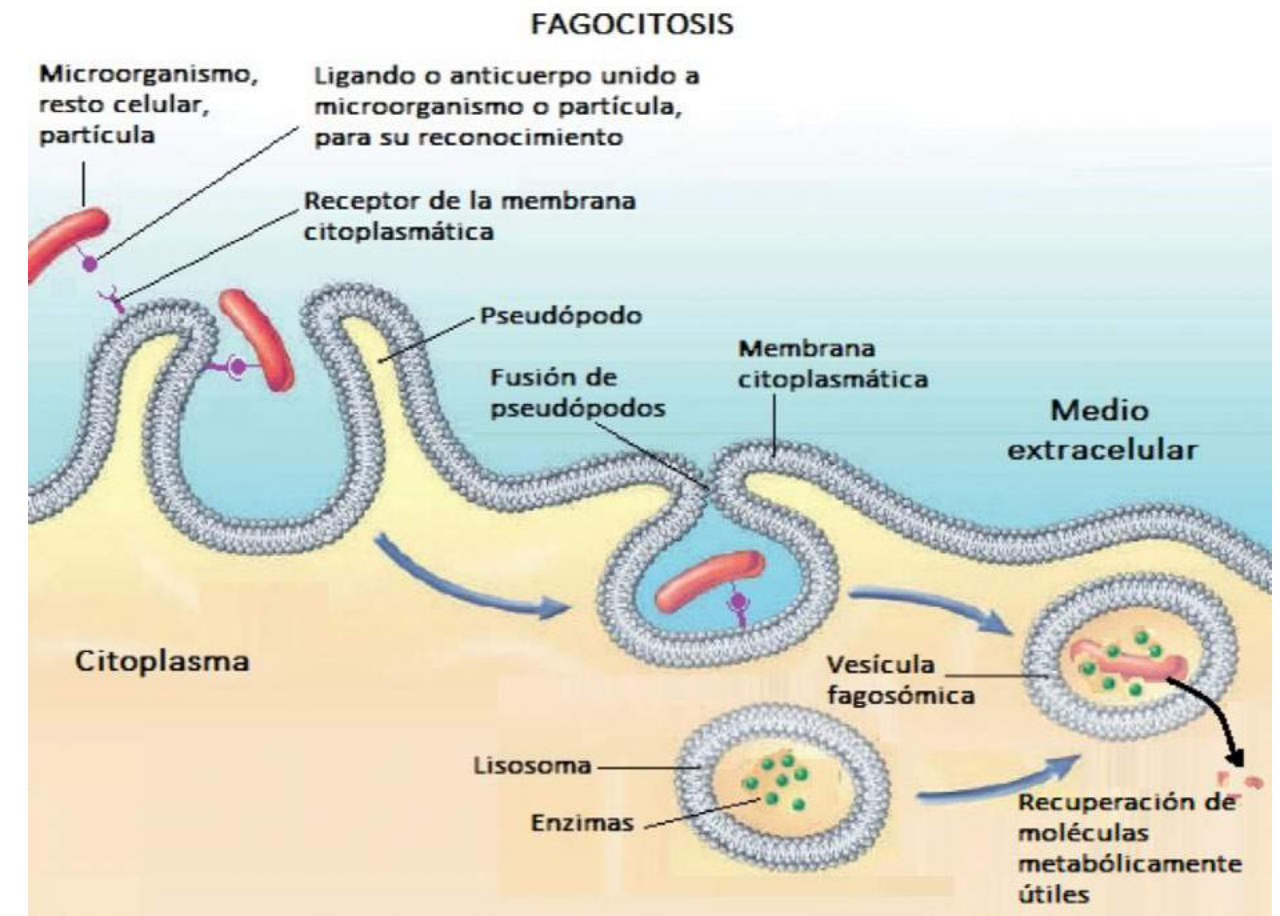
Moléculas grandes, como polisacáridos, proteínas, virus, e incluso otras células procariontes pequeñas, pueden ser incorporadas al citoplasma o sacadas de éste mediante los mecanismos de transporte denominados: endocitosis y exocitosis.

El mecanismo de endocitosis se utiliza para que ingresen las macromoléculas, cuerpos mayores o líquidos a la célula, mientras que el de exocitosis implica la salida de estos. En los dos casos, estos objetos se transportan en vesículas que se generan dentro de la célula y que están rodeadas por membranas. Durante los procesos de endocitosis y exocitosis, ambas membranas (de la vesícula y de la membrana plasmática) se aproximan y se fusionan, requiriendo para este proceso el aporte energético del ATP. A este tipo de transporte también se le denomina transporte en masa o transporte mediado por vesículas.

En la endocitosis, las sustancias son transportadas al citoplasma a través de pequeñas depresiones de la membrana plasmática, que llevan a la formación de una vesícula endocítica. Se distinguen tres tipos de endocitosis: pinocitosis, endocitosis mediada por receptor y fagocitosis.

En la pinocitosis, pequeñas áreas de la membrana citoplasmática se repliegan o invaginan hacia el interior celular, hasta formar una vesícula pinocítica, que atrapa parte del líquido extracelular. Estas vesículas suelen tener un diámetro inferior a 150 nm (ver sección 2). Una vez que el contenido de la vesícula ha sido procesado por parte de la célula, la membrana que compone la vesícula retorna a la superficie de la célula, fusionándose con esta. De este modo, hay un tránsito constante de componentes de la membrana (fosfolípidos, colesterol, proteínas, oligosacáridos) entre la superficie de la célula y su interior.

En la endocitosis mediada por receptor, proteínas, colesterol y otras moléculas procedentes del exterior se unen a receptores de superficie específicos (formados por complejos de glucoproteínas o glucolípidos), que las reconocen e inician la formación de una vesícula endocítica. Una vez formada, la molécula externa se separa del receptor y este vuelve a ser instalado al exterior celular con su porción de membrana, mediante una vesícula de exocitosis.



(Adaptado de López y Pereda, 2013)

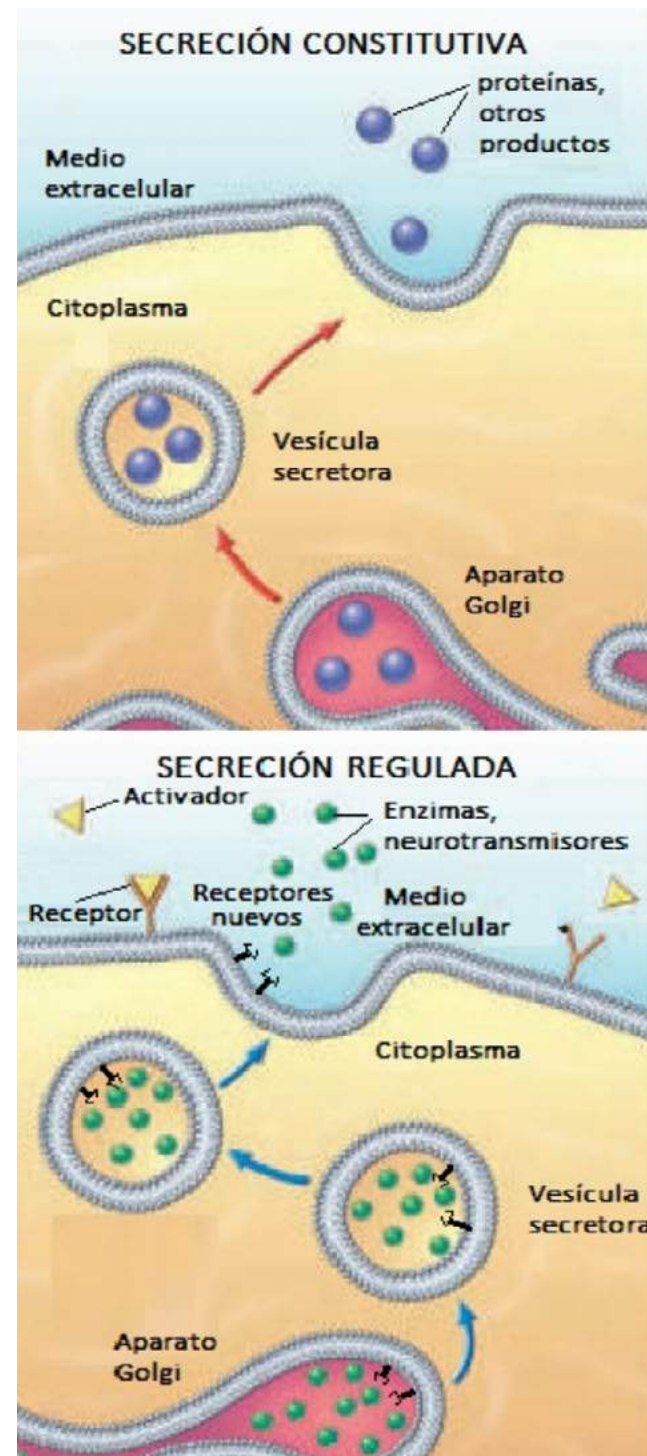
Durante la fagocitosis, los receptores de la superficie celular reconocen moléculas unidas a la superficie de una partícula sólida (que pueden ser antígenos de superficie, o anticuerpos unidos previamente a la partícula, macromolécula, resto celular, virus o bacteria). Producido el reconocimiento de este ligando* con el receptor y su unión, la célula genera proyecciones de la membrana y del citoplasma llamadas pseudópodos, que rodean a la partícula sólida. Una vez rodeada, los pseudópodos se fusionan y forman una vesícula alrededor de la partícula. La vesícula, al fusionarse con lisosomas, forma la vesícula fagosómica. Estas vesículas alcanzan un tamaño mayor de 150 nm de diámetro (ver sección 2).

La membrana de la vesícula fagosómica posee una bomba de protones ATPasa, que inyecta H⁺ hacia el interior, acidificándola y activando así las enzimas lisosomales, para que actúen descomponiendo el contenido fagocitado. A continuación, los productos de esta digestión que pueden aprovecharse metabólicamente, son llevados hasta el citosol, donde son utilizados para formar nuevas estructuras moleculares. Algunas de estas moléculas pueden ser expuestas a la superficie celular, como antígenos que células defensivas (macrófagos y linfocitos) puedan reconocer para generar respuestas inmunes ante la invasión de determinados microorganismos.

Los glóbulos blancos de la sangre, del tipo macrófagos y neutrófilos, son el principal ejemplo de células que fagocitan bacterias y otras sustancias extrañas, proceso que forma parte del mecanismo de defensa inespecífica del organismo.

El proceso de exocitosis consiste en el transporte de macromoléculas que están empaquetadas en vesículas desde el interior de la célula hacia el medio extracelular. La membrana de la vesícula, también llamada vesícula secretora, se fusiona con la membrana plasmática, liberando su contenido al medio extracelular. Mediante este mecanismo, las células liberan enzimas digestivas, hormonas y neurotransmisores, según la función específica celular que tengan. Estos últimos son fundamentales para llevar a cabo la transmisión del impulso nervioso de una neurona a la otra.

El proceso de exocitosis se puede desencadenar bajo dos situaciones: una es la secreción constitutiva, que consiste en la producción permanente de vesículas que se liberan sin necesidad de algún estímulo; por ejemplo, las vesículas que transportan proteínas constituyentes de la matriz extracelular. La otra



(Adaptado de López y Pereda, 2013)

situación es la secreción regulada, que es la producción de vesículas que son liberadas frente a un estímulo específico, generado por un ligando* (molécula activadora). En las células exocrinas y muchas células endocrinas, el estímulo y, en consecuencia, la apertura de los canales de Ca²⁺. Los iones de Ca²⁺ penetran en la célula y esto da lugar a que las vesículas se fusionen con la membrana citoplasmática y liberen su contenido al medio extracelular. Ese es el caso de la liberación de enzimas digestivas del páncreas y de la secreción de los neurotransmisores neuronales en la sinapsis.

La presentación de antígenos y la formación de receptores unidos a la membrana, también son productos de la exocitosis en respuesta a determinados estímulos químicos.

*Ligando. (del Latín ligandum) es una molécula usualmente pequeña, que forma un complejo con una biomolécula, normalmente una proteína, y envía una señal química al unirse a su centro activo.

ACTIVIDADES

- 1) ¿Qué relaciones tienen los procesos de endocitosis y exocitosis con las funciones del aparato de Golgi? Explique, revisando los contenidos de la sección 1.4.4.
- 2) Haga un resumen de los procesos involucrados en la endocitosis y la exocitosis.

2. ORGANIZACIÓN SISTÉMICA Y FUNCIONES VITALES DEL ORGANISMO HUMANO

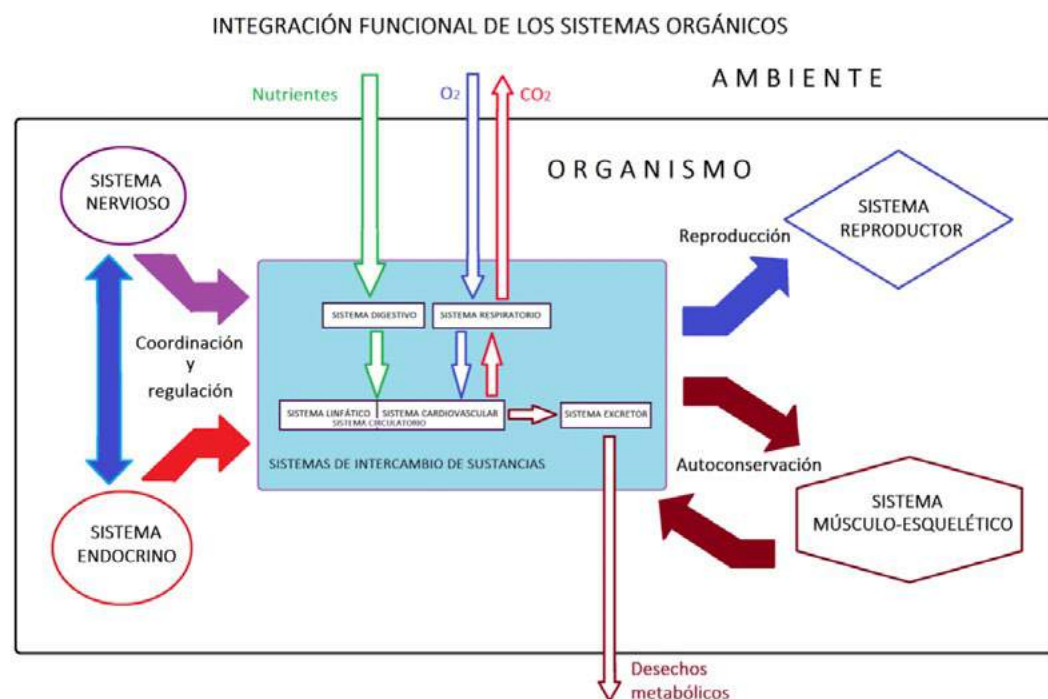
2.1. Procesos y funciones vitales en el organismo

Hasta ahora, los antecedentes bioquímicos y fisiológicos revisados han apuntado a los seres vivos en general. Pero, de aquí en adelante, dichos antecedentes servirán de base para comprender la estructura y el funcionamiento de los distintos sistemas que componen al organismo humano.

Para que el organismo funcione, los nutrientes (proteínas, carbohidratos y lípidos, a los que hay que agregar el agua y los electrolitos o iones) deben llegar a todas las células. Asimismo, la incorporación de oxígeno por ellas es esencial para que puedan realizar respiración celular, generando ATP mediante el cual aportar energía a procesos fisiológicos (contracción muscular, transporte activo) y procesos anabólicos, de síntesis de moléculas nuevas (síntesis de proteínas, producción y recambio de subestructuras celulares, replicación del ADN). Y los desechos que produce el metabolismo celular (como el dióxido de carbono y la urea) deben ser eliminados por las células.

Para cumplir con estas funciones específicas, los seres vivos tienen células diferenciadas que cumplen con roles precisos, como la digestión y absorción de nutrientes, el intercambio de oxígeno y CO₂ con el ambiente, la excreción de metabolitos de desecho y el transporte de estas sustancias por el interior del organismo. Otras células apoyan estas funciones, como las que forman el músculo cardíaco, cuyas pulsaciones impulsan la sangre permitiendo que gases, nutrientes y desechos metabólicos lleguen a los órganos en que deben ser procesados, o como las células que forman el sistema endocrino y el sistema nervioso, y los huesos y músculos esqueléticos, por cuya coordinación y funcionamiento conjunto el organismo se moviliza para obtener los nutrientes vitales y buscar o generar las condiciones ambientales que le permiten conservarse saludable, para, eventualmente, poder reproducirse.

Poder operar con un máximo de eficiencia en sus tareas, explica que estas células especializadas se organicen en tejidos, luego integrados en órganos y sistemas de órganos (ver sección 1.2), que cooperan y se coordinan entre sí.



Integración funcional de los sistemas orgánicos, elaboración propia

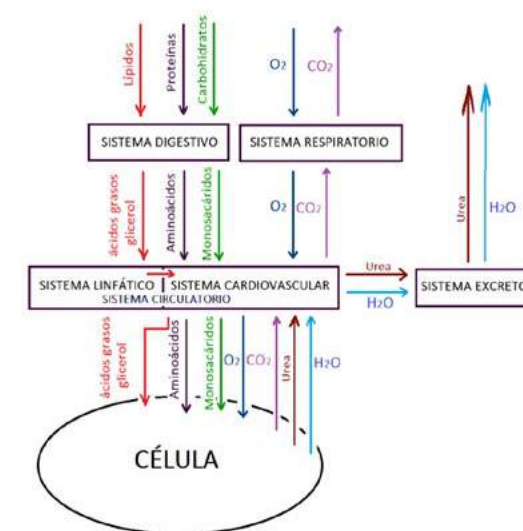
Los sistemas de intercambio de sustancias tienen como finalidad proveer a todas las células del organismo (inclusive las que los constituyen a ellos) de todos los insumos y condiciones necesarias para su óptimo funcionamiento.

El Sistema Digestivo inicia esta cadena de procesos degradando los tres nutrientes básicos (proteínas, lípidos y carbohidratos) hasta sus unidades componentes: aminoácidos, ácidos grasos, glicerol, y monosacáridos, a través de la digestión (el agua y los electrolitos no sufren transformaciones). En este estado, son entregados al Sistema Circulatorio durante la absorción intestinal. Los ácidos grasos y el glicerol son transportados por el Sistema Linfático, mientras que los demás nutrientes son transportados por el Sistema cardiovascular.

2.2. Descripción funcional de los sistemas de intercambio de sustancias

Los sistemas de intercambio de sustancias interactúan con el medio ambiente, incorporando nutrientes a través del Sistema Digestivo. También intercambia gases con el ambiente el Sistema Respiratorio, y el Sistema Excretor se ocupa de sacar los desechos metabólicos del organismo. Del transporte de sustancias entre estos sistemas se encarga el Sistema Circulatorio, que incluye al Sistema Cardiovascular y al Sistema Linfático.

La coordinación y regulación de las funciones de todos los sistemas es compartida por el Sistema Nervioso y el Sistema Endocrino. El Sistema Músculo-Esquelético moviliza al organismo hacia su autoconservación, y este orienta buena parte de sus funciones hacia la generación de descendencia a través del Sistema Reproductor.



Sistemas de intercambio de sustancias, elaboración propia

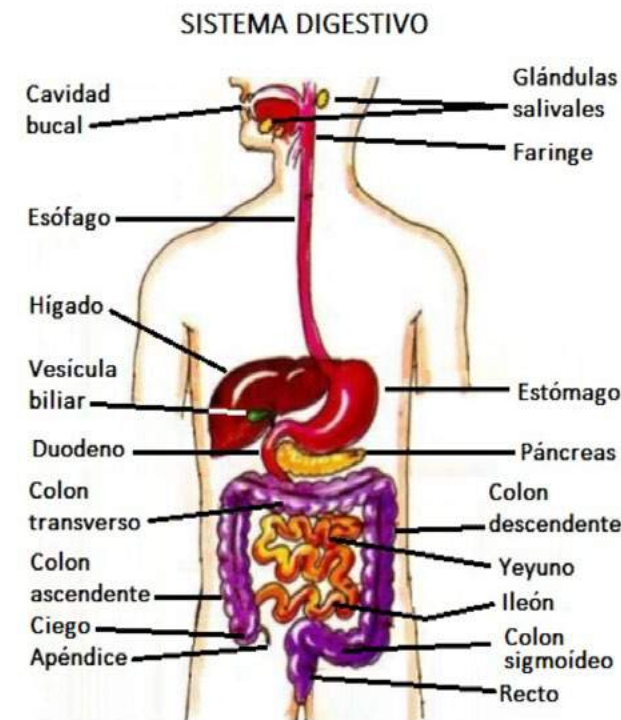
Luego de su dilución a lo largo del Sistema linfático, los ácidos grasos y el glicerol, en forma de triglicéridos, son reincorporados al Sistema cardiovascular, desde donde llegan hasta las células, junto con todos los demás nutrientes.

Paralelamente, el Sistema respiratorio va integrando O₂ al Sistema cardiovascular, el cual es transportado por la sangre hasta la célula. Dentro de esta, los monosacáridos fructosa y galactosa son metabólicamente convertidos en glucosa, la que, junto con el O₂, entran a la respiración celular. La salida de este proceso bioenergético produce, además de ATP, CO₂ y agua, mientras que el catabolismo de los aminoácidos en las células hepáticas provee la urea, un desecho metabólico nitrogenado que debe ser retirado del organismo. CO₂, agua y urea son, así, devueltos al Sistema cardiovascular, desde donde los dos últimos son eliminados por la orina, luego de ser filtrados por los riñones, principales órganos del Sistema excretor. El CO₂, entretanto, es eliminado, junto con algo de vapor de agua, por el Sistema respiratorio en la etapa de exhalación del ciclo ventilatorio.

ACTIVIDADES

Teniendo presente la integración funcional de los sistemas orgánicos, explique: ¿qué consecuencias se desencadenarían en el organismo en cada caso en que uno de los siguientes sistemas no cumpliera con su función?

- Sistema digestivo.
- Sistema respiratorio
- Sistema linfático
- Sistema cardiovascular
- Sistema excretor renal.
- Sistema músculo-esquelético
- Sistema nervioso



Sistema digestivo, adaptado de Stay Medina, C. (22/09/2016). Sistema digestivo. SlideShare. https://www.slideshare.net/carlos_stay/sistema-digestivo-66320897 (2/12/2018)

*Alimentación. Acto de incorporar alimentos al organismo, en un proceso consciente y voluntario.
*Nutrición. Conjunto de procesos fisiológicos por medio de los cuales el organismo recibe, transforma y utiliza las sustancias químicas contenidas en los alimentos; un proceso involuntario e inconsciente.
*Ingestión. Ingreso de sustancias alimenticias al Sistema Digestivo.
*Digestión. Transformación de los nutrientes contenidos en los alimentos, en moléculas pequeñas y difusibles, por acción mecánica del tubo digestivo y acción de enzimas de los jugos digestivos.

2.2.1. Sistema Digestivo

El sistema Digestivo participa del proceso de nutrición*. Se encarga de incorporar los nutrientes que el organismo necesita para sus funciones. Para ello, los separa de los alimentos* que se ingieren*, y los digiere* hasta sus componentes básicos, para que estos puedan ser absorbidos* y pasar al Sistema Circulatorio.

En los vertebrados, el Sistema Digestivo está formado por el Tubo Digestivo y los Órganos Anexos.

2.2.1.1. Tubo Digestivo

Mide unos 11 metros de longitud. Se diferencia en: cavidad bucal, faringe, esófago, estómago, intestino delgado e intestino grueso.

El Intestino Delgado tiene, en promedio, 4 metros de longitud y unos 2,5 cm de diámetro. Se subdivide en tres segmentos: duodeno (25 cm), yeyuno (1,5 m.) e ileón (2,5 m.).

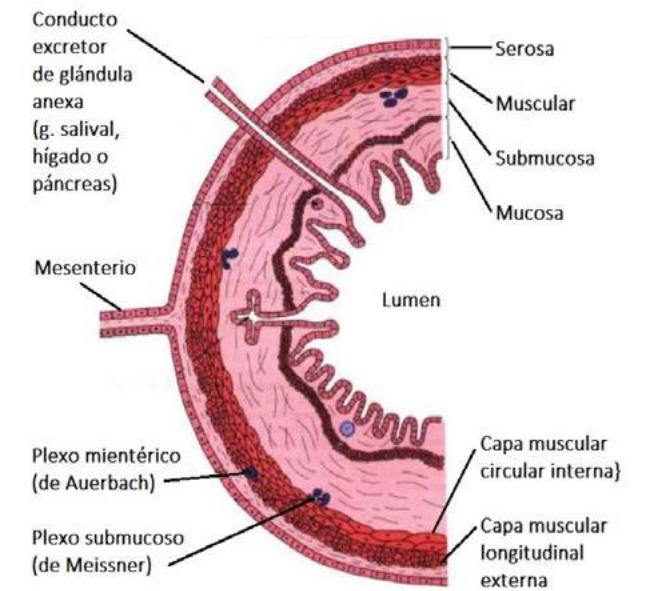
*Absorción. Es el transporte de las moléculas simples, productos de la digestión, al torrente sanguíneo y a la linfa.
*Egestión o defecación. Eliminación de los residuos no digeribles de los alimentos.
*Histología. (del griego *ἵστος*/histós, "tejido", y *λογία*/logía, "tratado, estudio, disciplina"). Es la parte de la biología que estudia la composición, la estructura y las características de los tejidos orgánicos de los seres vivos.

También el Intestino Grueso presenta subdivisiones: ciego (del que pende el apéndice), colon ascendente, colon transverso, colon descendente, colon sigmoideo y recto.

La histología* del Tubo Digestivo, en un corte transversal, revela una pared constituida por cuatro capas que, desde la cavidad o lumen hacia el exterior, son: mucosa, submucosa, muscular y serosa.

La mucosa está formada por tejido epitelial, lámina propia (hecha de tejido conjuntivo) y una cubierta delgada de músculo liso (muscularis mucosae).

La submucosa es una membrana muy vascularizada y contiene al plexo submucoso o plexo de Meissner, una red de tejido nervioso perteneciente al Sistema Nervioso Entérico (SNE), que se encarga de la regulación de la secreción de hormonas, enzimas y todo tipo de sustancias secretadas por las diferentes glándulas que se encuentran a lo largo del tubo digestivo.



Histología del tubo digestivo, adaptado de Zapata, J. (28/09/2014). Histología del Sistema Digestivo. <https://es.slideshare.net/julianazapatacardona/histologa-del-sistema-digestivo-39629285>

La envoltura muscular está compuesta por dos capas de músculo liso (excepto en el estómago, en que hay tres); una capa interna, cuya orientación es circular y una capa externa, cuyas células se organizan en forma longitudinal. Las contracciones involuntarias de esta capa se denominan peristaltismo; provocan estrechamientos y dilataciones del tubo digestivo que ayudan a avanzar al alimento y a mezclarlo con las secreciones digestivas para descomponerlo. Entre ambas capas, se encuentra el plexo mientérico o de Auerbach, otra parte del SNE, encargada de activar los movimientos peristálticos gastrointestinales. Este SNE incluye neuronas sensoriales, interneuronas y neuronas motoras, de modo que puede llevar a cabo actos reflejos con independencia del control del Sistema Nervioso Central.

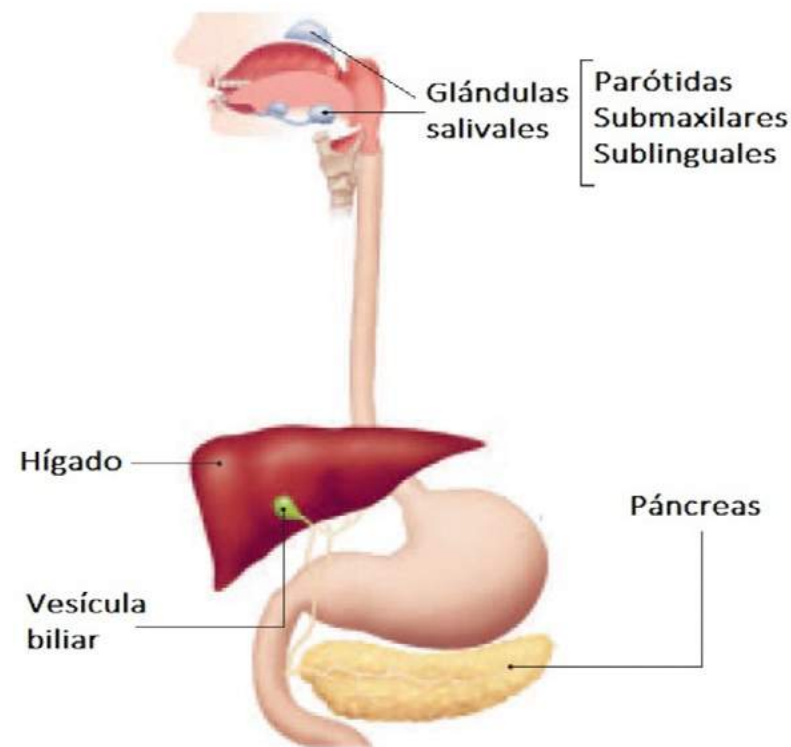
En determinados niveles del tubo digestivo, la capa muscular es más gruesa, formando anillos que lo separan en compartimentos, abriéndose y cerrándose de acuerdo a las necesidades de transporte del alimento. Se denominan esfínteres y existen cinco: faringoesofágico (porción superior del esófago), gastroesofágico o cardias (entrada del estómago), piloro (salida del estómago), ileocecal (unión del intestino delgado con el grueso) y anal (formado por un anillo interno de músculo liso involuntario y otro anillo externo de músculo esquelético voluntario).

La serosa es la capa más externa de las porciones del tubo digestivo suspendidas en la cavidad abdominal, formada de tejido conectivo y epitelio. Se continua en un repliegue llamado mesenterio, que une al tubo digestivo con el peritoneo, en la pared posterior de la cavidad abdominal.

2.2.1.2. Órganos anexos y procesos digestivos

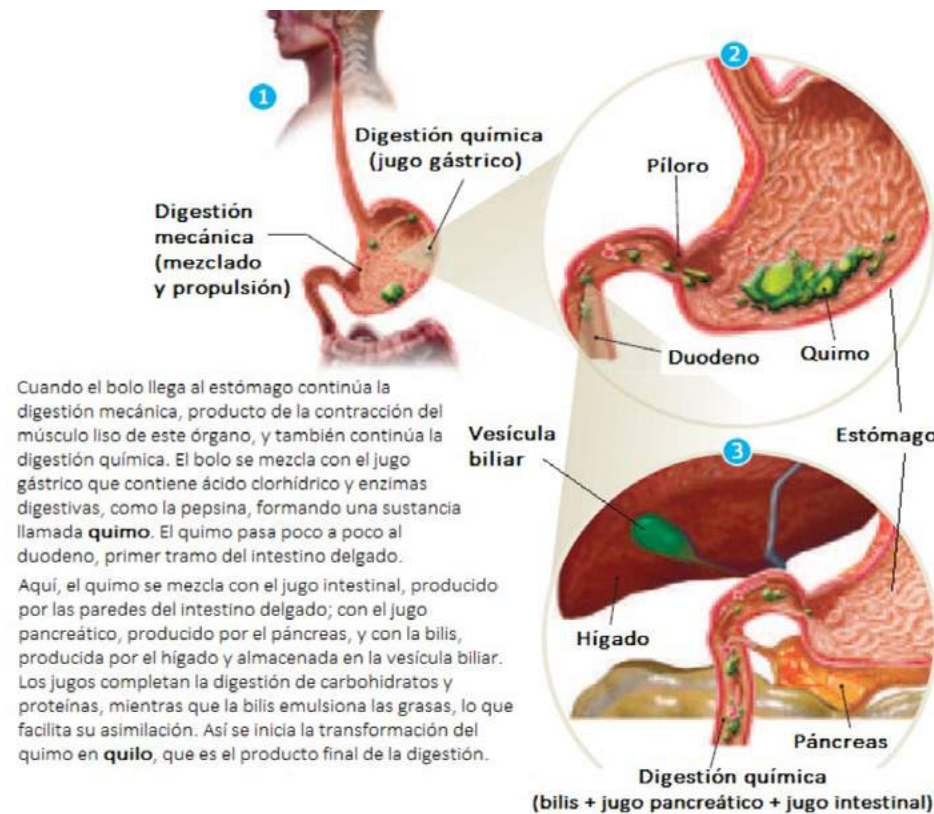
Los órganos anexos del Sistema Digestivo proporcionan parte de los fluidos y enzimas esenciales para la dilución del alimento y su digestión; son las glándulas salivales, el hígado, la vesícula biliar y el páncreas. El resto de estos fluidos y enzimas digestivos son secretados por células especializadas, insertas en la mucosa gástrica y en la mucosa intestinal.

Según su ubicación en la cavidad bucal, las glándulas salivales se agrupan en parótidas (por detrás de la mandíbula y debajo de la oreja), submaxilares (por debajo de la mandíbula) y sublinguales (en el piso de la boca). Están formadas por agrupaciones de células llamadas acinares, que vierten la saliva en conductos que van a dar a la cavidad bucal. Otras glándulas salivales más pequeñas se ubican en la mucosa del paladar,



Órganos anejos al sistema digestivo, adaptado de (s/f). Human Digestive Tract System Vector. CanStockPhoto. <https://www.canstockphoto.ie/human-digestive-tract-system-32210664.html>

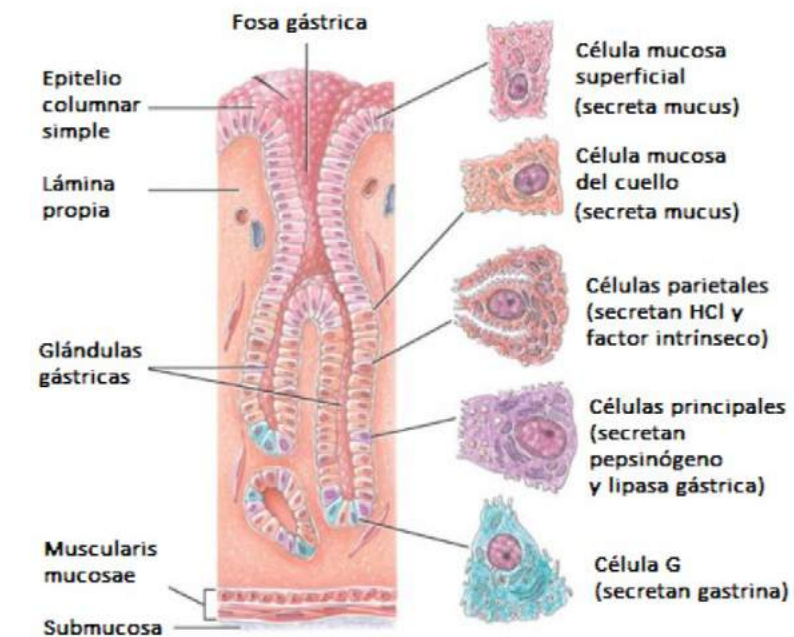
Gracias al proceso de deglución, el bolo alimenticio, en una primera fase voluntaria, es empujado hacia atrás por la lengua. Una vez en la faringe, en un proceso involuntario, la epiglotis cierra la laringe, bloqueando la respiración mientras el bolo alimenticio ingresa al esófago. Aquí, el esfínter gastroesofágico inicia el movimiento peristáltico que conduce al bolo alimenticio hasta el estómago, al que penetra por relajación y contracción sucesiva del cardias.



Cuando el bolo llega al estómago continúa la digestión mecánica, producto de la contracción del músculo liso de este órgano, y también continúa la digestión química. El bolo se mezcla con el jugo gástrico que contiene ácido clorhídrico y enzimas digestivas, como la pepsina, formando una sustancia llamada **quimo**. El quimo pasa poco a poco al duodeno, primer tramo del intestino delgado. Aquí, el quimo se mezcla con el jugo intestinal, producido por las paredes del intestino delgado; con el jugo pancreático, producido por el páncreas, y con la bilis, producida por el hígado y almacenada en la vesícula biliar. Los jugos completan la digestión de carbohidratos y proteínas, mientras que la bilis emulsiona las grasas, lo que facilita su asimilación. Así se inicia la transformación del quimo en **quilo**, que es el producto final de la digestión.

lengua e interior de los labios. La saliva es el primer jugo digestivo. Contiene un 99,5% de agua, iones, mucus, inmunoglobulina A (un anticuerpo), la enzima bactericida lisozima y dos enzimas digestivas: amilasa salival o ptialina y lipasa lingual. La digestión inicial de los alimentos es mecánica (gracias a la masticación por los dientes y la formación del bolo alimenticio por la lengua) y química (por acción de las enzimas salivales). La amilasa salival actúa sobre carbohidratos, fragmentándolos en oligosacáridos, y la lipasa degrada los triglicéridos en ácidos grasos y diglicéridos.

Gracias al proceso de deglución, el bolo alimenticio, en una primera fase voluntaria, es empujado hacia atrás por la lengua. Una vez en la faringe, en un proceso involuntario, la epiglotis cierra la laringe, bloqueando la respiración mientras el bolo alimenticio ingresa al esófago. Aquí, el esfínter gastroesofágico inicia el movimiento peristáltico que conduce al bolo alimenticio hasta el estómago, al que penetra por relajación y contracción sucesiva del cardias.



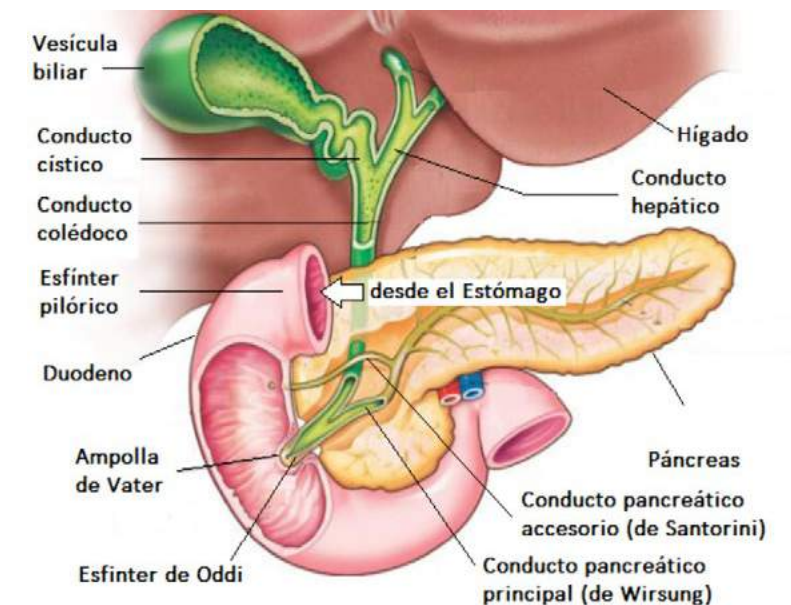
Estructura de una cripta en la mucosa gástrica. Adaptado de Sánchez, L. (s/f). AyF Digestivo. Emaze. <https://www.emaze.com/@ATQIQWOC> (15/12/2018).

Al interior del estómago, la mucosa gástrica contiene millones de depresiones profundas, llamadas criptas gástricas. En su interior hay millones de glándulas microscópicas que secretan el jugo gástrico. Cuatro tipos de células exocrinas forman las paredes de estas glándulas: células oxínticas o parietales (productoras de ácido clorhídrico, HCl y de factor intrínseco), células principales o cimógenas (productoras de las enzimas lipasa y pepsinógeno, forma inactiva de pepsina), células G (productoras de la hormona gastrina, que estimula la secreción de HCl y pepsinógeno) y células mucosas (productoras del mucus que protege la mucosa del HCl y la pepsina).

El HCl proporciona un pH muy ácido (de 1,5 a 2,0) al interior del estómago, lo que aniquila a los microorganismos que ingresan con el alimento y, sobre todo, permite que el pepsinógeno (secretado en forma inactiva para no dañar a las células de las glándulas gástricas) se convierta en la forma activada, llamada pepsina. Esta enzima rompe las proteínas en polipéptidos, así como la lipasa gástrica continúa la ruptura de los triglicéridos y diglicéridos que quedan sin digerir. Esta digestión química junto al mezclado operado por las contracciones de las paredes estomacales convierte al bolo alimenticio en una sustancia más fluida llamada quimo, el cual es vertido gradualmente al duodeno por apertura regulada del esfínter pilórico.

Una vez en el duodeno (primera porción del intestino delgado), el quimo recibe los jugos digestivos procedentes del hígado, de la vesícula biliar y del páncreas exocrino.

El hígado tiene un sinnúmero de funciones vitales, principalmente metabólicas, que ocurren gracias a sus células especializadas (hepatocitos). Uno de sus productos es la bilis: líquido isotónico de pH 7 a 8, que contiene sales biliares (derivadas de colesterol), pigmentos biliares (bilirrubina y otros derivados de la hemoglobina), colesterol, lecitina y mucus.



Conductos biliares y pancreáticos. Adaptado de Test OPE TCAE pregunta 5: conducto que conecta con el duodeno. N-enfermería. <https://on-enfermeria.com/test-ope-tcae-pregunta-5-conducto-que-conecta-con-el-duodeno/> (16/12/2018)

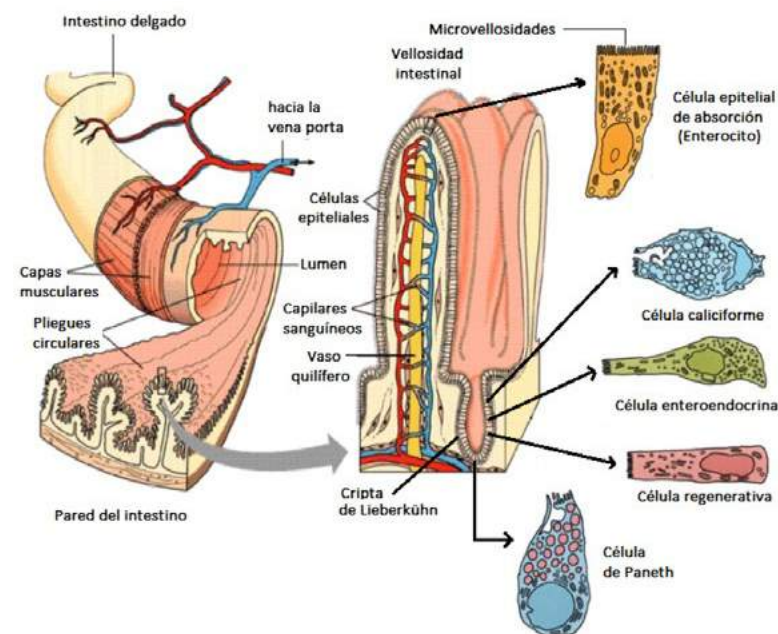
Digestión mecánica y digestión química, Calderón V., P., Moncada M., F., Morales A., K. y Valdebenito C., S. (2015). Ciencias Naturales 8º básico. Texto del estudiante. Santiago de Chile: Ediciones SM Chile.

El cierre parcial del esfínter de Oddi hace que la bilis, que sale del hígado por el conducto hepático, vaya siendo almacenada en la vesícula biliar, desde donde es vertida al duodeno por el conducto colédoco. La bilis emulsiona los lípidos, fragmentándolos en gotitas que pueden ser más fácilmente atacadas por las lipasas. El páncreas es considerado una glándula mixta, pues contiene tejidos formados por células exocrinas en su mayor parte; pero también contiene tejidos endocrinos: los islotes de Langerhans, cuyas células secretan las hormonas insulina, glucagón y somatostatina. La parte exocrina del páncreas contiene los acinos pancreáticos, encargados de la producción del jugo pancreático, el cual contiene agua, enzimas y iones bicarbonato (HCO_3^-), que inducen un ambiente alcalino en el duodeno, para amortiguar la acidez del quimo procedente del estómago. También, las glándulas de Brunner, en la submucosa duodenal, secretan un mucus alcalino para este propósito.

Las enzimas pancreáticas, sus sustratos y productos, aparecen detallados en la siguiente tabla:

ENZIMAS PANCREÁTICAS	SUSTRATOS	PRODUCTOS
Proteasas: Tripsina, quimotripsina, carboxipeptidasa	Proteínas y polipéptidos+	Oligopéptidos, dipéptidos
Lipasa pancreática	Triglicéridos, diglicéridos	Ácidos grasos y monoglicéridos
Amilasa pancreática	Almidón	Maltosa
Ribonucleasa y desoxirribonucleasa	ARN, ADN	nucleótidos

La llegada de alimentos ricos en ácidos grasos y aminoácidos estimula, en la pared intestinal, la liberación de la hormona secretina, que promueve la producción de jugo pancreático rico en enzimas. En cambio, la llegada de quimo ácido estimula la secreción de colecistoquinina (CCK), hormona que promueve la secreción de jugo pancreático rico en HCO_3^- , así como el vaciamiento de la vesícula biliar y la relajación del esfínter de Oddi, lo que hace posible la salida de todos estos fluidos digestivos al duodeno.



Estructura del intestino delgado. Adaptado de Sistema digestivo-Anatomía y función. Sistemas del cuerpo humano. <http://esthernajeraw.blogspot.com/2013/04/sistema-digestivo-anatomia-y-funcion.html> (15/12/2018).

De un modo parecido a la mucosa estomacal, la mucosa intestinal está repleta de pliegues, vellosidades y criptas que le ayudan a incrementar la superficie de secreción de jugos intestinales y de absorción de los nutrientes digeridos. Cada célula que compone el epitelio intestinal tiene además microvellosidades que dan al lumen.

Aparte de los enterocitos, dedicados a la absorción (y secreción en las criptas de Lieberkühn), se encuentran otras células en la mucosa intestinal, como las células caliciformes (secreción de mucus), células enteroendocrinas (secreción de péptidos para regulación hormonal de la digestión), células regenerativas (que se van diferenciando y reemplazando a las células que terminan su ciclo de vida) y células de Paneth (defensivas, secretan lisozimas y otras sustancias antimicrobianas).

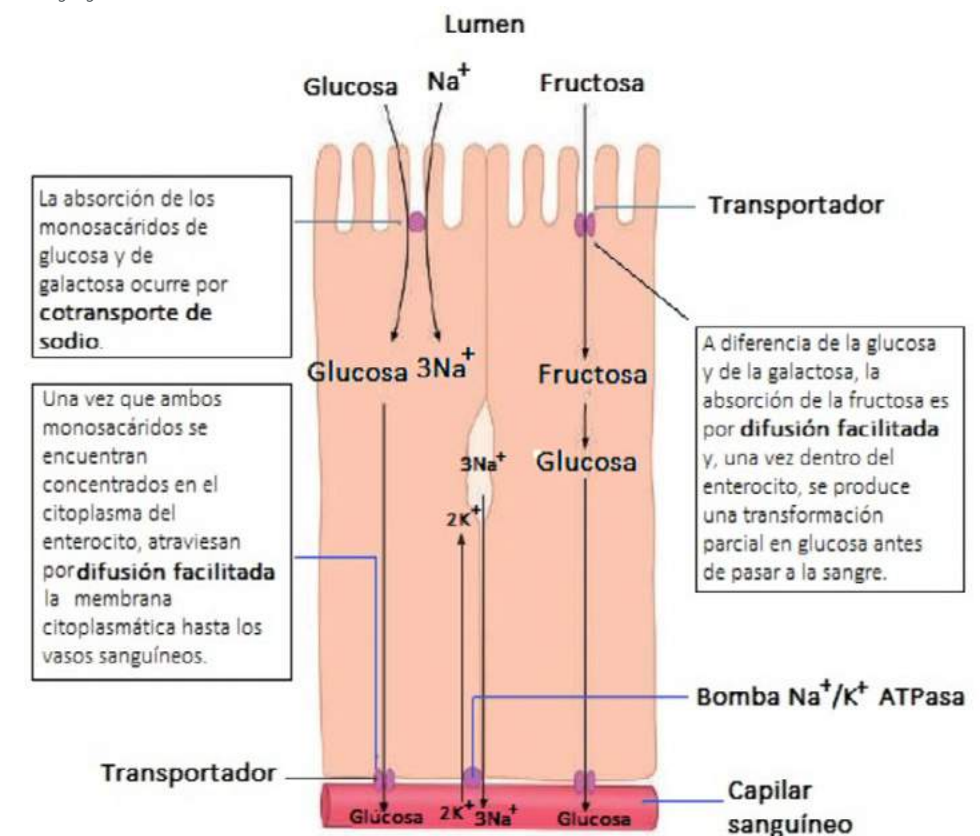
La siguiente tabla resume las enzimas producidas por la mucosa intestinal, sus sustratos y productos:

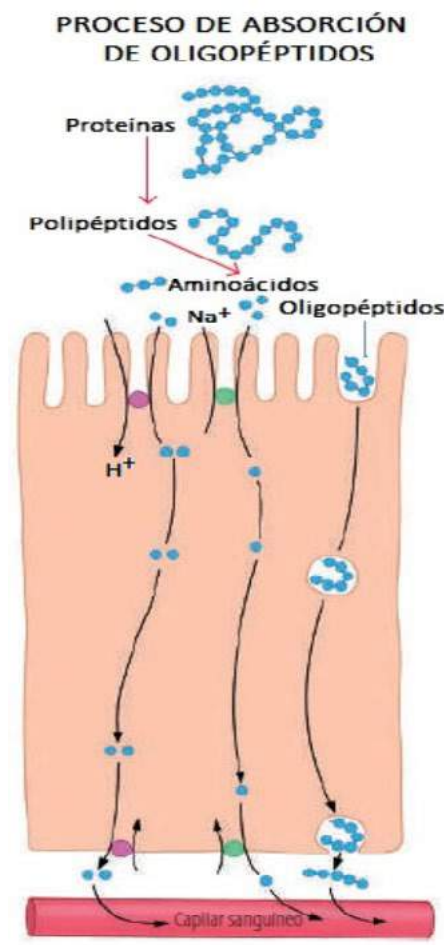
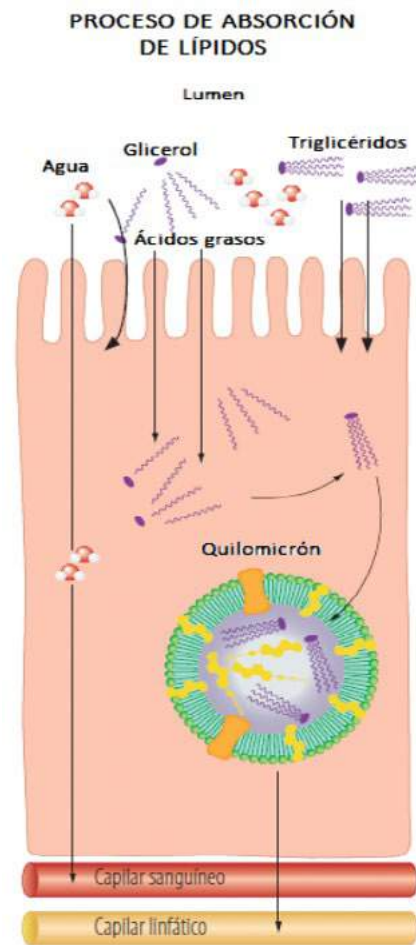
ENZIMAS INTESTINALES	SUSTRATOS	PRODUCTOS
Enterocinasa	Tripsinógeno	Tripsina (proteasa pancreática activada)
Aminopeptidasa	Polipéptidos	Oligopéptidos, dipéptidos
Dipeptidasa	Dipéptidos	aminoácidos
Lactasa	lactosa	Galactosa y glucosa
sacarasa	sacarosa	Fructosa y glucosa
maltasa	maltosa	glucosas
nucleasas	Ribonucleótidos, desoxirribonucleótidos	Ribosas, desoxirribosas, bases nitrogenadas, fosfatos

A medida que procede la digestión, el intestino va haciendo avanzar el quimo por el intestino delgado, mediante los movimientos peristálticos, convirtiéndolo gradualmente en quilo: una sustancia compuesta por los productos terminales de la digestión química, que son las moléculas constituyentes de los nutrientes ingeridos, más las sustancias que no pudieron ser digeridas.

2.2.1.3. Mecanismos de absorción intestinal

Los productos terminales de la digestión química en el intestino son: aminoácidos, oligopéptidos, monosacáridos (glucosa, galactosa, fructosa, ribosa, desoxirribosa), ácidos grasos, glicerol, bases nitrogenadas y fosfatos. Estos compuestos simples van siendo absorbidos por los enterocitos a lo largo del avance del quilo, desde el yeyuno al ileón.





Procesos de absorción de monosacáridos, oligopéptidos y lípidos López V., M.A. y Pereda N., S. (2013). Biología 1º educación media. Texto del estudiante. Santiago de Chile: Santillana del Pacífico.

Los carbohidratos sólo pueden absorberse como monosacáridos, tales como glucosa, fructosa y galactosa. La glucosa y galactosa se absorben por cotransporte de Na^+ , mientras que la fructosa requiere de difusión facilitada. Las proteínas de los alimentos llegan al intestino delgado como oligopéptidos (30%) y aminoácidos (70%). Algunos dipéptidos son llevados al interior del enterocito a través de un transportador ligado a H^+ . Los aminoácidos libres ingresan por cotransporte de Na^+ . Y una pequeña proporción de oligopéptidos puede ingresar por endocitosis. Como los lípidos son insolubles en el medio acuoso intestinal, forman micelas con la bilis y pueden absorberse por difusión simple. Además, los productos de la hidrólisis enzimática de los lípidos ya ingresados en el enterocito se asocian con proteínas, formando quilomicrones, pasando en esta forma a los vasos quilíferos. Sólo los ácidos grasos de cadena corta son portados a los capilares sanguíneos. Prácticamente toda el agua ingerida (unos 2 litros diarios), más la secretada por los jugos digestivos, es reabsorbida en los intestinos delgado y grueso, eliminándose sólo entre 50 y 200 mL con las heces. La mayoría de los electrolitos disueltos en el agua se absorben en forma activa a lo largo de todo el intestino delgado, aunque el Ca^{2+} y el Fe^{2+} sólo se absorben en el duodeno. El Na^+ se acopla con el transporte de glucosa y de aminoácidos. En general, el K^+ es absorbido en forma pasiva siguiendo la gradiente del agua. La etapa final de la digestión ocurre en el colon (intestino grueso), por la acción de diversas bacterias que viven en su interior, y que constituyen la flora bacteriana. Estas son importantes en la síntesis de vitaminas del complejo B y vitamina K. Fermentan los carbohidratos residuales, liberando hidrógeno (H_2), dióxido de carbono (CO_2) y metano (CH_4). Además, degradan la bilirrubina y los aminoácidos a indol, escatol, sulfuro de hidrógeno y ácidos grasos, una parte de los cuales aporta el aspecto y el olor característico a las heces. La absorción principal en el colon es de agua, electrolitos Na^+ y K^+ , y vitaminas. Las heces constan de agua, iones, bacterias y sus productos de descomposición, sustancias digeridas no absorbidas y partes no digeribles de los alimentos, como celulosa. Estos materiales se acumulan en el colon sigmoideo y el recto. Las distensiones de las paredes de este último dispara el reflejo de defecación, que vacía el intestino.

ACTIVIDADES

- 1) Señale qué procesos descritos y en qué lugares del tubo digestivo pueden ser identificados como digestión mecánica y como digestión química.
- 2) ¿Es la bilis una enzima? Justifique su respuesta.
- 3) Teniendo en cuenta el pH diferenciado de los ambientes gástrico y duodenal, ¿cómo regulan los procesos digestivos las hormonas gastrina, secretina y CCK, cuando se ingiere carne?
- 4) ¿Cómo se vería afectada la absorción de monosacáridos, lípidos y péptidos, si una toxina inhibiera la función de las bombas Na^+/K^+ ATPasa en la mucosa intestinal? Fundamente.
- 5) ¿En qué forma puede quedar afectada una persona si, por el uso excesivo de antibióticos, disminuye drásticamente la flora bacteriana en su intestino?

2.2.2. Sistema Respiratorio

Desde un punto de vista funcional, el Sistema Respiratorio se divide en Vías Aéreas y Estructuras Respiratorias (que incluye a los pulmones y a la caja torácica).

2.2.2.1 Vías aéreas

El camino que recorre el aire en su entrada al organismo comprende a la cavidad nasal, la faringe, la laringe, la tráquea, los bronquios, los bronquiolos y los alveolos.

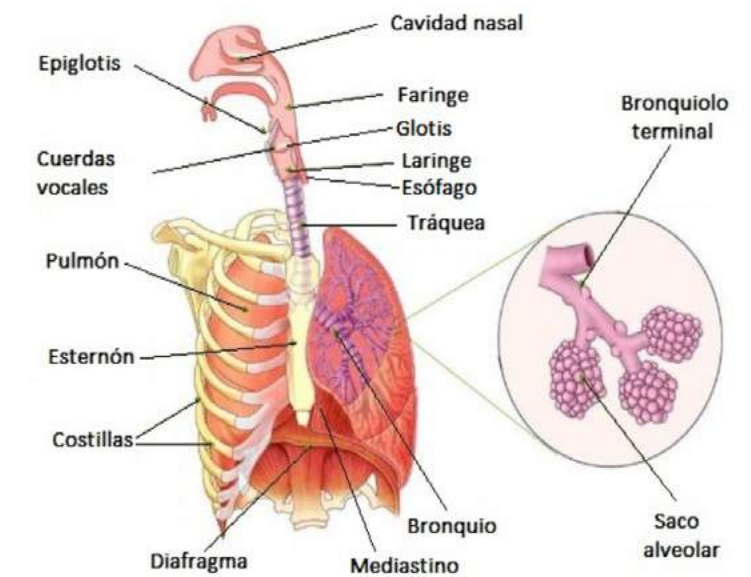
Cuando el aire penetra a la cavidad nasal, es filtrado por los pelos ubicados en los orificios nasales, y al moco secretado por la mucosa interna. Los capilares de la mucosa lo calientan hasta la temperatura corporal y lo humedecen mediante el moco y las lágrimas provenientes de los conductos lacrimales.

Así preparado, el aire llega a la faringe, que es un conducto flexible por el cual pasan también los alimentos hacia el esófago. La faringe conecta con la laringe, por donde el aire prosigue su viaje hacia los pulmones. Esta porción del tubo respiratorio actúa como caja de resonancia para la voz y es el sitio donde se alojan las amígdalas (parte del Sistema Linfático, que participan en la respuesta inmune frente a microorganismos invasores).

La laringe es un conducto corto, de estructura cartilaginosa, que se continúa con la tráquea. Durante la deglución, una placa de cartílago denominada epiglotis, cierra la comunicación entre faringe y laringe para que los alimentos sólidos y líquidos pasen al esófago y no a las vías respiratorias. Si de todos modos, entran elementos extraños a la tráquea, se dispara el reflejo de la tos, que lo expulsa por espiración forzada contra la glotis cerrada.

La glotis es la abertura que forman las cuerdas vocales: dos bandas de tejido elástico, cuyo cierre y apertura es controlado por la tensión regulada de músculos estriados. Al hacer pasar el aire espirado por estas cuerdas vocales tensionadas en diversos grados, se producen los sonidos de la voz y el canto.

La tráquea es un conducto tubular formado por 16 a 20 anillos de cartílago en forma de C, apilados. La parte abierta de los cartílagos, cubierta por músculo liso y tejido conectivo, está dirigida hacia el esófago, lo que



Sistema respiratorio. Adaptado de Alejandro, P. (s/f). Alteraciones de la ventilación pulmonar. SlidePlayer. <https://slideplayer.es/slide/3417793/> (16/12/2018)

facilita el paso del alimento hacia el estómago. La mucosa interna de la tráquea está formada por un epitelio de células ciliadas y células caliciformes, productoras de moco, el cual captura partículas que ingresan con el aire para dificultar su llegada hasta los pulmones. Los cilios movilizan el moco hacia la faringe, en donde los residuos atrapados son eliminados durante la deglución o mediante el estornudo; un reflejo que, de manera semejante a la tos, expulsa el moco acumulado por la nariz y la boca.

Dentro del tórax, a nivel de la 5ª vértebra dorsal, la tráquea se divide en dos vías denominadas bronquios, que se dirigen a cada pulmón. Dentro de los pulmones, estos bronquios primarios se subdividen en vías respiratorias cada vez más pequeñas, denominadas bronquiolos, los cuales forman una estructura que recuerda a un árbol. Cada bronquiolo terminal desemboca en un racimo de sacos aéreos denominados sacos alveolares, que contienen hasta 12 alveolos, diminutas esferas huecas, rodeadas de capilares sanguíneos. La función de los bronquios y bronquiolos es, pues, conducir el aire hasta los alveolos y eliminar todas las impurezas que pueda contener mediante los cilios, el moco y los reflejos de la tos y el estornudo.

2.2.2.2. Estructuras respiratorias

Los pulmones son grandes órganos esponjosos ubicados en el interior de la caja torácica. El pulmón derecho tiene tres lóbulos, mientras que el izquierdo, sólo dos. Cada uno está cubierto por dos membranas, conocidas como pleuras, que los envuelven y protegen. La capa más superficial reviste a la pared torácica y se denomina pleura parietal, mientras que la más interna está en contacto con el pulmón, y se denomina pleura visceral. Entre ambas existe un pequeño espacio, llamado cavidad pleural, que contiene un líquido lubricante para reducir la fricción y permitir que se deslicen ambas capas una sobre la otra durante el aumento de volumen que se produce en los pulmones con cada ciclo respiratorio.

Cada pulmón contiene cerca de 300 millones de alveolos, que miden entre 0,1 a 0,2 mm de diámetro. Esto hace que el área de intercambio gaseoso en ambos pulmones alcance los 85 m².

La pared de los alveolos está formada por una monocapa de células alveolares, muy delgada, interrumpida por un tipo de células denominadas células septales. A través de las células alveolares se produce el intercambio de gases entre el espacio alveolar y el lumen del capilar sanguíneo, mientras que las células septales secretan un líquido que mantiene húmeda la superficie intraalveolar entre las células y el aire. También se pueden encontrar aquí un grupo de leucocitos (glóbulos blancos) conocidos como macrófagos alveolares, que fagocitan las partículas, desechos y microorganismos que han logrado llegar hasta este nivel. El líquido que secretan las células septales contiene una mezcla de fosfolípidos y lipoproteínas, parecida a un detergente, conocida como factor surfactante; esta sustancia reduce la tensión superficial del líquido alveolar y reduce así la tendencia de los alveolos a colapsar.

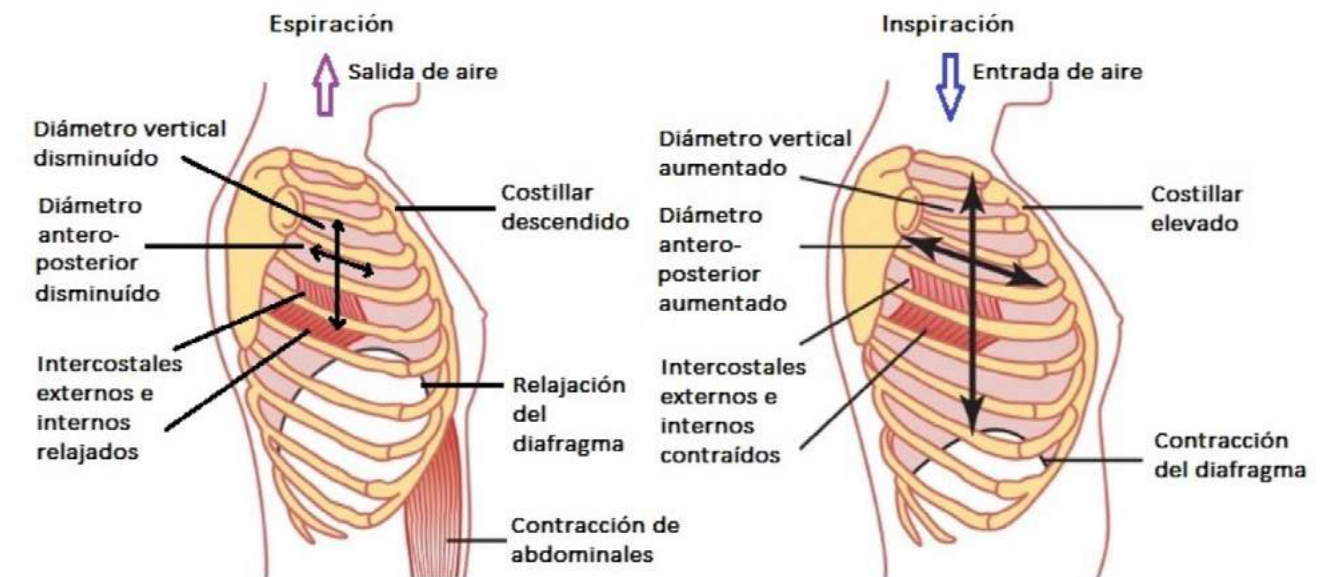
Alrededor de los alveolos, se forma una red de capilares sanguíneos que consta de una sola capa de células y membrana basal. De este modo, dado que tanto la pared alveolar como las paredes de los capilares adyacentes apenas tienen una capa de células de espesor, el aire está muy cerca de la sangre de los capilares. Por lo tanto, el intercambio de O₂ y CO₂ entre los espacios alveolares de los pulmones y la sangre ocurre por difusión a través de las paredes alveolar y capilar. Este proceso obedece a la denominada Ley de difusión de Fick*.

2.2.2.3. Fisiología de la respiración

La ventilación pulmonar, conocida comúnmente como respiración, es el proceso mediante el cual se lleva a cabo el intercambio de gases entre la atmósfera y los alveolos pulmonares. El flujo de aire entre la atmósfera y los pulmones se debe a diferencias de presiones alternadas, que son generadas por la contracción y relajación de los músculos de la caja torácica.

*Ley de Difusión de Fick. Afirma que la cantidad de la sustancia desplazada (J) depende de factores tales como: el área disponible para la difusión (A), el gradiente de concentración (dC/dx), y una constante conocida como coeficiente de difusión (-D), cuyo valor es más pequeño a medida que más grandes son las moléculas que difunden. La ecuación es:

$$J = -D \times A \times \frac{dC}{dx}$$



Mecánica de la ventilación pulmonar, adaptado de Fisiología del sistema respiratorio. SlideShare. <https://es.slideshare.net/edaligloraortegamiranda/fisiologia-del-sistema-respiratorio-34135781>

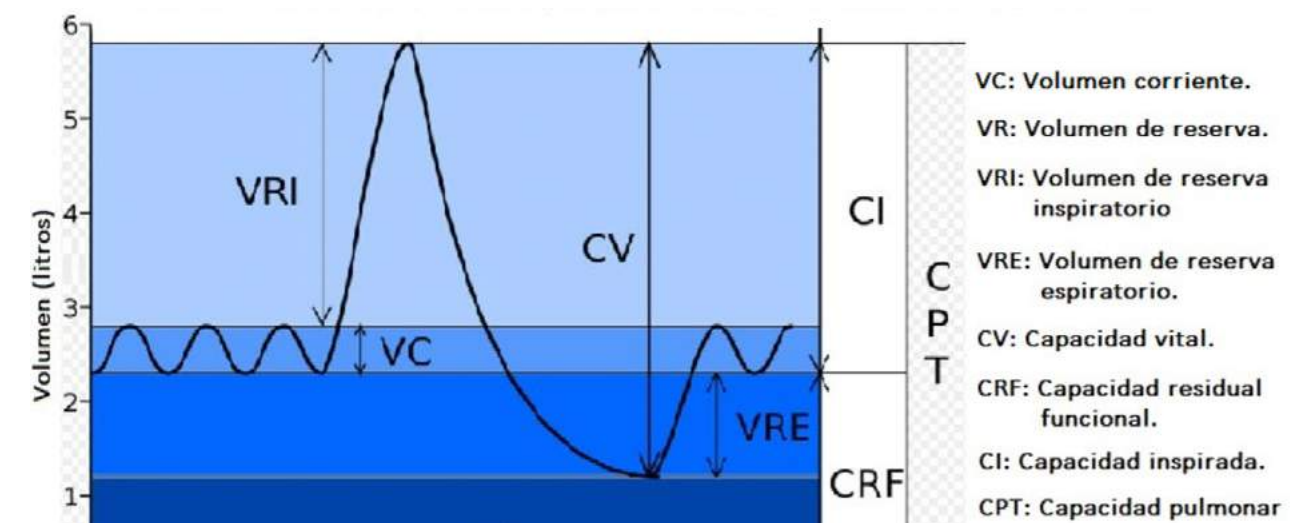
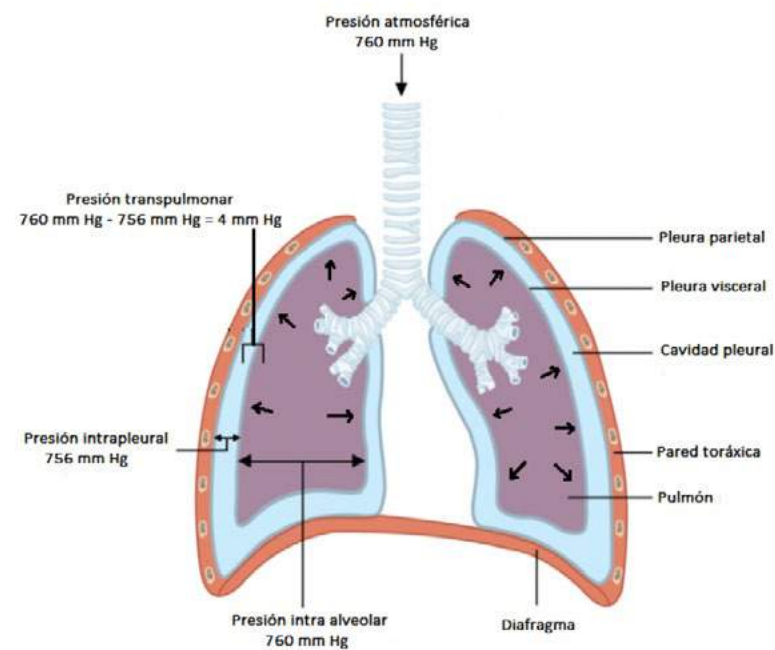


Gráfico volúmenes y capacidades pulmonares ideales en una espirometría. Adaptado de Miranda, F. (17/04/2017). Ventilación pulmonar. Miranda Fisioterapia blog. <https://www.mirandafisioterapia.com/single-post/2017/04/17/VENTILACION-C3%93N-PULMONAR> (17/12/2018). 25/06/2015). Capacidad pulmonar. Wikipedia commoms

La caja torácica o tórax, es una jaula formada por las costillas unidas por delante con el esternón y por detrás por las doce vértebras dorsales. Importantes en la ejecución de la ventilación pulmonar son los músculos intercostales externos e internos, que unen las costillas, los músculos pectorales, y el diafragma, ubicado en el piso del tórax como una lámina que separa a los pulmones del estómago, el hígado, el páncreas, el bazo y los intestinos.

La incorporación de aire a la caja torácica se denomina inspiración, y su salida, espiración. Durante la inspiración, la cavidad torácica aumenta su volumen debido a la contracción de los músculos intercostales y pectorales (que levantan el costillar) y del diafragma (que, normalmente empujado hacia arriba por las vísceras inferiores, al contraerse, se vuelve plano).



Presión intrapleural e interpleural Adaptado de Archivo 2315: Intrapulmonary and Intrapleural Pressure. Wikipedia commons.

Este aumento de volumen interno de la caja torácica va acompañado por un aumento del volumen interno de los pulmones, cuyas paredes permanecen adheridas a las de la caja torácica, dado que la presión del aire que entra a los pulmones (de unos 760 milímetros de mercurio o mm de Hg, similar a la presión atmosférica a nivel del mar) es unos 4 mm de Hg mayor que la presión intrapleural, empujando, en consecuencia, las paredes de cada pulmón contra las paredes del tórax. Esta diferencia entre la presión intraalveolar y la presión intrapleural se denomina presión transpulmonar.

El aumento del volumen interno de los pulmones origina una gradiente de presión que permite el ingreso de aire, constituyendo el primer movimiento respiratorio. En cambio, la espiración es un movimiento pasivo, producido como consecuencia de la relajación del diafragma y de los músculos intercostales y pectorales. Ello provoca una reducción en el tamaño de la cavidad torácica, lo que incrementa la presión interna en 2 a 3 mm de Hg, generándose la salida de aire al exterior. Luego, la presión vuelve a su valor normal, quedando los pulmones listos para cargar nuevamente aire.

Durante la inspiración, entra en los alveolos aire atmosférico, que contiene altas concentraciones de O_2 , mientras que en la espiración se exhala aire con CO_2 a la atmósfera. Esta alternancia se produce gracias a la hematosis o respiración externa, que es el intercambio de gases (O_2 y CO_2) entre el aire de los alveolos pulmonares y la sangre de los capilares alveolares. Debido a esto, se produce la conversión de la sangre desoxigenada proveniente del corazón, en sangre oxigenada (saturada con O_2) que regresa al corazón a través de las venas pulmonares. El factor que determina el sentido y la rapidez de la difusión de ambos gases es la presión parcial de un gas específico, que es descrita por la Ley de Dalton*

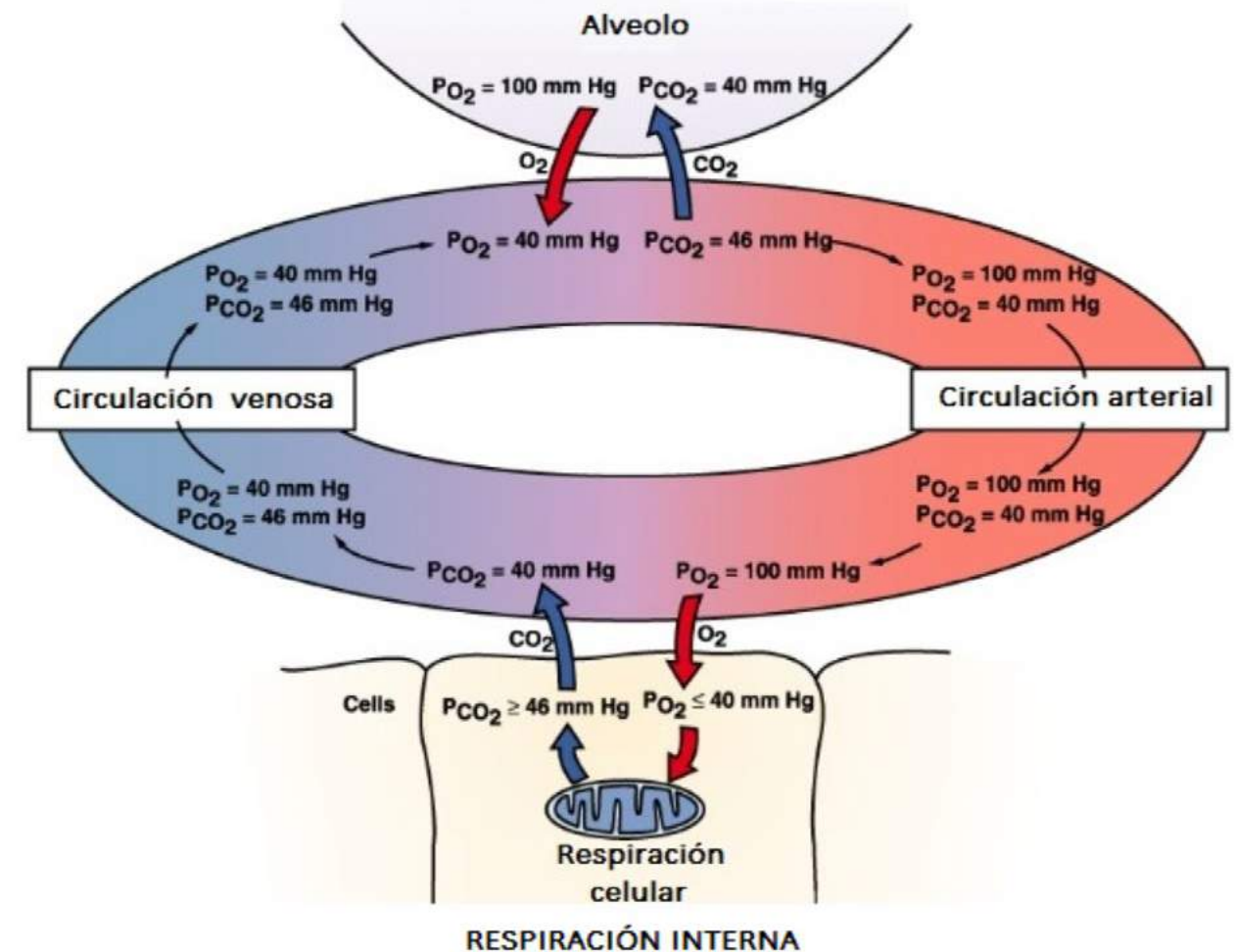
*Ley de Dalton de las presiones parciales. Establece que la presión total de una mezcla de gases (como el aire) es la suma de las presiones que cada uno de los gases ejercería si estuviera solo en un mismo recipiente. La presión de un gas específico en una mezcla de gases se llama presión parcial o P_x , donde "x" es la fórmula química del gas. La ecuación, para el aire, es:

$$P_T = P_{N_2} + P_{O_2} + P_{CO_2} + P_{H_2O}$$

Los valores promedio de las presiones parciales del aire alveolar son: P_{N_2} : 570 mm Hg; P_{O_2} : 100 mmHg; P_{CO_2} : 40 mm Hg y P_{H_2O} : 50 mm Hg, de modo que la Presión Total del aire alveolar (P_T) es:

$$P_T = 760 \text{ mm Hg,}$$

equivalente a la presión atmosférica a nivel del mar.



Presiones parciales de O_2 y CO_2 en hematosis o respiración externa y en respiración interna. Transporte de gases. <https://www.yumpu.com/es/document/view/28188104/transporte-de-gases/7>

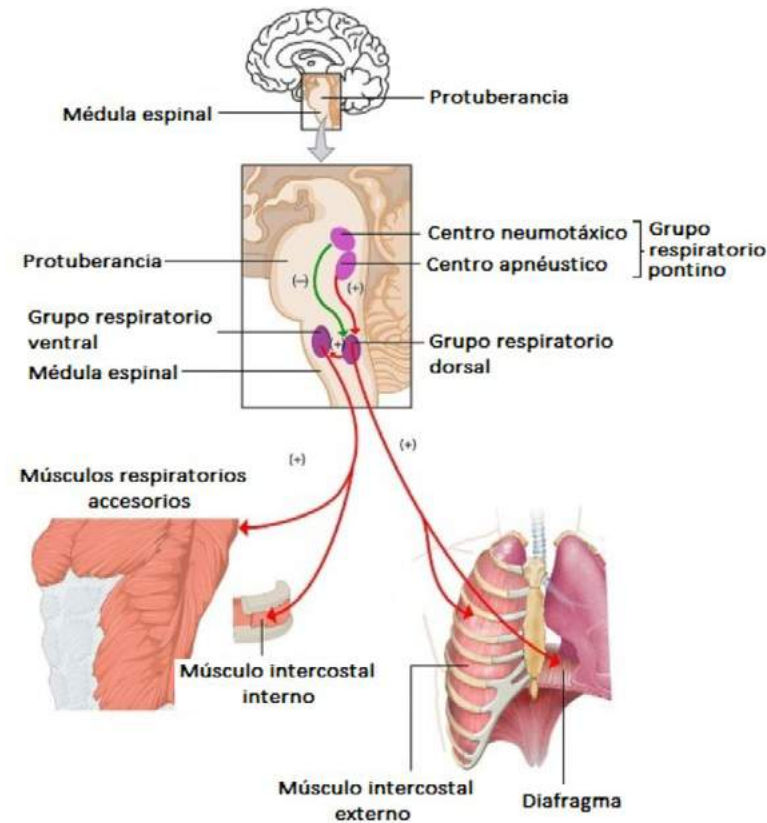
La presión parcial de O_2 del aire alveolar es aproximadamente de 100 mm Hg. En reposo, su valor en la sangre desoxigenada que llega a los capilares pulmonares es cercano a 40 mm Hg y es incluso menor si se ha estado practicando ejercicio, debido a que los músculos, para contraerse, utilizan más O_2 por la intensa respiración celular que intenta cubrir esa enorme demanda de ATP. En virtud de esta diferencia en la PO_2 , ocurre la difusión neta de O_2 de los alveolos a la sangre de los capilares alveolares (desoxigenada) hasta que se alcanza el equilibrio. La PO_2 de la sangre ya oxigenada aumenta a 100 mm Hg.

Al mismo tiempo que el O_2 difunde de los alveolos a la sangre desoxigenada, el CO_2 lo hace en dirección contraria, es decir, desde la sangre a los alveolos, donde está menos concentrado; la PCO_2 de la sangre desoxigenada es de 46 mm Hg en reposo, y la del aire alveolar, es de 40 mm Hg.

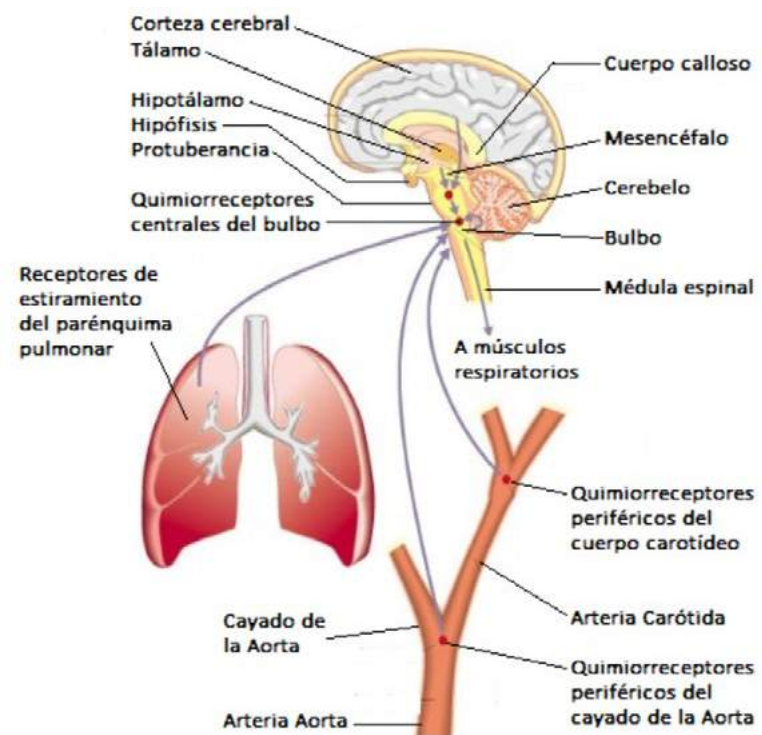
Una vez realizado el intercambio de O_2 y CO_2 a nivel de los alveolos, la sangre, ahora oxigenada, es conducida al corazón a través de las venas pulmonares. En el corazón, el ventrículo izquierdo bombea la sangre oxigenada por la Aorta y demás arterias de la circulación sanguínea, hasta que esta llega a los capilares que están en contacto con las células de los tejidos.

Se llama respiración interna al intercambio de O_2 y CO_2 entre los capilares de la circulación general y las células. En este proceso, la sangre oxigenada se convierte en desoxigenada.

A este nivel, la respiración celular da por resultado la producción continua de CO_2 y el empleo continuo de O_2 . En consecuencia, la concentración de O_2 es menor en las células que en los capilares que entran en los tejidos; en cambio, la concentración de CO_2 es mayor en las células que en los capilares. De este modo, mientras la sangre circula por los capilares de un tejido, el O_2 pasa por difusión simple desde la sangre hacia las células y el CO_2 lo hace en dirección opuesta. Sin embargo, no todo el O_2 sale de la sangre (entre un 20% a un 25% del O_2 disponible), puesto que esta pasa por los capilares muy rápido para que se alcance un equilibrio. Luego, dicha sangre regresa al corazón, que la bombea a los pulmones para iniciar otro ciclo de respiración externa.



Control del ritmo respiratorio. (7/03/2014). Centros respiratorios del encéfalo. Wikipedia commons. https://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_de_control_de_la_respiraci%C3%B3n#/media/File:2327_Respiratory_Centers_of_the_Brain_esp.jpg



Regulación de la ventilación pulmonar. Control nervioso de la respiración. SlideShare. <https://es.slideshare.net/maesur/control-nervioso-de-la-respiracion>

2.2.2.4. Control de la respiración

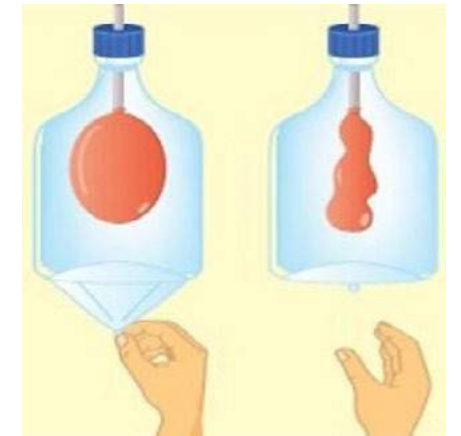
El ritmo de la inspiración y la espiración está regulado por una serie de redes neuronales, ubicadas en el bulbo raquídeo y en la protuberancia anular del tronco encefálico. Constituyen grupos de neuronas organizadas como oscilador acoplador, capaces de elaborar un patrón de descargas que se mantiene espontáneamente activo durante toda la vida. Los grupos respiratorios bulbares generan y controlan los impulsos nerviosos que determinan la frecuencia de los movimientos respiratorios. Neuronas del grupo respiratorio dorsal del bulbo raquídeo controlan la frecuencia respiratoria basal, es decir, el ritmo respiratorio en reposo. Cuando se activan, envían impulsos nerviosos al diafragma, causando su contracción y, por lo tanto, la inspiración; y cuando se inactivan, se produce la espiración. Cuando se realizan actividades que requieren una mayor intensidad y frecuencia respiratoria, como el ejercicio físico, se estimulan neuronas del grupo respiratorio ventral del bulbo, que controlan a los músculos accesorios de la respiración, como los intercostales.

En la protuberancia anular se encuentran dos grupos de neuronas que forman el centro apnéustico y el centro neumotáxico, que modifican el ritmo base impuesto por los grupos respiratorios bulbares. La activación del centro apnéustico provoca una inspiración más larga. Al contrario, las neuronas del centro neumotáxico inhiben la inspiración. El mismo efecto tienen los receptores de estiramiento ubicados en los pulmones.

El ritmo respiratorio basal es un proceso automático involuntario que, por supuesto, puede modificarse conscientemente mediante impulsos nerviosos procedentes de la corteza motora. De hecho, se puede tener un control bastante fino de los músculos respiratorios, lo que hace posible todas las proezas del habla, el canto y la ejecución de instrumentos de viento. Se puede hiperventilar, aumentando voluntariamente la frecuencia y la amplitud de la respiración (hiperpnea voluntaria) o suspender la respiración (apnea voluntaria). En este último caso, la elevación de la presión parcial de CO_2 en la sangre arterial termina por desencadenar una inspiración involuntaria, pues, el CO_2 tiende a combinarse con el agua del plasma sanguíneo, formando ácido carbónico (H_2CO_3) y bajando el pH de la sangre, lo cual es detectado por diversos quimiorreceptores ubicados en las arterias Aorta y Carótida, así como también, en el propio bulbo raquídeo.

ACTIVIDADES

- 1) ¿Por qué se produce tos cuando estamos resfriados? Explique el mecanismo y la finalidad de este reflejo.
- 2) Utilice el siguiente modelo de caja torácica para responder las preguntas:
 - a) En el modelo, ¿por qué, al estirar la lámina, el globo se infla, mientras que, al soltarla, el globo vuelve a desinflarse? En su explicación, considere variables tales como: volumen interno del globo, volumen entre globo y botella, presión atmosférica, presión interna del globo, presión entre globo y botella.
 - b) Haciendo una analogía con el Sistema Respiratorio, identifique sus partes en el modelo.
 - c) Ubique en el modelo la presión intraalveolar y la presión intrapleurar.
 - d) Si el globo fuera perforado desde dentro, ¿se inflará al estirar la lámina? Explique.



Modelo de caja torácica, adaptado de (s/f). Experimento sobre el sistema respiratorio. Diario Educación. <https://diarioeducacion.com/experimento-sobre-el-sistema-respiratorio/>

- e) Si la lámina fuera perforada, ¿se inflará el globo al estirar la lámina con cuidado, evitando romperla más? ¿Por qué?
- 3) Imagine que la respiración celular se detiene. ¿Qué pasaría con el proceso de respiración interna? ¿Qué pasaría con el proceso de hematosis? Explique para ambos casos, empleando los conceptos de presión parcial de oxígeno y presión parcial de dióxido de carbono.
 - 4) Observando el gráfico de una espirometría de la sección 2.2.2.3, identifique con los parámetros dados, las siguientes acciones, uniendo con una línea aquellos que se correspondan:

ACCIONES	PARÁMETROS
Inspiración forzada	VC
Espiración forzada	VC + VRI
Ritmo respiratorio en reposo	CV
	CI
	CI+VRE

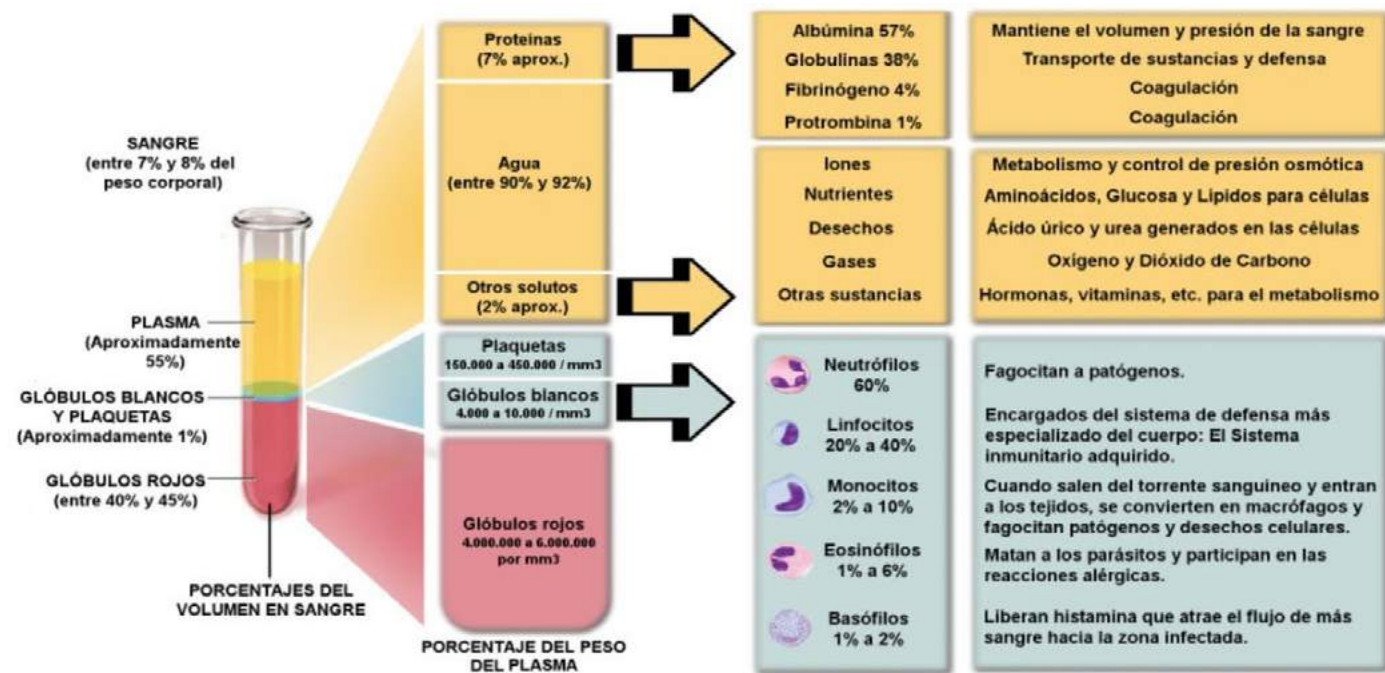
- 4) Explique en detalle: ¿cómo afectaría a la ventilación pulmonar
 - a) una lesión en el centro neumotáxico?
 - b) una remoción de las neuronas del grupo respiratorio dorsal?
 - c) una afección en todos los quimiorreceptores, periféricos y centrales?
 - d) un daño en la corteza motora voluntaria?

2.2.3. Sistema Cardiovascular

Es el sistema encargado de hacer llegar a cada célula del organismo las cantidades necesarias de nutrientes y oxígeno y sacar de ella los materiales de desecho. Para facilitar su estudio, este sistema se suele dividir en dos grandes partes: la sangre y el Aparato cardiovascular, el cual a su vez comprende al corazón y a los vasos sanguíneos. Estos forman un sistema cerrado, en donde la sangre permanece dentro durante todo su recorrido por el organismo.

2.2.3.1. Sangre

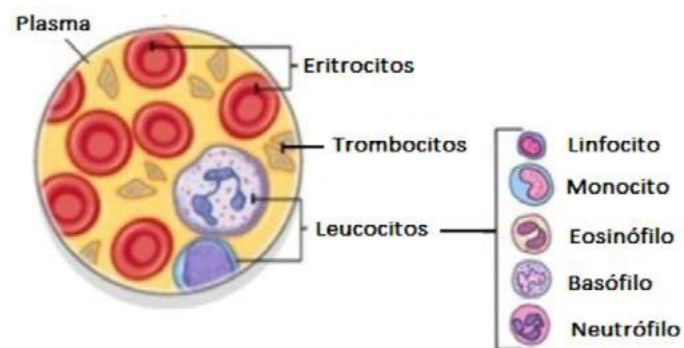
Es un tejido formado por una porción líquida y otra compuesta por diversos tipos de células y de fragmentos celulares, conocidos como elementos figurados. Estas partes se advierten fácilmente en las fases que toma una muestra de sangre al dejarla reposar en un tubo de ensayo.



Composición de la sangre. Adaptado de Dream. (11/10/2018). Cómo está compuesto el plasma sanguíneo. YouBioit.com. <https://www.youbioit.com/es/article/imagen/28120/como-esta-compuesto-el-plasma-sanguineo> (17/12/2018).

La porción líquida de la sangre se llama plasma. Corresponde aproximadamente al 55% del volumen sanguíneo total (el cual se denomina volemia). Está formado por algo más de un 90% de agua y numerosas sustancias inorgánicas y orgánicas disueltas. Se llama suero sanguíneo o suero hemático al componente líquido de la sangre resultante tras permitir la coagulación de ésta y eliminar el coágulo. Es equivalente en contenido al plasma sanguíneo, pero sin las proteínas involucradas en la coagulación, principalmente, fibrinógeno.

Los elementos figurados forman parte de la porción sólida de la sangre y constituyen aproximadamente el 45% del volumen sanguíneo total. Existen tres tipos: glóbulos rojos (hematíes o eritrocitos), glóbulos blancos (o leucocitos) y plaquetas (o trombocitos). Cada uno de ellos tiene una estructura diferente y cumple una función determinada.



Los eritrocitos tienen una coloración rojiza, debido a la presencia de un pigmento proteico denominado hemoglobina (Hb). Su forma es la de un disco bicóncavo de un diámetro de 7 a 8 micrones (mm). Los eritrocitos maduros carecen de núcleo, mitocondrias, y el RE se encuentra muy reducido. Son ricos en Hb, la cual ocupa aproximadamente el 33% del peso de un eritrocito (280 millones de moléculas).

Son los elementos figurados más abundantes de la sangre, alcanzando un promedio de 5.400.000 por mm³ de sangre en el hombre y 4.800.000 en la mujer. Cuando los eritrocitos salen de la médula ósea, en donde se originan, y penetran en el torrente sanguíneo, normalmente circulan durante 120 días antes de ser detectado su desgaste fisiológico y ser destruidos por fagocitosis en el bazo, hígado o médula ósea.

El mecanismo de síntesis de glóbulos rojos se denomina eritropoyesis, la cual en los adultos, se realiza en la médula ósea roja de los huesos largos, costillas, pelvis, esternón, huesos del cráneo y vértebras. Hay factores que regulan la producción de glóbulos rojos, de tal forma que siempre hay un número adecuado para proporcionar oxígeno suficiente a los tejidos. La anemia, estar a gran altura, sufrir de insuficiencia cardíaca prolongada y de enfermedades pulmonares; cualquier situación como esta, que disminuya el oxígeno transportado a los tejidos, gatilla como respuesta del organismo la producción de eritrocitos. Los ejemplos anteriormente nombrados tienen como factor común la hipoxia, que es la disminución de la cantidad de oxígeno disponible, siendo esta condición la responsable del aumento en la producción de glóbulos rojos, al estimular la activación de una hormona denominada eritropoyetina (sintetizada en los riñones). La eritropoyetina, llamada también factor estimulante eritropoyético, actúa sobre la médula ósea roja, estimulando la producción de eritrocitos.

Los glóbulos blancos o leucocitos poseen núcleo, no tienen una forma definida, son de un tamaño ligeramente mayor al de los glóbulos rojos y, a diferencia de éstos, tienen capacidad motriz autónoma.

Se encuentran en menor número que los eritrocitos: entre 5.000 y 7.000 por mm³ de sangre en un individuo sano. Esta cantidad varía cuando hay infección. Su promedio de vida varía desde algunas horas cuando hay una infección, a meses en una persona sana.

Se producen en la médula ósea roja de los huesos largos y planos. Los hay de muchos tipos y funciones diferentes, dado que cumplen un importante papel en el reconocimiento de componentes propios del organismo y en la defensa contra la invasión de microorganismos infecciosos. Algunos, como los macrófagos, pueden ser atraídos por señales químicas dejadas por los microorganismos invasores o por los anticuerpos generados por otros leucocitos, llamados linfocitos. Este fenómeno de seguimiento de señales químicas se llama quimiotaxis y a través de él, los macrófagos pueden hallar y fagocitar microorganismos, las moléculas de toxina que liberan u otras partículas o moléculas ajenas al organismo. Otra capacidad que tienen es atravesar las paredes de los capilares sanguíneos para perseguir a los patógenos y sus toxinas, mediante un proceso denominado diapedesis.

Se dan más detalles sobre los tipos de moléculas y células defensivas en la sección 2.2.5.

Las plaquetas o trombocitos son los elementos figurados más pequeños. Miden sólo 2 a 4 mm. Existen aproximadamente 300.000 por mm³ de sangre y su vida media es de unos 9 días.

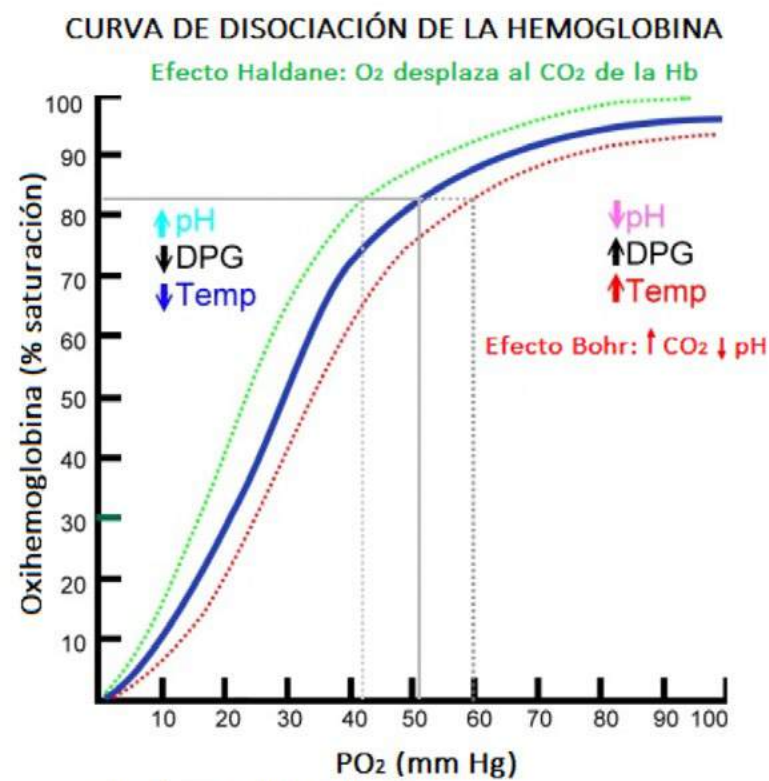
No constituyen células en sentido estricto, ya que se originan por división del citoplasma de células hematopoyéticas, denominadas megacariocitos. En síntesis, los trombocitos no son células verdaderas, ya que les falta el núcleo. Poseen gran cantidad de gránulos con sustancias tales como ADP, serotonina, epinefrina, Ca²⁺ e importantes agentes que participan en la formación del tapón plaquetario, durante el proceso de hemostasia que conduce a la coagulación de la sangre (ver sección 2.2.3.3).

2.2.3.2. Hemoglobina y transporte de gases en la sangre

La hemoglobina (Hb) de los eritrocitos es una proteína compuesta por cuatro cadenas peptídicas de estructura terciaria (dos cadenas a y dos cadenas b), a cada una de las cuales está unido un átomo de hierro (Fe) en el centro de un compuesto orgánico llamado hem (pigmento). La característica más importante de la molécula de Hb es su capacidad para combinarse con O₂ en forma reversible, formando un compuesto inestable denominado oxihemoglobina a nivel pulmonar (al disociarse del O₂ en los tejidos, a la Hb se le denomina desoxihemoglobina). Además, se puede unir al CO₂, formando carbaminohemoglobina en los tejidos. La característica de ambos compuestos es que son inestables, lo que quiere decir que, al variar las condiciones del medio, pueden disociarse con facilidad. El monóxido de carbono (CO) también puede unirse a la Hb, formando un compuesto más estable y, por lo tanto, difícil de disociar, denominado carbohemoglobina o carboxihemoglobina. Así como el sitio de unión del O₂ queda ocupado por el CO, la Hb queda imposibilitada para transportar O₂ y se produce el estado de anoxia, porque no llega O₂ a los tejidos.

La capacidad de la sangre de captar O_2 es fundamental para cumplir con los requerimientos metabólicos del organismo. El consumo de O_2 por el organismo en reposo es de 250 mL por minuto, y la solubilidad del O_2 en el agua del plasma es muy baja: por cada litro de plasma, a una PO_2 arterial normal de 100 mm Hg, solamente hay 3 mL de O_2 disuelto. En consecuencia, para proveer los 250 mL/min necesarios, el corazón debería bombear más de 83 litros por minuto. Sin embargo, con la ayuda de la Hb, la sangre contiene en realidad unos 200 mL/litro, por lo cual el gasto cardiaco que se requiere para alcanzar los 250 mL/min vitales es de 1,25 L/min. Ahora bien, el gasto cardiaco en reposo es de aproximadamente 5 L/min; más que suficiente para suplir las necesidades de O_2 del organismo en reposo.

La Hb saturada con oxígeno u oxihemoglobina, es de color rojo brillante (típico de la sangre arterial sistémica), mientras que la desoxihemoglobina tiene un color más oscuro (característico de la sangre venosa sistémica). Cuando la cantidad de desoxihemoglobina supera los 5 g/décilitro, la piel y las mucosas adoptan una coloración azulada, proceso que delata una condición denominada cianosis.



Curva de disociación de la hemoglobina. Adaptado de Nelson, D.L. y Cox, M.M. (2009). Lehniger Principios de Bioquímica (5ª ed.). Barcelona: Ediciones Omega. (p. 164, 166, 167). Curva de disociación de la hemoglobina. Wikipedia commons. https://es.wikipedia.org/wiki/Efecto_Bohr#/media/File:Oxyhaemoglobin_dissociation_curve.png

*Efecto Bohr. Cuando aumenta la presión parcial de CO_2 (PCO_2), la curva de disociación de la oxihemoglobina se desplaza hacia la derecha, de modo que el valor de P_{50} (presión parcial de O_2 para obtener una saturación del 50% en los sitios de unión de la hemoglobina) se hace menor. El mismo resultado se obtiene si disminuye el pH o aumenta la concentración de ácido 2,3 difosfoglicérico (DPG), un metabolito de la glucólisis abundante en los eritrocitos.

*Efecto Haldane. Ocurre cuando la oxigenación de la sangre en los pulmones tiende a liberar el CO_2 de la Hb. Por lo tanto, este efecto describe la capacidad de la Hb para transportar mayores cantidades de CO_2 en estado desoxigenado que en estado oxigenado. Un pH alcalino, o la disminución de la temperatura y de la concentración de DPG, contribuyen a desplazar la curva de disociación de la oxihemoglobina hacia la izquierda.

Existe una cooperación entre los sitios de unión en la molécula de Hb, de modo que la ocupación de uno de los cuatro sitios activos facilita la unión de una segunda molécula de O_2 , y así sucesivamente. En consecuencia, la cantidad de O_2 unido a Hb aumenta a medida que aumenta también la PO_2 . La gráfica resultante se conoce como curva de disociación de la oxihemoglobina o curva de disociación del O_2 . La forma sigmoidea de la curva que se revela tiene relevancia fisiológica, puesto que, a medida que la PO_2 disminuye desde los 100 mm Hg (PO_2 en sangre arterial) hasta 60 mm Hg, la saturación de la Hb con O_2 disminuye sólo en un 10%; en cambio, si la PO_2 disminuye por debajo de 60 mm Hg, la curva se vuelve cada vez más pronunciada, revelando drásticas caídas en la saturación de Hb con O_2 , con pequeñas disminuciones de la PO_2 .

Además de la PO_2 , otros factores también afectan notablemente la saturación de Hb con O_2 . El aumento de la PCO_2 por encima de 40 mm Hg y la disminución del pH (es decir, aumento de la concentración de iones H^+) hacen que bajen los porcentajes de saturación Hb- O_2 , de modo que la curva de disociación de la oxihemoglobina se desplaza hacia la derecha. Este efecto se llama desviación de Bohr o efecto Bohr* y tiene mucha importancia para explicar la captación de O_2 en los pulmones y su cesión en los tejidos. Dado que en los tejidos, la PCO_2 es elevada, la afinidad Hb- O_2 es menor que en los pulmones. En consecuencia, se facilita la cesión de oxígeno a los tejidos metabólicamente activos. Por otro lado, en los pulmones, a medida que disminuye la PCO_2 de la sangre capilar pulmonar, la desviación de Bohr actúa aumentando la afinidad de la Hb por el O_2 .

También el aumento de temperatura produce una desviación de Bohr de la curva de disociación Hb- O_2 , de modo que, para un nivel dado de PO_2 , el porcentaje de saturación de la Hb será menor que a una temperatura en reposo de 37° C. Esto puede ser beneficioso durante el ejercicio muscular intenso, que suele elevar la temperatura corporal, ya que el O_2 de la sangre será cedido más fácilmente a los tejidos activos.

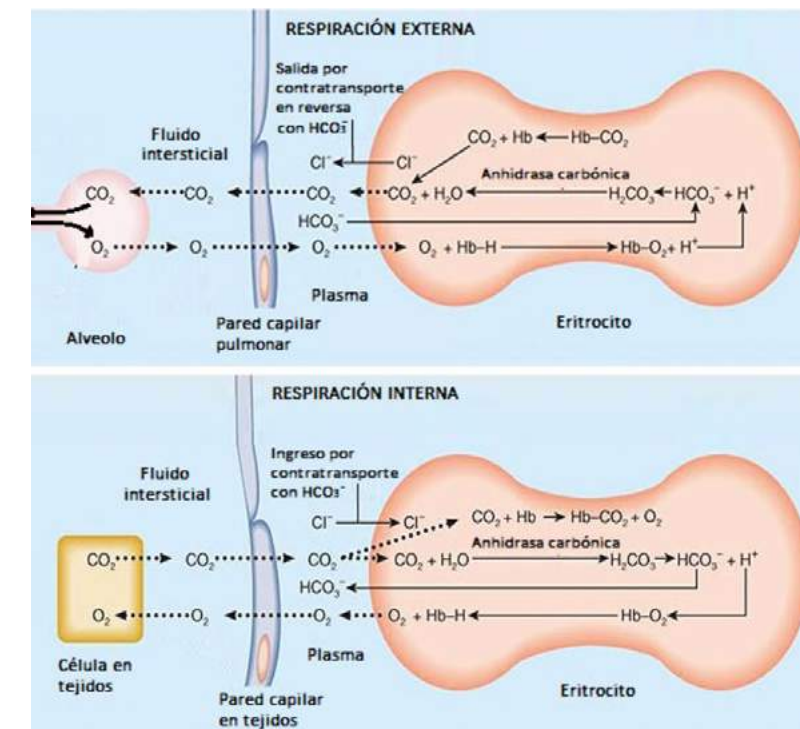
Un efecto de Bohr similar produce la acumulación de ácido 2,3 difosfoglicérico (DPG), un metabolito derivado de la glucólisis, que se acumula en los eritrocitos, el cual se une a la desoxihemoglobina, disminuyendo aún más su afinidad con el O_2 en las proximidades de los tejidos en que aquella abunda.

Si bien la mayor parte del O_2 es transportado en la sangre unido a Hb, el caso del CO_2 es más complejo, siendo transportado en tres formas diferentes: como gas disuelto, como ión bicarbonato (HCO_3^-) y como compuestos carbamínicos.

En esta última forma, el CO_2 suele unirse a los grupos amino de las cadenas laterales de los aminoácidos arginina y lisina de la Hb, formando carbamino hemoglobina, que es una unión lábil y reversible.

Desde el plasma sanguíneo de capilares cercanos a los tejidos, con elevada PCO_2 , el CO_2 puede difundir al interior del eritrocito, donde la anhidrasa carbónica lo cataliza en ácido carbónico (H_2CO_3), el cual se disocia espontáneamente en un ion bicarbonato (HCO_3^-) y un ión H^+ . En respuesta a la baja en la PCO_2 intracelular, más CO_2 se difunde al interior del eritrocito.

Dado que las membranas celulares son impermeables a los iones cargados, el eritrocito puede intercambiar el HCO_3^- generado por Cl^- por contratransporte, usando la proteína de intercambio de aniones Band 3. Por lo tanto, el aumento de bicarbonato intracelular conduce a la exportación de bicarbonato y la incorporación de cloruro. En consecuencia, la concentración de Cl^- es menor en la sangre venosa sistémica que en la sangre arterial sistémica.



Transporte de CO_2 y de O_2 en la sangre. Adaptado de Noriega Borge, M.J. (2011). Fisiología humana. Tema 5. Transporte de gases en sangre. OCW. <https://ocw.unican.es/mod/page/view.php?id=555>

El proceso opuesto ocurre en los capilares pulmonares, cuando aumenta la PO_2 y se produce el efecto Haldane* (liberación de CO_2 de la Hb durante la oxigenación). Esto libera iones H^+ de la Hb, aumenta la concentración de H^+ libre en los glóbulos rojos y desplaza el equilibrio hacia la formación de CO_2 y agua a partir del HCO_3^- . La subsiguiente disminución en la concentración de HCO_3^- intracelular revierte el intercambio de cloruro-bicarbonato: el bicarbonato se mueve hacia la célula a cambio de que el Cl^- salga. El movimiento hacia adentro del bicarbonato a través del intercambiador de banda 3 permite que la anhidrasa carbónica lo convierta en H_2O y CO_2 . Así, aumenta la PCO_2 intracelular y el CO_2 puede ahora difundir hacia el exterior del eritrocito, y hacia el espacio alveolar.

2.2.3.3. Hemostasia

Se denomina hemostasia al conjunto de respuestas metabólicas que detienen la hemorragia en un vaso sanguíneo lesionado. Estas respuestas siguen cuatro mecanismos que actúan relativamente en serie: el espasmo vascular, la formación de un tapón de plaquetas, la coagulación sanguínea y la retracción del coágulo.

El espasmo vascular corresponde a un estrechamiento o constricción súbita y breve, con que responde un vaso sanguíneo ante su ruptura o lesión, que suele ser de larga duración en venas y arterias mayores.

El espasmo inicial es independiente de las plaquetas o del proceso de coagulación. Es probable que la ruptura del vaso estimule directamente el músculo liso o los nervios que llegan a él, conduciendo a una adhesividad entre las superficies endoteliales del vaso lesionado, que se puede mantener aún después de comenzar a desaparecer la vasoconstricción activa.

Como resultado de la adhesión de las superficies endoteliales del vaso lesionado, se expone tejido conjuntivo con moléculas de colágeno. Las plaquetas o trombocitos se adhieren fuertemente al colágeno, lo que desencadena la liberación de sustancias químicas desde los gránulos citoplasmáticos; sustancias tales como ADP, que hace que la superficie de los trombocitos adquiera mayor adhesividad. De esta manera, los trombocitos se unen vigorosamente unos con otros, constituyendo un tapón plaquetario.

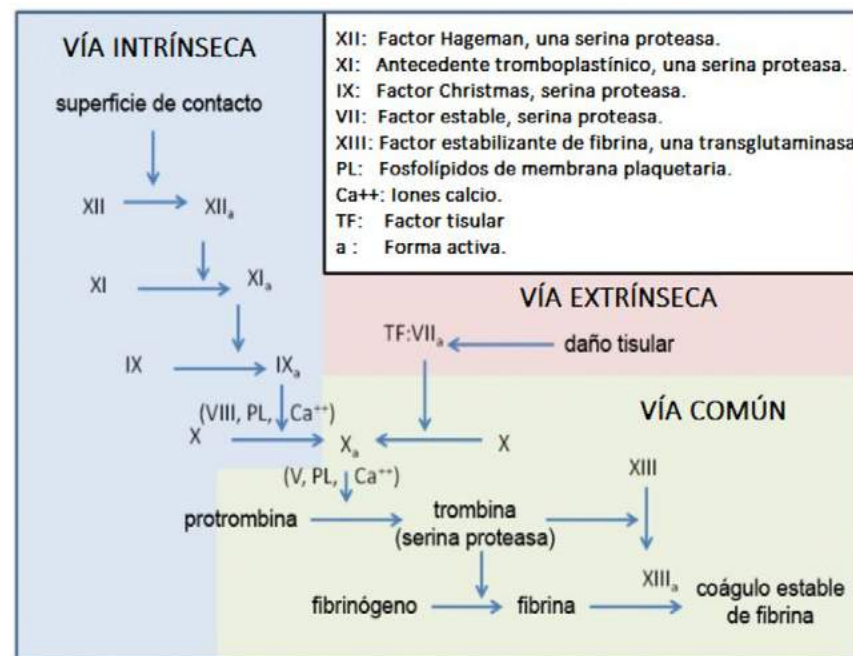
Por otro lado, los gránulos de los trombocitos liberan también serotonina y epinefrina durante la formación del tapón plaquetario. Estas sustancias con poderosos vasoconstrictores, que tienen por función prolongar la vasoconstricción inicial, hasta la formación del coágulo.

La coagulación sanguínea es el evento que transforma a la sangre en un gel. Esto se lleva a cabo a través de la conversión de la proteína plasmática fibrinógeno en fibrina, su forma activa, que es insoluble en agua. Esta es una reacción catalizada por una enzima denominada trombina. El coágulo consiste en una red de filamentos de fibrina, en la que quedan atrapados los elementos figurados de la sangre.

En el plasma, existe una serie de proteínas llamadas factores de coagulación que, al activarse, llevan a la formación de fibrina. Estos factores son 13, designados con números romanos, y circulan en el plasma en formas inactivas (como profactores).

Existen dos formas para iniciar la cascada de activación de los factores de coagulación: la vía extrínseca y la vía intrínseca. La vía extrínseca comienza cuando la sangre entra en contacto con tejidos dañados. Inmediatamente, sustancias liberadas por las células dañadas promueven la activación del factor de coagulación XII (conocido también como Factor de Hageman, una enzima perteneciente a la clase de las serinas proteasas). Este inicia la cascada de activaciones de otros factores de coagulación, hasta llegar a la activación del factor X.

La vía intrínseca empieza con la exposición de las fibras colágenas del endotelio lesionado y sigue con la activación del factor VII gracias al factor tisular (TF), luego de lo cual el factor VII completa la activación del factor X. En presencia del factor VIII, los fosfolípidos de membrana plaquetaria y iones Ca^{2+} , el factor X inicia la llamada vía común, por la cual la protrombina lleva a la formación del coágulo de fibrina.



Cascada de reacciones de coagulación. Beards, G. (8/04/2016). Las tres vías que forman la cascada de coagulación clásica. Wikipedia commons.

Cuando se extrae sangre desde un vaso sanguíneo y se coloca en una probeta de vidrio, la coagulación ocurre entre los 5 y los 8 minutos después, presentándose como un gel. Sin embargo, durante los 30 minutos siguientes, el coágulo se contrae, desalojando un líquido que formaba parte del gel. El resultado final es un coágulo pequeño y duro, alojado en el fondo del tubo, y un volumen de suero en la parte superior. En el organismo, este fenómeno se denomina retracción del coágulo, y constituye la última fase de estabilización del coágulo.

Como constantemente se está produciendo la ruptura de pequeños vasos sanguíneos, producto del movimiento, de golpes, de la respiración, etc., los mecanismos de coagulación están permanentemente activándose. Para evitar, entonces, que se produzcan coágulos intravasculares (también conocidos como trombos) que puedan tapar los vasos e impedir la circulación de la sangre hacia órganos vitales (lo cual impediría el aporte de nutrientes y O_2 , con la consiguiente y fatal detención de la respiración celular), existen mecanismos de regulación, que disuelven la fibrina formada, en los que participan enzimas como la fibrinolisisina. También, hay sustancias anticoagulantes, como la heparina, producida en células de tejido conectivo, especialmente del pulmón y del hígado, que bloquea la conversión de protrombina en trombina.

2.2.3.4. Estructura y funcionamiento del corazón

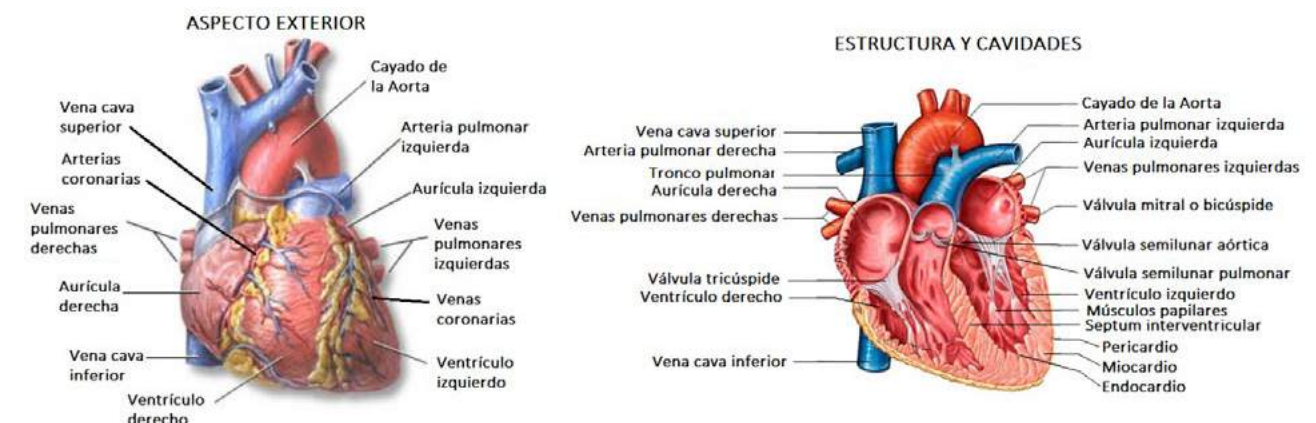
El corazón es un órgano de estructura muscular especial, que se encarga de bombear sangre hacia los diferentes tejidos del cuerpo. Está situado en el centro de la cavidad torácica, entre los pulmones, en un espacio denominado mediastino, con su extremo inferior algo inclinado hacia adelante y hacia la izquierda. Su forma y tamaño son similares a la de un puño.

El corazón se encuentra histológicamente formado por tres capas: pericardio, miocardio y endocardio. El pericardio es una membrana delgada de tejido conjuntivo doble, que envuelve la superficie del corazón. La capa interna o visceral del pericardio, que está en contacto con el órgano, se denomina a veces epicardio.

El miocardio es una capa de grosor variable (más delgada en las paredes de las aurículas, algo más gruesa en las paredes del ventrículo derecho y muy gruesa en las del ventrículo izquierdo), formada por fibras musculares de aspecto estriado pero ramificado, que actúan en forma involuntaria. Por estas características, que se oponen a las del músculo esquelético (fibras estriadas uniformes y de innervación voluntaria), se le clasifica como un músculo de tipo diferente: músculo cardíaco.

El endocardio es la capa interna, en contacto con la sangre, y consta de un endotelio delgado. Constituye un revestimiento liso sobre las cavidades y válvulas cardíacas.

La sección longitudinal frontal del corazón muestra que está formado por cuatro cavidades centrales: dos superiores o aurículas y dos inferiores o ventrículos. Por dentro de estas cavidades, pueden observarse compuertas, como las válvulas aurículo-ventriculares que dan paso a la sangre desde las aurículas a los ventrículos, y las válvulas semilunares o sigmoideas, que dan paso a la sangre desde los ventrículos hacia las arterias. Las arterias son los vasos por los cuales la sangre sale del corazón y las venas son los vasos por los que la sangre llega al corazón, y desemboca en las aurículas.

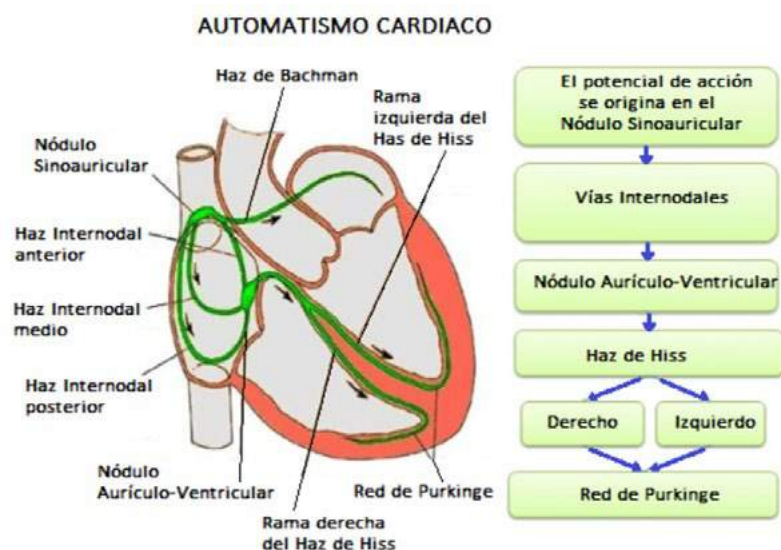


Corazón. Adaptado de (s/f). El corazón y sus partes. Fotoblog. <http://www.fotoblogx.info/2008/05/fotos-el-corazon-y-sus-partes.html> (19/12/2018). Cavidades y cámaras cardíacas. Partesdel.com. https://www.partesdel.com/partes_del_corazon-2.html (18/12/2018).

En su aspecto externo son visibles las arterias coronarias, que nacen de la región ascendente de la arteria Aorta, apenas esta sale del ventrículo izquierdo. Estas arterias son primordiales para el corazón, ya que a través de ellas, recibe oxígeno y nutrientes para cumplir con su intensa e incesante actividad de contraerse rítmicamente para impulsar la sangre y hacerla circular, llevando a su vez nutrientes y oxígeno a todas las células del organismo.

La contracción rítmica del corazón procede durante toda la vida. En un individuo adulto, la frecuencia cardiaca es de aproximadamente de 60 a 90 latidos por minuto en reposo.

La actividad cardiaca no está sujeta a control voluntario. Hay innervación del Sistema Nervioso Autónomo, tanto por el Sistema Nervioso Simpático, que incrementa la fuerza de contracción y la frecuencia cardiaca, como por el Sistema Nervioso Parasimpático, que disminuye ambos parámetros (ver sección 2.3.1.7). Pero, además, muchas de las células que forman al corazón están especializadas en mantener potenciales electroquímicos entre el exterior y el interior de sus membranas citoplasmáticas, y generar despolarizaciones que se propagan como impulsos nerviosos, semejantes a lo que hacen las neuronas (ver sección 2.3.1.2). Estas células, denominadas de conducción, son células musculares, pero que no se contraen ni generan fuerza o presión; están organizadas en tejidos especializados en el seno del miocardio y le confieren al corazón la capacidad de mantener una contracción rítmica automática, sin ninguna estimulación externa, fenómeno conocido como automatismo cardiaco.



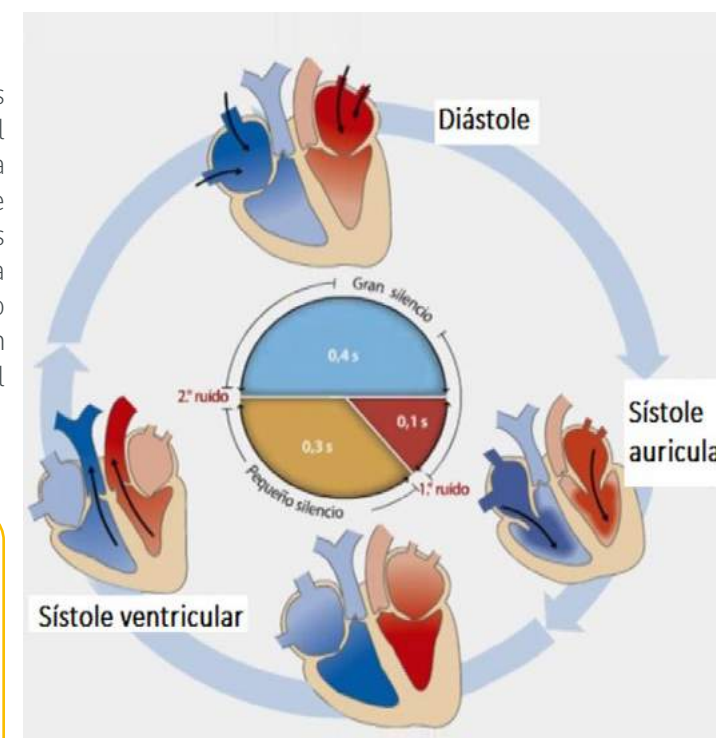
Automatismo cardiaco. Adaptado de Cosatto, E. (s/f). Automatismo cardiaco. El organismo humano. <https://sites.google.com/site/236elorganismo humano/automatismo-card>

Este sistema de conducción está organizado de forma que el estímulo cardiaco no pase de las aurículas a los ventrículos con demasiada rapidez. El retraso deja tiempo para que las aurículas vacíen su contenido a los ventrículos antes de que comience la contracción ventricular. Además, ello permite que el flujo de sangre dentro del corazón siga una sola dirección.

La actividad eléctrica de las células de conducción se refleja en un electrocardiograma, que es la manifestación de los fenómenos bioeléctricos que comandan el funcionamiento cardiaco. Así, por ejemplo, un primer pic en la gráfica que genera el electrocardiograma corresponde a la onda P, que se debe a los potenciales eléctricos generados cuando las aurículas se despolarizan antes de cada contracción. El complejo QRS se debe a los potenciales de acción que se generan cuando los ventrículos se despolarizan antes de contraerse. Finalmente, la onda T se debe a los potenciales que se generan cuando los ventrículos se recuperan de su estado de despolarización, repolarizándose y retornando así al potencial de reposo que los deja listos para una nueva despolarización que desencadene un nuevo ciclo de contracciones (ver sección 2.3.1.2).

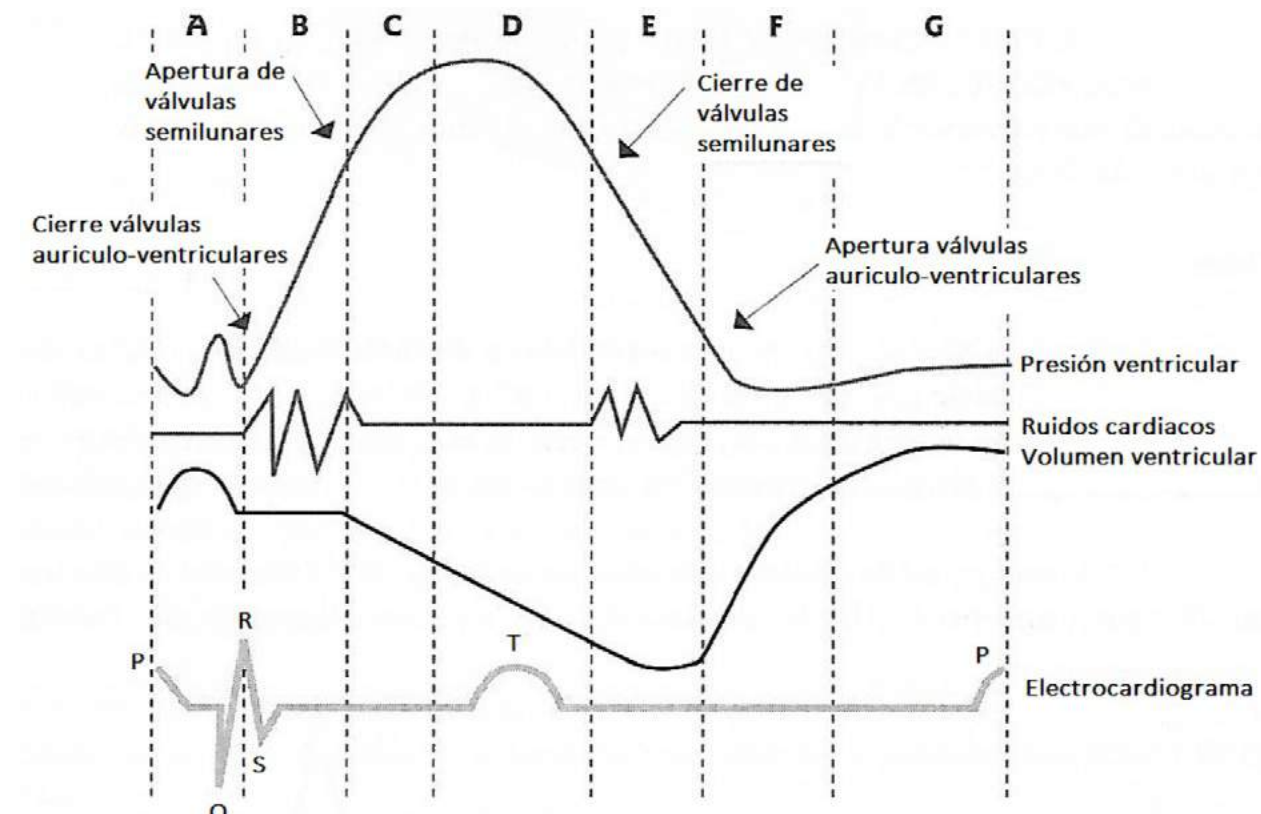
La sucesión de contracciones sucesivas entre aurículas y ventrículos, coordinadas por estas ondas de despolarización seriada, componen el ciclo cardiaco, que comprende las siguientes etapas: sístole auricular, sístole ventricular y diástole total.

La sístole auricular es la contracción de las aurículas, que es antecedida por la onda P del electrocardiograma (inicio de A), que marca la despolarización de las aurículas. La sangre llega en forma continua a las aurículas y las válvulas A-V están abiertas, por lo que la sangre entra también a los ventrículos. Cuando ocurre la sístole auricular, aumenta el volumen ventricular de sangre (A). La mayor parte del volumen ventricular se alcanza en diástole.



- *Taquicardia. Frecuencia cardiaca o pulso rápido, sobre los 100 latidos por minuto.
- *Bradicardia. Frecuencia cardiaca lenta, menor a 60 latidos por minuto.
- *Pulso. Expansión y rebote elástico alternado de las arterias con cada sístole y diástole del ventrículo izquierdo.

Ciclo cardiaco. Adaptado de Cossio, M. (17/02/2013). Componentes del ciclo cardiaco. Portafolio de evidencias de Fisiología. <http://marielacossio.blogspot.com/2013/02/esquema-del-ciclo-cardiaco.html>



Acontecimientos fisiológicos durante el ciclo cardiaco. Adaptado de Pocock, G. y Richards, C.D. (2002). Fisiología Humana. La base de la Medicina. Barcelona: Masson. (p. 290)

La sístole ventricular o contracción de los ventrículos, comienza durante el complejo QRS, que representa la despolarización ventricular (entre A y B). Como las válvulas semilunares están cerradas, la sangre, por un breve momento, no puede ser expulsada. Por esto, este corto período inicial se llama sístole ventricular isovolumétrico (iso: igual, referido al volumen que no varía, porque la sangre no sale aún del ventrículo). Además, el aumento de la presión ventricular produce el cierre de las válvulas A-V (final de A), evitando el reflujos de la sangre. El cierre de estas válvulas produce el primer ruido cardiaco (B). Las válvulas semilunares también están cerradas (por ello, la sangre aún no es expulsada de los ventrículos).

Como la contracción ventricular continua, la presión se incrementa (entre B y C), alcanzando su valor más alto justo antes que las válvulas semilunares se abran, desalojando la sangre con rapidez desde los ventrículos a las arterias Aorta y Pulmonar (entre C y D). Con ello, la presión arterial comienza a aumentar (hay que tener presente que, en ese mismo momento, la sangre está llegando continuamente a las aurículas, por lo que la presión dentro de ellas también va aumentando progresivamente).

A medida que es expulsada la sangre, el volumen ventricular se va reduciendo (entre E y F) y la presión ventricular también disminuye (entre E y F), ya que ha terminado la contracción ventricular.

Luego de la repolarización ventricular (onda T del electrocardiograma, región D) se relajan los ventrículos y su presión desciende. En el momento en que se hace menor a la presión arterial, las válvulas semilunares se cierran (E), generando el segundo ruido cardiaco. En este momento, todas las válvulas están cerradas y el volumen ventricular permanece constante (relajación isovolumétrica).

Cuando la presión ventricular disminuye a su nivel más bajo, las válvulas A-V se abren (E) y los ventrículos comienzan a llenarse con sangre procedente de las aurículas (E y F), primero en forma rápida y luego en forma lenta. El final de este período de llenado reducido o lento marca el final de la diástole, antes de que sobrevenga otra sístole auricular y se inicie con ello otro ciclo cardiaco.

Los tiempos de cada etapa son muy breves, siendo la sístole auricular la más corta (0,1 segundos), siguiéndola la sístole ventricular (0,3 segundos) y luego la diástole, la más prolongada (0,4 segundos).

El gasto cardiaco es un parámetro fisiológico que mide la cantidad de sangre bombeada por el corazón hacia la aorta en cada minuto. Equivale a la cantidad de sangre que fluye por la circulación y que es responsable de transportar sustancias y gases hacia los tejidos y desde ellos. La ecuación general para calcularlo es:

$$\text{Gasto cardiaco} = (\text{frecuencia cardiaca} \times \text{volumen}) / \text{minuto expulsado}$$

El gasto cardiaco varía ampliamente, según el nivel de actividad del cuerpo. Por tanto, el metabolismo corporal, el ejercicio, la edad y el tamaño del cuerpo influyen en el gasto cardiaco. Se ha calculado el gasto cardiaco promedio en varones como en 5,6 litros/minuto, y en las mujeres, un 10% a un 20% menor.

Por otra parte, el retorno venoso es la cantidad de sangre que fluye desde las venas a la aurícula derecha cada minuto. El retorno venoso y el gasto cardiaco deben ser iguales entre sí, excepto durante unos pocos latidos cada vez.

El retorno venoso es la suma de todos los flujos sanguíneos locales de cada segmento de la circulación periférica. Por tanto, de ello se deduce que la regulación del gasto cardiaco es la suma de todas las regulaciones del flujo sanguíneo local.

2.2.3.5. Vasos sanguíneos

Comprenden tres tipos: arterias, venas y capilares, en una estructura continua y cerrada.

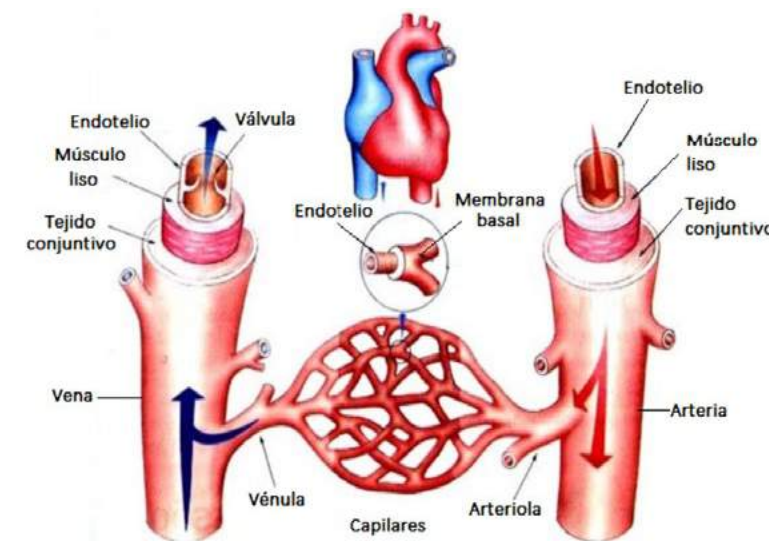
Las arterias son vasos sanguíneos que sacan sangre del corazón. Las arterias sistémicas, que van hacia los diversos tejidos y órganos, portan sangre rica en oxígeno; no así la arteria pulmonar y las arterias umbilicales de la placenta. La arteria principal es la Aorta, que saca sangre del ventrículo izquierdo.

Al ir penetrando dentro de un órgano, la arteria se va ramificando y va perdiendo espesor y calibre con cada bifurcación, transformándose primero en una arteriola y luego en un capilar.

La estructura histológica apreciada en un corte transversal de arteria observado al microscopio, revela tres capas: una adventicia o túnica externa, formada por tejido conjuntivo laxo, fuerte y resistente. Ello evita la ruptura de la arteria cada vez que aumenta la presión de la sangre.

La capa o túnica media se caracteriza por presentar células musculares lisas y fibras elásticas, lo que le confiere elasticidad a la arteria.

La capa íntima o túnica interna, es una capa delgada, compuesta por endotelio. Viene a ser la prolongación histológica del endocardio. Su función es reducir la fricción de la sangre con la superficie interior del vaso.



Vasos sanguíneos (s/f). Sistema circulatorio. Biblioteca de investigaciones. <https://bibliotecadeinvestigaciones.wordpress.com/biologia/sistemas-y-aparatos-del-cuerpo-humano/sistema-circulatorio/>

Después de haber efectuado el intercambio de gases y solutos con los tejidos, los capilares confluyen en vasos que van aumentando de calibre y constituyen finalmente las venas. Al igual que las arterias, constan de tres capas. La adventicia es similar. La túnica media es también una capa de células musculares lisas, pero con un espesor menor. Y la capa íntima o túnica interna es también similar a la de arterias. Pero una diferencia importante es que el endotelio en las venas de las extremidades inferiores forma repliegues, llamados válvulas, que impiden el flujo retrógrado de la sangre. El calibre de los vasos depende de las fibras musculares de la capa media, que está regulada por

el Sistema Nervioso Autónomo. Por otra parte, la contracción del músculo esquelético por donde pasan las venas produce una compresión en la pared venosa, determinando la propulsión de la sangre en la dirección que abre las válvulas. Cuando el músculo se relaja, la sangre tiende a regresar, pero el cierre de la válvula bajo el peso de la propia sangre impide el reflujos de esta.

Los capilares son vasos sanguíneos de unos 7 mm de diámetro, con una longitud media cercana a un milímetro. Están constituidos sólo por endotelio. Las células del endotelio son planas y dejan espacios entre sí. Esta estructura y la velocidad de circulación facilitan el intercambio de gases y de solutos a este nivel. Además, la circulación es, en esta región, muy lenta. Los capilares nacen de la última división de las arteriolas, ramificándose luego muchas veces, sin cambiar de calibre y formando una red tridimensional de vasos interconectados, llamada lecho capilar. Esta red termina confluyendo en conductos comunes, de diámetro creciente y con las tres capas referidas, llamadas vénulas. Por lo tanto, cada lecho capilar tiene dos extremos: uno, arterial y el otro, venoso.

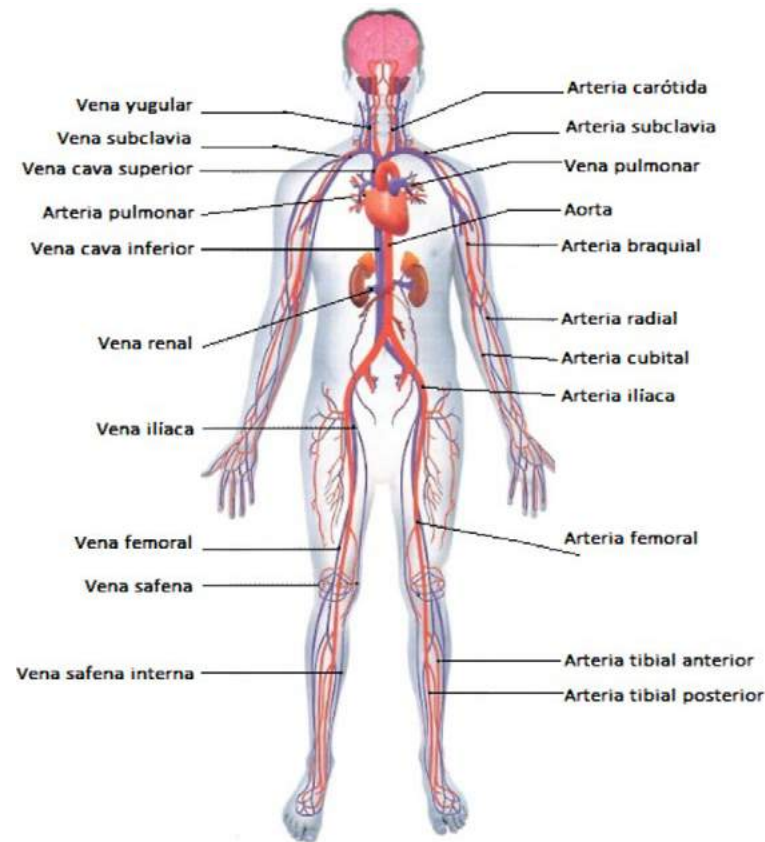
La capa fina y porosa del endotelio de los capilares ofrece un fácil pasaje de agua, gases y sustancias nutritivas disueltas en el plasma (iones, aminoácidos, glucosa, etc.), pero impide la salida de las proteínas específicas de la sangre (fibrinógeno, albúminas, etc.). Es esta retención de proteínas específicas del plasma la que crea un sistema osmótico y la difusión de sustancias hacia los tejidos y viceversa.

En el extremo arterial del capilar, la presión sanguínea es de 35 mm Hg aproximadamente, y la presión osmótica o coloide-osmótica (conferida por las proteínas plasmáticas, como solutos que "atraen" agua desde el fluido tisular) es de sólo 25 mm Hg. Debido a este gradiente de presiones, el agua, sustancias nutritivas y O_2 en disolución en el plasma, atraviesan la pared del capilar, trasladándose al líquido tisular que baña a las células. A medida que se avanza por el capilar, la presión sanguínea decrece, reduciéndose progresivamente el intercambio de sustancias y agua hacia el líquido tisular. En la cercanía del extremo venoso, la presión sanguínea se hace menor que la presión osmótica, determinando que parte del líquido tisular regrese al interior del capilar, trayendo consigo desechos metabólicos, tales como urea, CO_2 y agua.

2.2.3.6. Presión sanguínea

La presión de los vasos sanguíneos va disminuyendo a medida que la sangre se aleja del corazón. Llega a unos 32 mm Hg en los capilares arteriales y a unos 12 mm Hg en los capilares venosos. En las venas cavas, adonde llega la sangre antes de entrar al corazón por las aurículas, la presión sanguínea es casi nula (5 mm Hg).

Esta disminución de la presión se debe a que cuando las arterias se dividen en arteriolas y éstas en capilares, la superficie total de fricción aumenta considerablemente. De este modo, casi toda la presión generada por las contracciones del corazón es utilizada para vencer la resistencia friccional de los vasos; además, la presión que ejerce la sangre sobre los vasos sanguíneos a medida que decrece su calibre también baja, lo cual favorece una caída de presión que también favorece el flujo continuo de sangre.

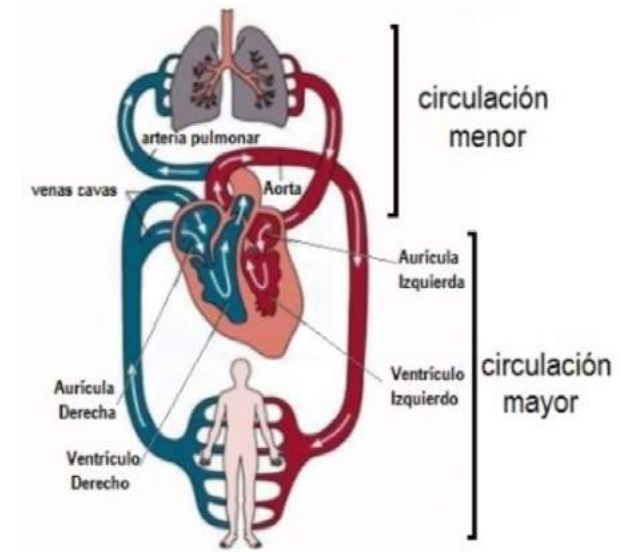


Principales vasos del sistema cardiovascular. (s/f). Sistema circulatorio: conoce más sobre uno de los principales aparatos del cuerpo humano. El Popular.pe. <https://www.elpopular.pe/series/escolar/2015-09-03-sistemas-del-cuerpo-humano-sistema-circulatorio>

La sístole ventricular tiene por función enviar sangre a gran velocidad y presión por las arterias para que alcance a llegar a todos los tejidos del organismo. Para que esta circulación sea continua en arteriolas y capilares, son necesarios los siguientes factores: elasticidad de las arterias, presión en las arterias, resistencia periférica (dificultad para el paso de la sangre en las arteriolas y en los capilares) y caída de presión a lo largo del circuito vascular.

Debido a la expulsión de sangre desde el corazón, la presión en las arterias sube durante la contracción cardíaca. Corresponde ésta a la presión alta o sistólica. La presión, durante la relajación del corazón, constituye la presión baja o diastólica. En una persona normal, la presión sistólica está entre 90 y 120 mm Hg y la presión diastólica a 60 u 80 mm Hg.

La disminución de la velocidad sanguínea se debe a la enorme ramificación que sufren los vasos al formarse el lecho capilar. Esta ramificación determina un aumento gradual del área de sección total, de manera que la velocidad de la sangre disminuye paulatinamente, y al llegar a los capilares arteriales la sangre se mueve con acentuada lentitud. Al llegar la sangre a las vénulas y venas, la velocidad sanguínea aumenta otra vez. Este mecanismo de circulación tiene varias ventajas: la sangre llega rápidamente a los órganos que irriga, lugar donde disminuye considerablemente su velocidad, para que se lleve a cabo con éxito el intercambio de O_2 , sustancias nutritivas y agua a nivel capilar, volviendo a desplazarse con rapidez al confluir los capilares en vénulas y venas y dirigirse a otras regiones del cuerpo.

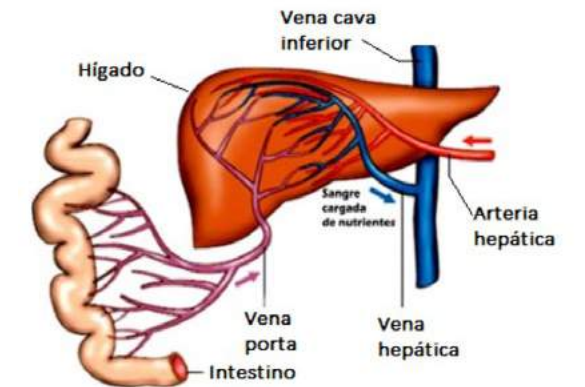


Circulación mayor y menor, adaptado de (s/f). El corazón y sus partes para niños. Preparaniños. <https://preparaniños.com/el-corazon-y-sus-partes-para-ninos/>

2.2.3.7. Circuitos cardiovasculares

La sangre que circula por los distintos vasos sanguíneos describe dos circuitos bien definidos que se denominan circulación mayor o sistémica y circulación menor o pulmonar.

En la circulación mayor o sistémica, la sangre es impulsada desde el ventrículo izquierdo hacia la aorta, que la distribuye hacia todo el organismo, llevando nutrientes, oxígeno, etc. Finalmente, la sangre, ya empobrecida en estas sustancias, regresa a la aurícula derecha por la vena cava superior e inferior.



Sistema porta hepático Luna (13/11/2010). Imagen vena hepática y porta. Anatomía y Fisiología. <http://luna-internet.blogspot.com/2010/11/imagen-vena-hepatica-y-porta.html>

La circulación menor o pulmonar comienza en el ventrículo derecho, que impulsa la sangre llegada desde la periferia hacia la arteria pulmonar. En el interior del parénquima pulmonar, esta arteria se ramifica, y finalmente los capilares se ponen en contacto con los alvéolos pulmonares. En esta forma, la sangre queda separada del medio rico en O_2 , que existe dentro de los alvéolos por una muy pequeña distancia. Esto le permite abastecerse de O_2 , y excretar CO_2 , para volver por las cuatro venas pulmonares hacia la aurícula izquierda. Desde ahí pasa al ventrículo izquierdo para salir por la aorta, entrando nuevamente al circuito mayor.

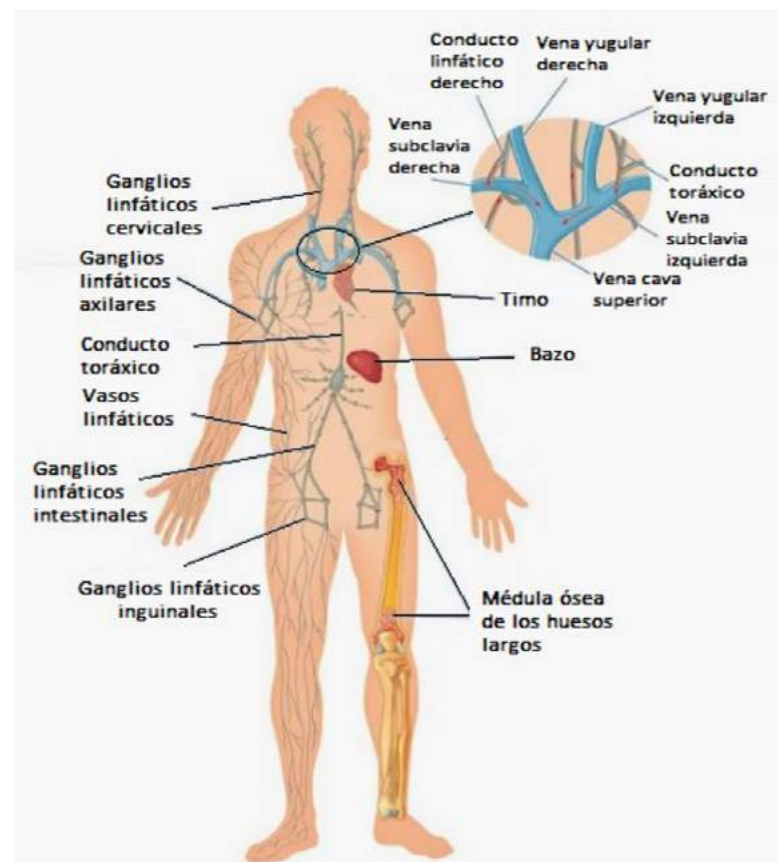
La circulación porta hepática se refiere al flujo de sangre venosa desde los órganos gastrointestinales y del bazo al hígado antes de regresar al corazón. Durante la fase de absorción, la vena porta es enriquecida con sustancias que se absorben del Sistema digestivo. El hígado metaboliza estas sustancias antes de que pasen a la circulación general.

La sangre entra al hígado por dos caminos: la arteria hepática, que provee sangre oxigenada, y la vena porta que transporta sangre desoxigenada pero rica en nutrientes desde los intestinos, el bazo y el páncreas. Dentro del hígado, ambos tipos de sangre se mezclan y después de ser filtrada por los sinusoides hepáticos, abandona el hígado a través de las venas hepáticas.

ACTIVIDADES

- 1) Realiza un cuadro comparativo de los 3 tipos de vasos sanguíneos.
- 2) ¿Por qué razón el ventrículo izquierdo tiene las paredes más gruesas que el ventrículo derecho?
- 3) ¿Cuáles son los vasos sanguíneos que salen y entran del corazón?
- 4) ¿Cuáles son los factores que determinan la presión en los vasos sanguíneos?
- 5) ¿Qué factores modifican la presión en los vasos sanguíneos?
- 6) Explica, en no más de cinco líneas cómo se lleva a cabo el intercambio de sustancias a través de la pared del capilar
- 7) Diseña un gráfico donde se visualicen claramente las variaciones de presión y velocidad que afectan a los vasos sanguíneos
- 8) ¿Qué riesgos corre la persona con presión sanguínea alta? (Enumera). ¿Por qué el pulso se toma en una arteria y no en una vena?
- 9) ¿Por qué el pulso se toma en una arteria y no en una vena?
- 10) ¿A qué se debe la diferencia entre la presión diastólica y presión sistólica?

2.2.4. Sistema linfático



Sistema linfático. Adaptado de (s/f). El sistema linfático. Escuelapedia. Información didáctica. <http://www.escuelapedia.com/el-sistema-linfatico/>

El Sistema linfático tiene como función drenar los espacios intercelulares en que se encuentra líquido intercelular o también llamado intersticial, y transportar proteínas que han escapado de las células y partículas grandes de los espacios intercelulares, ninguno de los cuales se puede eliminar mediante absorción en los capilares sanguíneos. Además, transporta grasas desde el sistema digestivo a la sangre, y ayuda a la supervivencia y defensa del organismo. Está formado por un líquido llamado linfa, vasos que la transportan denominados vasos linfáticos y diversas estructuras y órganos que contienen tejido linfático.

Los órganos Linfoides, según su función se dividen en diversas estructuras. Los órganos linfoides primarios son aquellos en que tiene lugar la formación y maduración de células inmunitarias. Estos órganos linfoides están en contacto con los capilares sanguíneos, permitiendo que las células inmunitarias puedan circular a través de la sangre.

Estos órganos incluyen a la Médula Ósea, que es donde se forma parte de los leucocitos, en forma exclusiva los granulocitos y los monocitos, además de unos pocos linfocitos, los que además se forman en los diferentes

órganos linfoides, por lo que se puede considerar la médula ósea como un componente del sistema linfático. El timo es un órgano linfático bilobulado, enclaustrado en una cápsula de tejido conectivo y dividido en varios lobulillos. Se localiza por atrás del esternón y entre los pulmones. Su corteza está compuesta por linfocitos empaquetados, mientras su médula está formada por células epiteliales y más que nada por linfocitos distribuidos ampliamente. La función del timo es ayudar a madurar y distribuir a otros órganos linfoides los linfocitos T, los que destruyen a los microorganismos invasores directa o indirectamente, pues producen diferentes sustancias (ver sección 2.2.5). Además, el timo produce varias hormonas, como la timosina, timopoyetina y el factor humoral tímico, que favorecen la proliferación y maduración de las células T.

Los órganos linfoides secundarios son aquellos en los cuales se almacenan y se reproducen las células inmunitarias procedentes de la médula ósea roja y el timo. Estos órganos linfoides están conectados entre sí por los vasos linfáticos, por los que circulan las células inmunitarias en la linfa.

Entre estos órganos se encuentra el Bazo, que es una estructura oval, formada por tejido linfático. De unos 12 cm de longitud, se ubica en el lado derecho superior de la cavidad abdominal, entre el fondo del estómago y el diafragma. Está formado por una cápsula externa y un parénquima, el cual está formado por pulpa blanca, (que corresponde a linfocitos que se engruesan y forman ganglios linfáticos llamados nódulos esplénicos) y la pulpa roja, que consiste en senos venosos llenos de sangre, y cordones esplénicos, que consisten en eritrocitos, macrófagos, linfocitos, células plasmáticas y granulocitos.

Su función es producir células plasmáticas productoras de anticuerpos, fagocitar bacterias y destruir células sanguíneas dañadas o caducas. También almacena y libera sangre.

Los Ganglios Linfáticos son estructuras ovoides localizadas a lo largo de los vasos linfáticos. Contienen una depresión llamada hilio por donde entran y salen vasos sanguíneos y linfáticos. Cada ganglio está compuesto por una cápsula externa de tejido conectivo. En su interior se encuentra una red de soporte de fibras reticulares y células reticulares (fibroblastos y macrófagos), que en conjunto reciben el nombre de estroma. También presenta un parénquima, formado por una corteza externa que contiene linfocitos empaquetados en masas, llamadas nódulos linfáticos. En la región interna de la médula, los linfocitos están dispuestos en cadenas llamadas cordones medulares, donde además se encuentran macrófagos y células plasmáticas.

La linfa circula para su filtración desde los vasos linfáticos hacia los ganglios. Los ganglios linfáticos están distribuidos en todo el cuerpo, dispuestos en forma superficial y profunda, pero siempre la mayor concentración de estos ganglios está en el centro del cuerpo y de las articulaciones.

Las amígdalas son congregaciones múltiples de ganglios linfáticos embebidos en una membrana mucosa. Están dispuestos en un anillo en la unión de la cavidad oral y faríngea y hay una amígdala única en la pared posterior de la nasofaringe llamada adenoides. Su posición estratégica a la entrada de las vías aérea y digestiva le permiten proteger contra la invasión de sustancias extrañas, pues producen linfocitos y anticuerpos.

La linfa contiene agua, grandes proteínas que escapan al sistema vascular, grasas absorbidas desde el Sistema digestivo, leucocitos y grandes partículas, así como también bacterias que han encontrado su camino entre las células endoteliales de los capilares linfáticos y entran en la linfa. Entre 2 y 3 litros por día deriva del líquido intersticial o extracelular, y alrededor de dos terceras partes de la linfa derivan del hígado y de los intestinos.

El flujo de linfa se produce gracias a factores que aumentan la presión del líquido intersticial, como son la presión capilar elevada, presión coloidal osmótica del plasma, aumento de las proteínas del líquido intersticial y aumento de la permeabilidad de los capilares. El movimiento de la linfa también es producto de la bomba linfática, que corresponde a la acción de las válvulas que se encuentran a lo largo de los vasos linfáticos, junto con la contracción del músculo liso de la pared de los vasos linfáticos. Además el movimiento de la linfa es ayudado por cualquier factor externo que comprima de forma intermitente el vaso linfático, provocando el bombeo. Tales factores son: contracción de los músculos vecinos, movimiento de parte del cuerpo, pulsación arterial y compresión de los tejidos externos.

Los vasos linfáticos se originan como vasos microscópicos llamados capilares linfáticos. Nacen como vasos ciegos entre los espacios intercelulares, en medio de las redes de capilares sanguíneos. El capilar linfático más conocido es el quilífero central que se encuentra formando parte de las vellosidades del intestino delgado. Los capilares linfáticos se caracterizan por tener diminutas aberturas entre las células endoteliales.

De esta manera, la pared del capilar permite el paso del líquido intersticial fácilmente, pero evita que el flujo de líquido salga del capilar.

Los capilares linfáticos se unen para formar vasos linfáticos cada vez más grandes, que reciben el nombre de venas linfáticas. Estas se caracterizan por tener paredes más delgadas que las venas y una mayor cantidad de válvulas que ayudan al recorrido de la linfa en una única dirección. Estas venas linfáticas contienen ganglios linfáticos a intervalos diversos a lo largo de su trayecto.

Las venas linfáticas liberan su contenido a dos conductos principales: el conducto torácico o conducto linfático izquierdo, el cual vacía linfa en la unión de la vena yugular interna y la vena subclavia izquierda, y el conducto linfático derecho que vacía toda la linfa en la unión de las venas yugular interna derecha y subclavia derecha.

2.2.5. Componentes del Sistema inmune y nociones de inmunidad

La inmunidad es la forma en que el cuerpo reconoce y se defiende a sí mismo contra bacterias, virus y sustancias extrañas que pueden ser dañinas.

El sistema inmunitario protege al organismo de sustancias posiblemente nocivas, reconociendo y respondiendo a los antígenos. Los antígenos son sustancias (por lo general proteínas) que se encuentran en la superficie de las células, los virus, los hongos o las bacterias. Las sustancias inertes, como las toxinas, químicos, drogas y partículas extrañas (como una astilla), también pueden ser antígenos. El sistema inmunitario reconoce y destruye sustancias que contienen antígenos.

Las células corporales tienen proteínas que son antígenos. Éstos incluyen a un grupo llamado antígeno HLA. El sistema inmunitario aprende a ver estos antígenos como normales y por lo general no reacciona contra ellos.

La inmunidad innata, o inespecífica, es un sistema de defensas con el cual el organismo nació y que lo protege contra todos los antígenos. La inmunidad innata consiste en barreras que impiden que los materiales dañinos ingresen en el cuerpo. Estas barreras forman la primera línea de defensa en la respuesta inmunitaria. Ejemplos de inmunidad innata abarcan: el reflejo de la tos, las enzimas en las lágrimas y los aceites de la piel, el moco, que atrapa bacterias y partículas pequeñas, la piel misma y el HCl gástrico.

La inmunidad innata también viene en forma de químico proteínico, llamado inmunidad humoral innata. Los ejemplos abarcan: el sistema de complementos del cuerpo y sustancias llamadas interferón e interleucina 1 (que causa la fiebre).

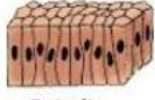










Si un antígeno traspasa estas barreras, es atacado y destruido por otras partes del sistema inmunitario.

La inmunidad adquirida es la inmunidad que se desarrolla con la exposición a diversos antígenos. El sistema inmunitario de la persona construye una defensa contra ese antígeno específico.

La inmunidad pasiva se debe a anticuerpos que se producen en un cuerpo diferente del nuestro. Los bebés tienen inmunidad pasiva, dado que nacen con los anticuerpos que la madre les transfiere a través de la placenta. Estos anticuerpos desaparecen entre los 6 y los 12 meses de edad. La inmunidad pasiva también puede deberse a la inyección de antisuero, que contiene anticuerpos formados por otra persona o animal. Esto brinda protección inmediata contra un antígeno, pero no suministra una protección duradera. La inmunoglobulina sérica (administrada para la exposición a la hepatitis) y la antitoxina para el tétanos son ejemplos de inmunidad pasiva.

El sistema inmunitario incluye ciertos tipos de glóbulos blancos al igual que sustancias químicas y proteínas de la sangre, como anticuerpos, proteínas del complemento e interferón. Algunas de éstas atacan directamente las sustancias extrañas en el cuerpo, mientras que otras trabajan juntas para ayudar a las células del sistema inmunitario.

Los linfocitos son un tipo de glóbulos blancos y los hay del tipo B y T. Los linfocitos B se convierten en células que producen anticuerpos. Los anticuerpos se adhieren a un antígeno específico y facilitan la destrucción del antígeno por parte de las células inmunitarias.

INMUNIDAD CELULAR		Secretan lisozima. Pueden generar un pH que destruye microorganismos.
		Liberan gránulos inflamatorios. Pueden fagocitar patógenos. Generan quimioatracción a otros protagonistas inmunológicos.
		Células presentadoras de antígenos. Pueden fagocitar patógenos.
		Atacan a células que han perdido algún componente que las hacía ser reconocidas como propias del organismo.
	INMUNIDAD HUMORAL	
		Activan a otras células en la respuesta inmune.
		Lisan directamente células que muestran síntomas de infección.
		Permanecen en el organismo años tras la infección, preservando la capacidad de sintetizar anticuerpos específicos contra los microorganismos que la produjeron.
		Autolimitan y controlan la respuesta inmune. Eliminan linfocitos T autorreactivos.
		Producen anticuerpos. Se diferencian de células plasmáticas y de memoria.
INMUNIDAD HUMORAL		Inmunoglobulinas muy específicas, capaces de bloquear al antígeno, activar o atraer células efectoras de inmunidad o activar el complemento.

Los linfocitos T atacan los antígenos directamente y ayudan a controlar la respuesta inmunitaria. También liberan químicos, conocidos como citoquinas, los cuales controlan toda la respuesta inmunitaria. A medida que los linfocitos se desarrollan, "aprenden" a diferenciar entre los tejidos corporales propios y las sustancias que normalmente no se encuentran en el cuerpo. Una vez que se forman las células B y T, algunas de ellas se multiplican y brindan "memoria" para el sistema inmunitario. Esto permite responder más rápida y eficientemente la próxima vez que el organismo se ve expuesto al mismo antígeno y, en muchos casos, impide que se enferme. Por ejemplo, un individuo que haya padecido o que haya sido vacunado contra la varicela es inmune a contraer esta enfermedad de nuevo.

La respuesta inflamatoria (inflamación) se presenta cuando los tejidos son lesionados por bacterias, traumatismo, toxinas, calor o cualquier otra causa. El tejido dañado libera químicos, entre ellos histamina, bradiquinina y prostaglandinas. Estos químicos hacen que los vasos sanguíneos dejen escapar líquido hacia los tejidos, lo que causa inflamación. Esto ayuda a aislar la sustancia extraña del contacto posterior con tejidos corporales.

Los químicos también atraen a los glóbulos blancos, llamados macrófagos, que fagocitan a los microorganismos y células muertas o dañadas. Los macrófagos finalmente mueren. El pus se forma debido a la acumulación de tejido muerto, bacterias muertas y fagocitos vivos y muertos.

Los trastornos del sistema inmunitario ocurren cuando la respuesta inmunitaria está dirigida contra el tejido extraño, excesiva o no se presenta. Las alergias involucran una respuesta inmunitaria a una sustancia que el cuerpo de la mayoría de las personas perciben como inofensiva.

La vacunación (inmunización) es una forma de desencadenar la respuesta inmunitaria. Se suministran pequeñas dosis de un antígeno, como virus vivos debilitados o muertos, para activar la "memoria" del sistema inmunitario (linfocitos B activados y linfocitos T sensibilizados). Dicha memoria le permite al cuerpo reaccionar rápida y eficientemente a exposiciones futuras.

Una respuesta inmunitaria eficiente protege contra muchas enfermedades y trastornos, mientras que una respuesta inmunitaria ineficiente permite que las enfermedades se desarrollen. Una respuesta inmunitaria excesiva, deficiente o equivocada causa trastornos del sistema inmunitario. Una respuesta inmunitaria hiperactiva puede llevar al desarrollo de enfermedades autoinmunitarias, en las cuales se forman anticuerpos contra los tejidos del propio cuerpo.

Las complicaciones a raíz de la alteración de las respuestas inmunitarias son, entre otras: alergia o hipersensibilidad, anafilaxia (una reacción alérgica que amenaza la vida), trastornos autoinmunitarios, enfermedad injerto contra huésped (una complicación del trasplante de médula ósea), trastornos por inmunodeficiencia, enfermedad del suero y rechazo al trasplante.

ACTIVIDADES

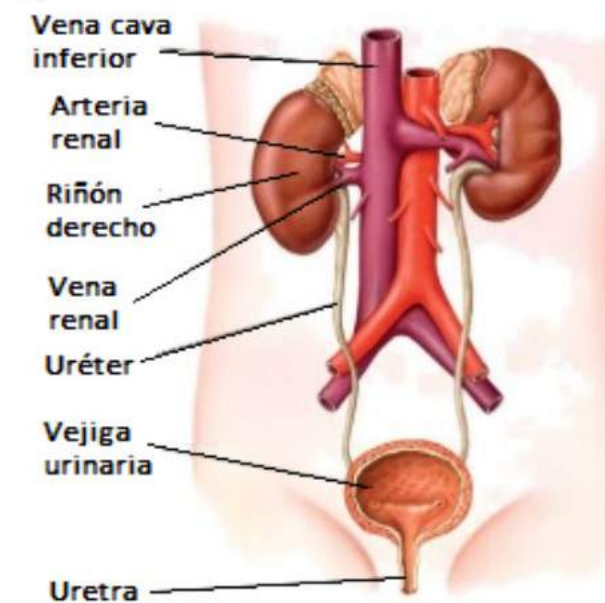
- 1) ¿Cuáles son las diferencias en la composición de la linfa y la composición de la sangre? Establezca los componentes que tienen en común y las razones fisiológicas que pueden explicarlo.
- 2) La elefantiasis es una enfermedad crónica que se caracteriza por un engrosamiento extraordinario de las extremidades inferiores, y es provocada por un género de gusanos nematodos parásitos. Investigue más detalles sobre esta enfermedad y explique de qué manera se relaciona con el sistema linfático.
- 3) Redacte los pasos que sigue la respuesta inmune innata y adaptativa, frente a la invasión de un determinado microorganismo. Señale la intervención de todos los tejidos células y moléculas que participan en ambas respuestas.
- 4) ¿Por qué en la alergia, existe una respuesta inmune de parte del organismo, si los agentes causantes (polvo, polen) no son microorganismos vivos? Fundamente.

2.2.6. Sistema Excretor

El sistema excretor está constituido por todos aquellos órganos y sistemas encargados de eliminar las sustancias tóxicas y los desechos de nuestro organismo. Esa tarea suele ser atribuida exclusivamente al Sistema renal o nefro-urinario. Pero existen otros órganos y sistemas que acometen funciones de excreción importantes.

La piel es el órgano más grande del cuerpo en área superficial y peso. Entre sus múltiples funciones protege a nuestro cuerpo de agentes externos como las bacterias, los virus, la radiación ultravioleta y el polvo; y lleva a cabo una función secundaria que es la excreción de sustancias corporales, gracias a las glándulas sudoríparas, presentes en la piel. Aunque estas principalmente se encargan de regular la temperatura corporal, excretan 5 a 10% de todos los desechos corporales, a través del sudor. Gracias a este líquido se elimina el exceso de NaCl y urea, más sustancias químicas como el alcohol etílico o residuos de antibióticos. El hígado puede ser considerado como un órgano excretor, pero se le considera como parte del sistema digestivo. En sus células se destruyen los glóbulos rojos viejos, degradándose la hemoglobina contenida en ellos formando dos pigmentos: la bilirrubina y la biliverdina. Estos denominados pigmentos biliares, junto a otros desechos metabólicos formados en el hígado, se vierten a la bilis, la cual es transportada hacia el intestino delgado para ser luego eliminada por las heces fecales.

El Sistema respiratorio tiene por función colocar el oxígeno aspirado, a través de la nariz en contacto con la sangre y a través de ella con los tejidos. El dióxido de carbono producido como desecho metabólico se elimina de la sangre en los pulmones y sale al exterior a través de las fosas nasales o la boca.



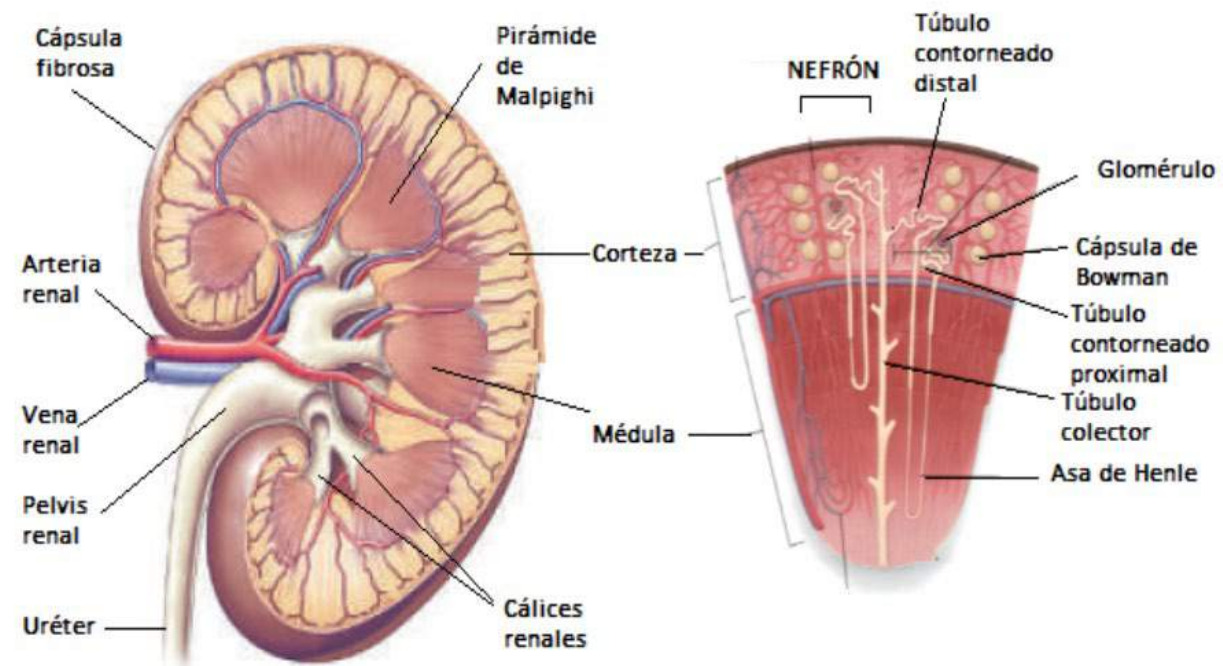
Sistema nefrouinario, adaptado de Cáceres R., C. (2017). Aparato excretor. SlidePlayer. <https://slideplayer.es/slide/10409686/>

El Sistema Nefrouinario tiene la misión de mantener relativamente constante la composición del plasma. Esto se logra a través de la eliminación de sustancias que ya no son útiles al organismo y que derivan del metabolismo celular, la regulación del equilibrio mineral y acuoso, el mantenimiento de la presión osmótica y la concentración de hidrógenos (pH) de la sangre dentro de límites normales. Se puede dividir para su estudio en riñón y vías urinarias.

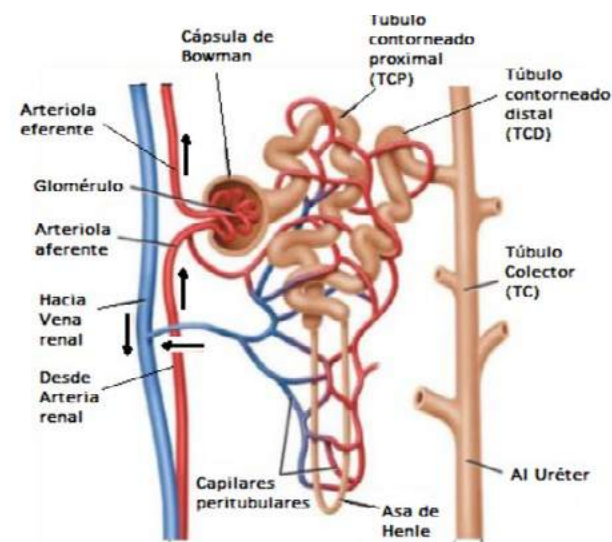
Los riñones están localizados inmediatamente bajo el diafragma, en la zona dorsal del abdomen. Son órganos pares de color rojizo, en forma de frijol. El riñón derecho está un poco más abajo que el izquierdo debido a que comparte su espacio con el hígado.

En un adulto, este órgano tiene aproximadamente el tamaño de una barra de jabón de baño y pesa aproximadamente 150 gr. Cada riñón está envuelto en tres capas de tejido: una capa interna llamada cápsula renal que le sirve de barrera contra traumatismos y ayuda a mantener la forma del órgano; una capa media, llamada cápsula adiposa que también lo protege de traumatismos y lo sostiene en su posición; y una capa externa, llamada cápsula superficial que fija al órgano a las estructuras circundantes y a la pared abdominal.

Al seccionar un riñón en forma longitudinal, de modo de separarlo en una mitad anterior y otra posterior, se puede observar en la superficie de corte una disposición muy especial de los tejidos. La corteza es la zona más externa del riñón. Se caracteriza por ser de color rojizo y textura lisa. La médula es la zona más interna del riñón. Presenta un color rojizo oscuro y está formada por 10 a 12 estructuras cónicas estriadas llamadas pirámides de Malpighi o también llamadas pirámides renales (que deben su apariencia antes mencionada a la ubicación de las asas de Henle y túbulo colector de los nefrones). Las porciones de la corteza, que se extienden entre las pirámides se llaman columnas renales. La base de cada pirámide mira hacia la corteza, en tanto el ápice llamado papila renal mira hacia el centro del riñón. Las papilas renales desembocan hacia unas estructuras en forma de copa, llamadas cálices menores y cálices mayores. Cada cáliz menor recibe orina de la papila renal, y la lleva al caliz mayor respectivamente. De estos últimos la orina pasa a una cavidad grande llamada pelvis renal y luego sale hacia las vías urinarias.



Sección sagital de riñón. Carrizo, M.P. (4/11/2013). Patología renal-generalidades. Patología B 2013. <http://patob2013-mpc.blogspot.com/2013/11/patologia-renal-generalidades-anatomia.html>



Nefrón, adaptado de The Anatomy and Physiology of Animals/Excretory System. STUDYLIB. <https://studylib.net/doc/8993225/the-anatomy-and-physiology-of-animals-excretory-system>

Cada riñón está formado por más de un millón de unidades microscópicas, anatomofuncionales, denominadas nefrones. Los nefrones son pequeños túbulos distribuidos en las zonas medular y cortical, muy bien irrigados, que están encargados de tres procesos básicos: filtrar la sangre, retornar a la sangre las sustancias útiles para que no se pierdan del cuerpo y retirar de la sangre sustancias que no son necesarias para el cuerpo. Como resultado de estos procesos, los nefrones mantienen la homeostasis de la sangre y producen orina.

Cada nefrón se compone de dos partes fundamentales: corpúsculo de Malpighi o cápsula renal y túbulos renales. El corpúsculo de Malpighi es una estructura especializada en la función de filtración. Está constituido por un ovillo de capilares, (el glomérulo), los que están rodeados por el primer segmento del túbulo renal, que tiene forma de copa, llamado cápsula de Bowman o cápsula renal. Este conjunto de los capilares más la cápsula de Bowman se denomina Corpúsculo renal.

La región interna del corpúsculo, vale decir, el glomérulo, resulta de la ramificación de la arteria renal que irriga al riñón. Luego de penetrar en el riñón, esta arteria se ramifica en arteriolas cada vez más pequeñas, hasta formar la arteriola aferente, que penetra en la cavidad central de la cápsula de Bowman y se ramifica en múltiples capilares. Éstos luego se reúnen en una arteriola de salida, arteriola eferente. Esta arteriola se ramifica en una red de capilares en torno al túbulo renal, llamados capilares peritubulares. Estos vasos confluyen en venas, que se unen a otras mayores hasta terminar en la vena renal que sale del riñón y que desemboca en la vena cava inferior.

Los capilares del glomérulo son fenestrados, lo cual significa que su pared está atravesada por numerosos poros que facilitan la filtración glomerular. Además, es importante mencionar que entre la cápsula de Bowman y los capilares del glomérulo, existe una membrana basal, de naturaleza eléctrica negativa, que impide la filtración de proteínas plasmáticas.

El túbulo renal es un tubo largo y tortuoso que se subdivide en las siguientes partes:

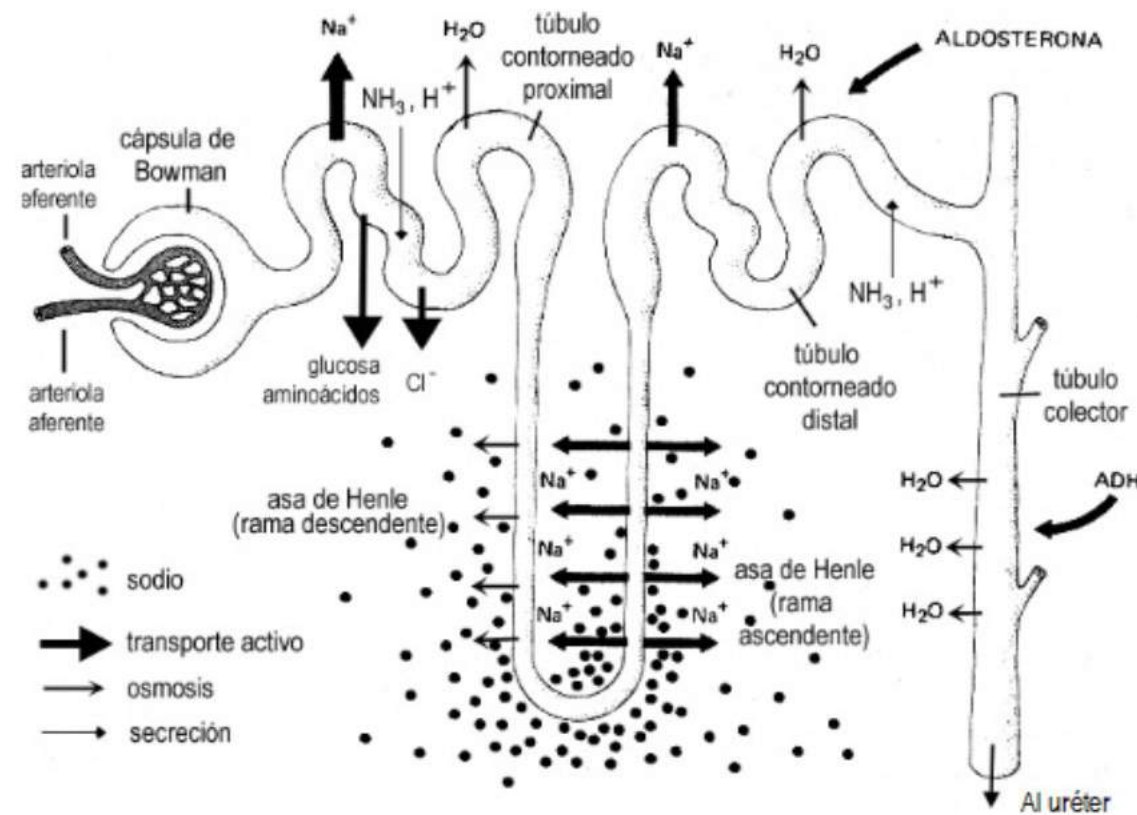
El Túbulo contorneado proximal (TCP), que es la continuación de la cápsula de Bowman. Se encuentra ubicada en la corteza renal. El Asa de Henle es el segmento intermedio entre el túbulo proximal y el distal. Su longitud varía según si el glomérulo está más cerca de la corteza o de la médula. Consta de una rama descendente y otra ascendente (segmento grueso). El Túbulo contorneado distal (TCD) se encuentra en la corteza y, siguiendo un trayecto tortuoso, desemboca finalmente en el túbulo colector (TC). Este último reúne el filtrado de varios nefrones, desembocando junto a otros en la Papila Renal.

El objetivo fundamental del nefrón es la formación de orina, que consiste en la eliminación de los desechos metabólicos circulantes, tales como ácido úrico, urea, creatinina, etc., conservando los componentes útiles de la sangre. Para lograrlo, el riñón se vale de tres importantes procesos: filtración glomerular, reabsorción tubular y secreción tubular.

La filtración es un proceso que permite el paso de líquido desde el glomérulo hacia la cápsula de Bowman por la diferencia de presión sanguínea que existe entre ambas zonas; es decir, aplica presión para forzar los líquidos y solutos a través de una membrana. Es lo mismo tanto en los capilares glomerulares como en los de cualquier parte del cuerpo. Sin embargo, el volumen del líquido filtrado por el corpúsculo renal es mucho mayor del que se filtra en otros capilares del cuerpo, por tres razones:

Puesto que son largos y extensos, los capilares glomerulares presentan una gran superficie de filtración. La membrana de filtración es delgada y porosa. En los capilares glomerulares la presión arterial es alta, puesto que el diámetro de las arteriolas eferentes tiene menor diámetro que el de las arteriolas aferentes. Por el riñón pasan 1.250 cc de sangre en un minuto, esto es la cuarta parte del gasto cardíaco (cantidad de sangre expulsada por el corazón en un minuto) Al entrar a los glomerulos, posee una presión bastante alta en comparación con la presión en los capilares del resto del cuerpo.

La presión útil de filtración es de 14 mm Hg. Por lo mismo, la sangre tiende a filtrarse a medida que avanza por el glomérulo (es como si cayera un "chorro" de líquido con gran fuerza sobre un colador con orificios muy pequeños). Así, se filtra a través de la membrana glomerular un gran número de sustancias tales como la urea, glucosa, aminoácidos, sales y agua. Todas ellas caen a la cápsula de Bowman, pasando a constituir el filtrado glomerular.



Formación de la orina. Homeostasis y función renal: el organismo debe reaccionar al ambiente para mantener su integridad. <http://composi.info/homeostasis-y-funcin-renal-el-organismo-debe-reaccionar-al-amb.html>

Se puede decir entonces, que el filtrado glomerular está compuesto por plasma con pequeñas cantidades de proteínas (0,03 %) y solutos. Sin elementos figurados ni lípidos. El proceso de filtración glomerular es totalmente pasivo, idéntico al descrito para el intercambio en los capilares del sistema cardiovascular.

La reabsorción tubular involucra el retorno de casi toda el agua y gran parte de los solutos filtrados al torrente sanguíneo. Tanto los túbulos renales como el conducto colector participan de este proceso, pero es el túbulo contorneado proximal el que contribuye en mayor medida. Los solutos que son fundamentalmente reabsorbidos tanto por transporte activo como pasivo son: glucosa, aminoácidos, urea e iones como Na^+ , K^+ , Ca_2^+ , Cl^- , HCO_3^- (bicarbonato), y HPO_4^{3-} (fosfato) y agua vuelven a pasar al plasma de los capilares peritubulares (reabsorción selectiva).

El transporte de agua se realiza a través de ósmosis. Alrededor del 90% del agua filtrada hacia los nefrones se reabsorbe junto con el Na^+ , Cl^- y glucosa, en el TCP, producto del gradiente de concentración que siempre se forma por la reabsorción de solutos, razón por la cual recibe el nombre de reabsorción obligada de agua. El 10% restante del agua que se reabsorberá se denomina reabsorción facultativa de agua, la cual se lleva a cabo principalmente bajo la acción de los túbulos colectores. Recibe este nombre, ya que se adapta a la necesidad del organismo.

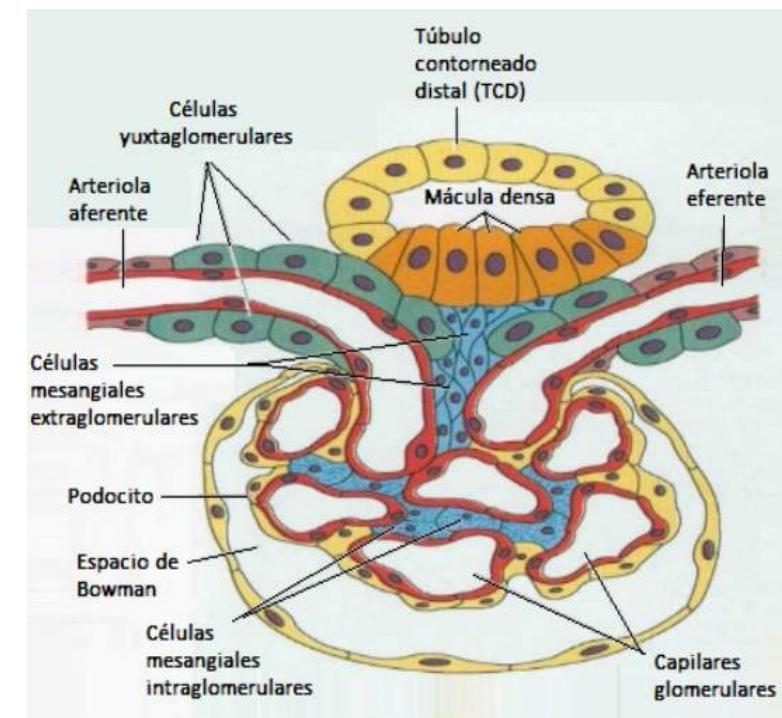
La reabsorción continúa conforme el filtrado pasa por el asa de Henle y el TCD. Después, el filtrado se concentra aún más al pasar por el conducto colector.

La secreción tubular es el paso de sustancias a través del epitelio tubular en sentido opuesto a la reabsorción. La secreción ocurre principalmente en la zona del TCD. Dentro de las sustancias secretadas, se encuentran los iones de potasio (K^+), hidrógeno (H^+) (ambos a través de transporte activo) y amonio (NH_4^+) (difusión pasiva).

La excreción de H^+ es importante en la regulación del pH de la orina (4-7.5), que a la vez mantiene el equilibrio ácido-base en el medio interno.

Existen además otros elementos que son secretados a nivel de los túbulos renales, por ejemplo, la creatinina (desecho metabólico nitrogenado producido en los músculos) y algunos medicamentos u otras sustancias extrañas al organismo.

Otra función importante del nefrón es su capacidad de producir orina concentrada cuando escasea el agua y orina diluida cuando hay exceso de agua en la sangre. El grado de concentración de la orina se regula a nivel del asa de Henle y del túbulo colector, sobre el cual se produce la acción de la hormona antidiurética (ADH). La hormona antidiurética (ADH) o vasopresina se produce en el hipotálamo y aumenta la permeabilidad al agua del túbulo contorneado distal y del conducto colector, lo que permite reabsorber más agua de la formación de orina.



Aparato yuxtaglomerular. Montes A., A. (4/05/2017). Aparato yuxtaglomerular. <http://andresmontesalvarez.blogspot.com/2017/05/aparato-yuxtaglomerular-el-aparato.html>

Hay en el nefrón unas estructuras de importancia endocrina. La porción ascendente gruesa del asa de Henle y el segmento inicial del TCD establecen contacto con la arteriola aferente en las proximidades del glomérulo. En este punto, el epitelio tubular se modifica para formar la mácula densa y la presencia de células yuxtaglomerulares aumenta el grosor de la pared de la arteriola aferente. Las células yuxtaglomerulares, la mácula densa y las células mesangiales asociadas forman lo que se denomina aparato yuxtaglomerular, en donde las células yuxtaglomerulares de la arteriola aferente secretan la enzima renina, que interviene en la regulación de la secreción de aldosterona por parte de la corteza suprarrenal. El aparato yuxtaglomerular tiene, por tanto, un papel importante en la regulación del balance de Na^+ .

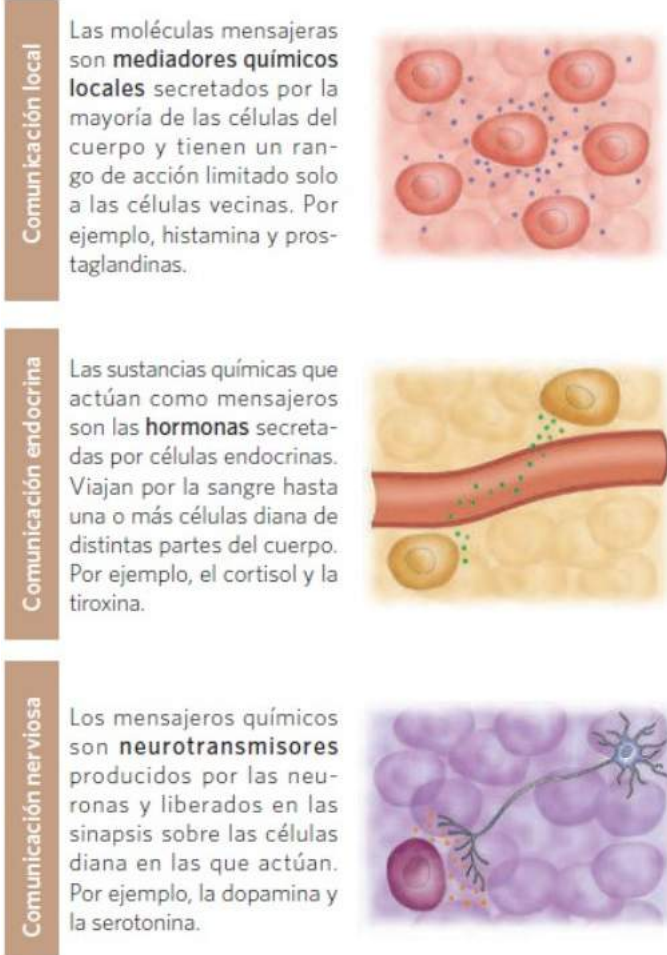
ACTIVIDADES

- 1) Explique por qué es importante el proceso de secreción en la formación de la orina.
- 2) ¿Qué elementos son reabsorbidos a nivel de los túbulos renales? Indique su importancia.
- 3) ¿Por qué normalmente no encontramos glucosa en la orina? y ¿por qué está presente en la orina de personas con diabetes mellitus? Fundamente su respuesta.
- 4) ¿Qué sucedería si toda el agua filtrada a nivel del glomérulo, es reabsorbida en los túbulos renales?

2.3. Sistemas de regulación y coordinación sistémica

Los sistemas nervioso y endocrino coordinan e integran las respuestas adaptativas del organismo frente a cambios que modifican su estado de equilibrio. Incluyen todo aquello que permite la recepción de estímulos, los procesos internos que se generan como consecuencia de estos y las respuestas asociadas.

Para poder coordinar sus acciones, las células del organismo emiten y reciben señales que les permiten hacerlo. Las características de la comunicación celular dependen de varios factores, como la distancia que separa a las células, el medio por el que debe viajar el mensaje y los tipos celulares que se comunican. La comunicación celular a distancia: se basa en la interacción entre una célula que emite una señal química —un mediador químico o primer mensajero— y una célula diana que recibe esta señal gracias a un receptor específico para esta y que responde cambiando su actividad. Los tipos generales de este tipo de comunicación son: local, endocrina y nerviosa.



Comunicación celular. Chaucón A., M.E. y Vargas C., R.I. (2013). Biología 2º educación media. Texto del estudiante. Santiago de Chile: Santillana del Pacífico.

- Neurona. Abarca B., C., Caro C., A., Fernández V., D., Flores C., S., Lepe D., C., Pepper B., L. y Poblete D., E. (2012). Biología III-IV medio. Santiago de Chile: Santillana del Pacífico.

2.3.1. Sistema Nervioso

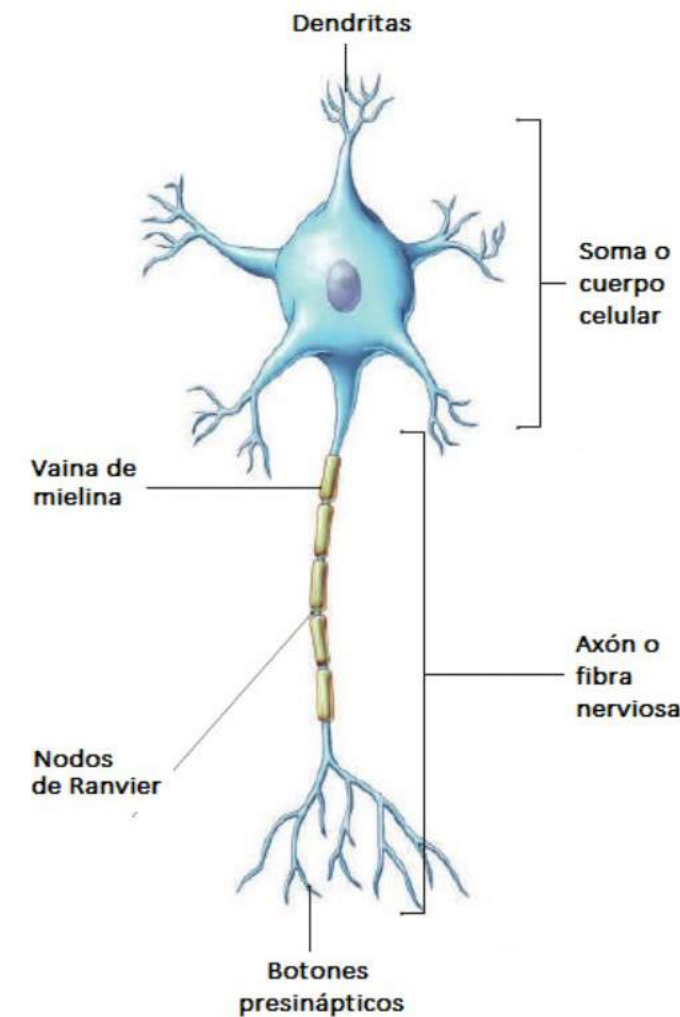
El sistema nervioso (SN) controla la homeostasis, y además, capta y procesa la información ambiental produciendo respuestas coordinadas. Para esto, integra funciones con mucha rapidez, lo que permite al cuerpo actuar con armonía y eficiencia frente a cambios tanto del medio interno como del ambiente.

2.3.1.1. La neurona como unidad estructural y funcional del Sistema nervioso

Las neuronas son la unidad estructural y funcional del sistema nervioso. Una neurona típica tiene regiones bien definidas que desempeñan funciones especializadas, estas son: dendritas, soma y axón.

Las dendritas son prolongaciones cortas y ramificadas del soma. Tienen botones postsinápticos, a través de los cuales reciben señales desde otras neuronas o células.

En el soma o cuerpo celular destacan el núcleo con el nucléolo y los cuerpos de Nissl o polirribosomas, lo que indica una elevada síntesis de proteínas. En el soma, además, se forman vesículas con neurotransmisores. Las agrupaciones de somas neuronales forman la sustancia gris, que es visible en la corteza cerebral y en la médula espinal.



Neurona. Abarca B., C., Caro C., A., Fernández V., D., Flores C., S., Lepe D., C., Pepper B., L. y Poblete D., E. (2012). Biología III-IV medio. Santiago de Chile: Santillana del Pacífico.

El axón o fibra nerviosa es una ramificación del soma, más larga que las dendritas y generalmente única. Su membrana se especializa en la conducción del impulso nervioso, cuya velocidad es mayor en los axones de mayor diámetro. En el citoplasma del axón se distinguen neurofilamentos que le dan rigidez y microtúbulos que conducen las vesículas con neurotransmisores desde el soma y numerosas mitocondrias.

En su extremo terminal se ramifica formando la terminal axónica. Un conjunto de axones constituye la sustancia blanca del sistema nervioso central, y haces de ellos forman los nervios del sistema nervioso periférico.

Desde la terminal axónica del axón se transmiten las señales a otras neuronas, a los músculos o glándulas. En sus extremos se distinguen los botones presinápticos, a los que llegan, desde el soma, numerosas vesículas con neurotransmisores.

La vaina de mielina existe en la mayoría de las neuronas y está formada por varias capas de mielina, una sustancia grasa producida por células gliales: células no nerviosas que nutren y protegen a las neuronas. Estas células, llamadas células de Schwann en el Sistema Nervioso Periférico, (y oligodendrocitos en el Sistema Nervioso Central), envuelven entrecortadamente al axón y aíslan su membrana del líquido intersticial. Su presencia aumenta la velocidad de conducción del impulso nervioso.

Los nodos de Ranvier se forman por las interrupciones de la vaina de mielina; en ellos, la membrana del axón tiene contacto con el líquido intersticial y puede, por lo tanto, intercambiar sustancias con él.

2.3.1.2. Naturaleza electroquímica del impulso nervioso

Los procesos eléctricos que ocurren en las neuronas dependen de ciertas cualidades de su membrana plasmática. Como la de cualquier otra célula, su membrana está formada por una doble capa de fosfolípidos, en la que se insertan proteínas y, al igual que todas, es selectivamente permeable. Esto permite distinguir el medio intracelular del extracelular, generando gradientes o desequilibrios de concentración. Pero, a diferencia a la de otras células, la membrana neuronal es capaz de producir grandes desequilibrios de concentración de iones entre el citoplasma y el ambiente extracelular, y también de movilizar estas cargas eléctricas rápidamente. Esto es posible por: -La actividad de bombas de sodio-potasio presentes en mayor cantidad que en otras células: estas proteínas extraen activamente del citoplasma tres iones de sodio (Na^+), al tiempo que ingresan dos iones de potasio (K^+).

-Las propiedades de selectividad y direccionalidad de la membrana al transportar los iones: si se compara la membrana del axón con la de otras células, en la del axón existe una gran cantidad de canales iónicos, por los que se difunden los iones.

-La presencia del ion cloro (Cl^-) y de proteínas con carga eléctrica negativa en el citoplasma genera una carga negativa en relación con el exterior.

La generación del potencial de acción y conducción del impulso nervioso requiere los siguientes pasos:

a) Fibra nerviosa en reposo o polarizada: la distribución desigual de cargas eléctricas positivas entre ambos lados de la membrana celular genera una diferencia de voltaje o diferencia de potencial eléctrico; se dice

entonces que la membrana está polarizada, con mayor cantidad de cargas positivas en su exterior que en su interior. Esta condición se denomina potencial de reposo y se debe a que hay mayor concentración de Na^+ fuera de la neurona que dentro de ella y, por el contrario, mayor concentración de K^+ en la neurona que fuera de esta. Se suman a lo anterior la acción de la bomba de sodio-potasio y la influencia de las cargas negativas del Cl^- y de las proteínas.

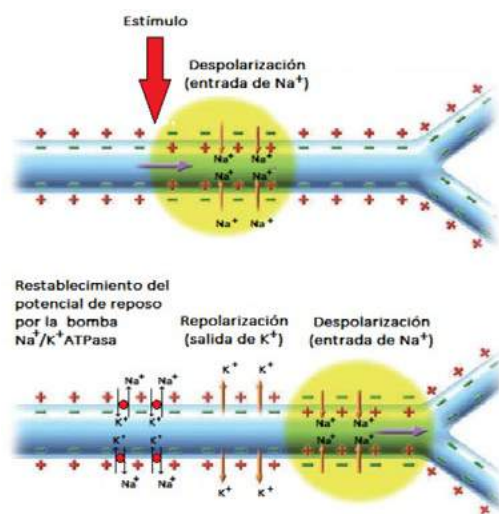
b) Generación del potencial de acción: al ser estimulada con una intensidad suficiente, la neurona sufre un cambio en la permeabilidad de su membrana. Cuando se abren los canales con puerta activados por voltaje del Na^+ , e ingresan suficientes iones de este tipo para que, en el área de ingreso a la neurona, su interior se vuelva positivo y el exterior negativo, se dice que ha ocurrido una despolarización o inversión de cargas. Ocurrida esta, rápidamente los canales de Na^+ se vuelven a cerrar, se abren los canales con puerta de K^+ y se escapan estos iones de la neurona. Al salir estas cargas positivas, el interior de la neurona vuelve a ser negativo, repolarizando la membrana. Este proceso, que dura cerca de un milisegundo, se denomina potencial de acción.

c) Conducción del impulso nervioso: el potencial de acción generado, provoca que las áreas vecinas de la membrana también inicien un proceso de despolarización y generen su propio potencial de acción. De esta manera, sucesivamente, se van produciendo a lo largo del axón potenciales de acción, los que se propagan como una onda de despolarización que viaja a lo largo de este. Esto es un impulso nervioso.

Entre las características del impulso nervioso están las siguientes:

- El impulso nervioso es bidireccional, ya que se propaga desde cualquier punto de la neurona hacia ambos extremos de la célula.
- El impulso nervioso cumple con la ley del todo o nada, es decir, la neurona siempre producirá un potencial de acción con máxima intensidad cada vez que la energía del estímulo le permita alcanzar el potencial de umbral.
- Todos los impulsos son semejantes, y el hecho de que percibamos diferentes sensaciones, como las sonoras o visuales, se debe al lugar del sistema nervioso central donde aquellos son procesados.

-La velocidad de conducción del impulso nervioso será mayor en los axones más gruesos y con vaina de mielina. Un mayor diámetro resulta en una mayor superficie de membrana y, por lo tanto, un mayor intercambio con el medio extracelular; y un axón mielinizado presenta nódulos de Ranvier, por lo que la despolarización no ocurre en toda la extensión del axón, sino que va saltando de nódulo en nódulo.



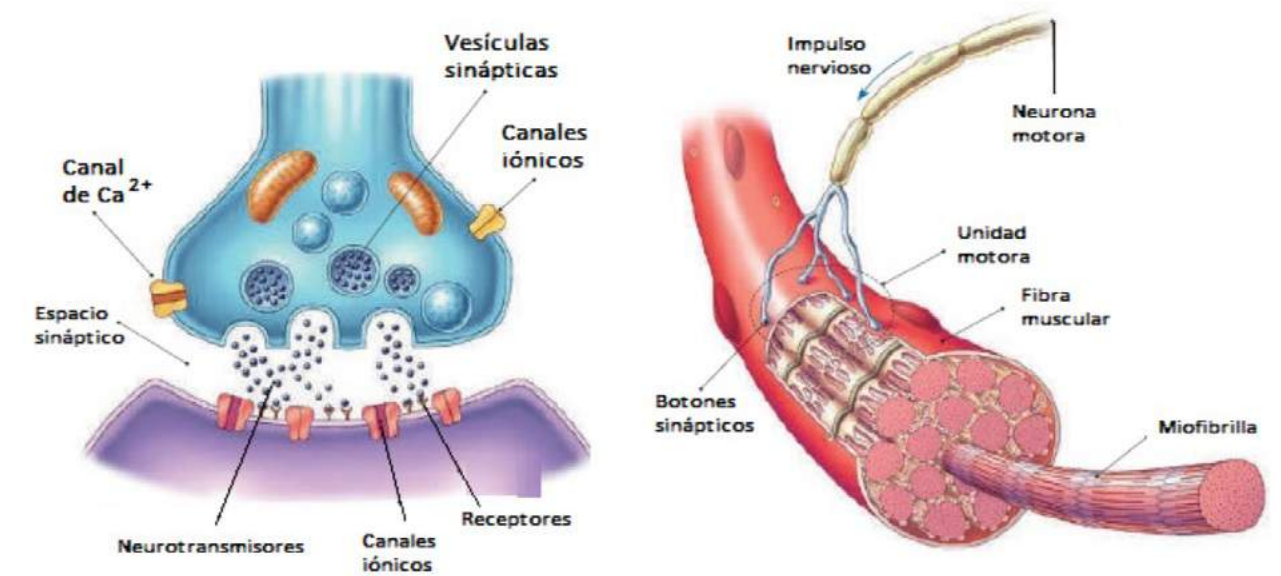
Generación de un potencial de acción (impulso nervioso). Abarca B., C., Caro C., A., Fernández V., D., Flores C., S., Lepe D., C., Pepper B., L. y Poblete D., E. (2012). Biología III-IV medio. Santiago de Chile: Santillana del Pacífico.

2.3.1.3. Sinapsis química, o la continuidad del impulso nervioso en otras neuronas

En la sinapsis química, el impulso nervioso de la neurona presináptica alcanza el botón sináptico y provoca la apertura de canales de Ca^{2+} ; estos iones ingresan a la zona terminal y desencadenan la exocitosis de neurotransmisores.

Los neurotransmisores liberados al espacio sináptico se unen a receptores específicos que se encuentran en la membrana de la neurona postsináptica. La unión neurotransmisor-receptor produce la apertura de canales iónicos en la membrana postsináptica, generando potenciales postsinápticos que pueden tener un efecto excitador o inhibitor.

Luego, los neurotransmisores son recapturados por la neurona presináptica, mediante endocitosis, o son desintegrados por enzimas especializadas, lo que evita la excitación constante de la neurona postsináptica. Una unión neuromuscular es una sinapsis química entre uno de los terminales axónicos de una neurona motora y una fibra muscular de un músculo esquelético. El conjunto de uniones neuromusculares, establecidas entre las terminaciones axónicas de una neurona con varias células musculares, se denomina unidad motora. Los impulsos nerviosos conducidos por la neurona desencadenan la contracción de las fibras inervadas y, por lo tanto, el movimiento coordinado en respuesta a un estímulo.

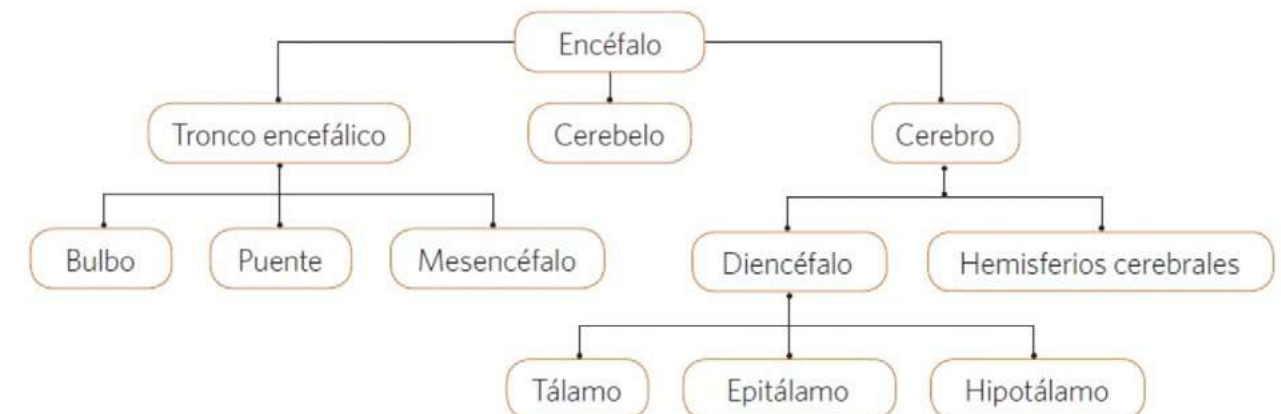


Sinapsis química y unión neuromuscular. Abarca B., C., Caro C., A., Fernández V., D., Flores C., S., Lepe D., C., Pepper B., L. y Poblete D., E. (2012). Biología III-IV medio. Santiago de Chile: Santillana del Pacífico.

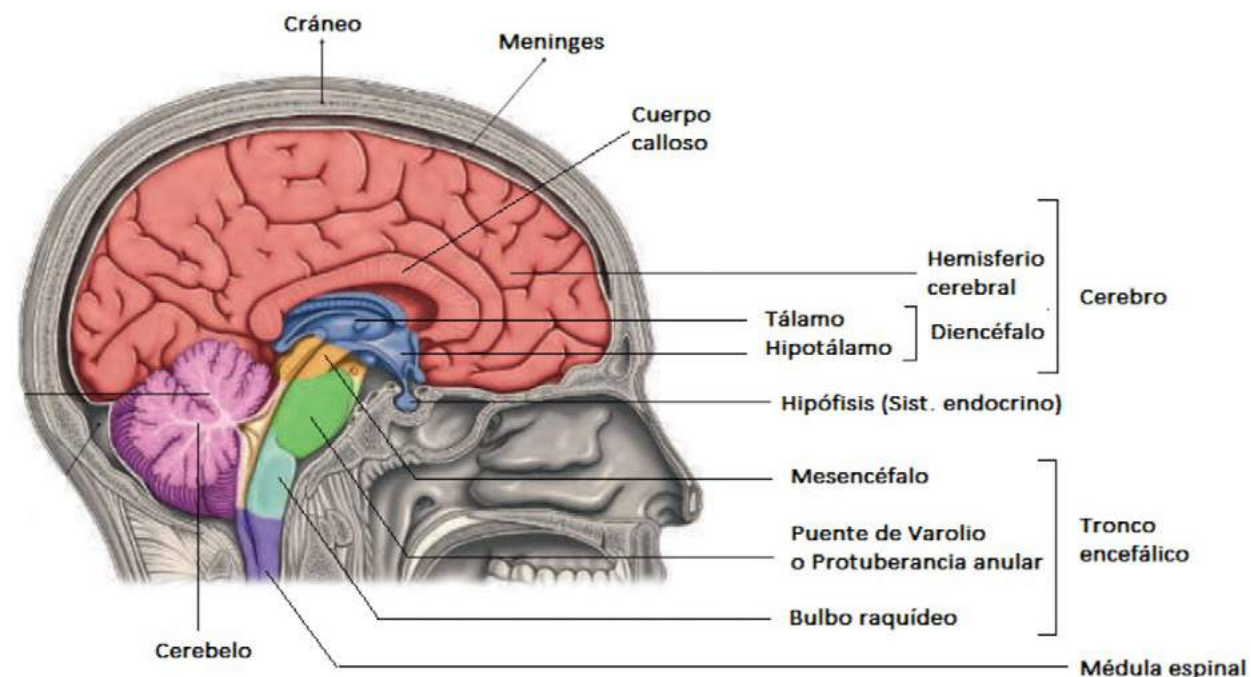
2.3.1.4. Organización del encéfalo

El Encéfalo está constituido por las estructuras superiores del sistema nervioso central, protegidas por el cráneo. Es el centro elaborador de respuestas reflejas, voluntarias y de procesos superiores, como el lenguaje, la coordinación motora, el aprendizaje, la atención y la memoria.

El Tronco encefálico (TE) se ubica sobre la médula espinal y lo componen el bulbo raquídeo, la protuberancia o puente y el mesencéfalo. Desde él emergen diez de los doce pares de nervios craneales, a través de los cuales recibe información sensorial del gusto, oído y equilibrio, además de la que proviene de las articulaciones y la piel de la cabeza. Algunos nervios craneales también transmiten información motora a los músculos del cuello y de la cabeza.



Organización del encéfalo. Abarca B., C., Caro C., A., Fernández V., D., Flores C., S., Lepe D., C., Pepper B., L. y Poblete D., E. (2012). Biología III-IV medio. Santiago de Chile: Santillana del Pacífico.



Encéfalo y estructuras anexas. Abarca B., C., Caro C., A., Fernández V., D., Flores C., S., Lepe D., C., Pepper B., L. y Poblete D., E. (2012). Biología III-IV medio. Santiago de Chile: Santillana del Pacífico.

La sustancia blanca del tronco encefálico conduce información sensorial y motora hacia y desde los centros superiores del encéfalo.

Subiendo por la médula espinal, la primera estructura del TE que se encuentra por dentro del cráneo es el Bulbo raquídeo. Entre sus funciones, interviene en el control de la presión sanguínea, mediante la regulación de la frecuencia y fuerza del latido cardíaco y del diámetro de los vasos sanguíneos. Interviene también en el control de la frecuencia del ritmo respiratorio. Controla la deglución, el vómito, el estornudo, la tos y el hipo. Por encima del bulbo, está el Puente o protuberancia. Este contiene núcleos que controlan los movimientos respiratorios. Recibe información sensorial del gusto e información táctil de la cara y el cuello. Envía información motora que controla la expresión facial. A través de su sustancia blanca, conduce información sensitiva y motora desde y hacia los centros superiores del encéfalo.

El Mesencéfalo o cerebro medio se instala en la cúspide del TC y está en la base del cerebro. Controla los movimientos de los globos oculares, así como la contracción de la pupila. Presenta núcleos que participan en funciones sensoriales de la visión y audición. Presenta centros reguladores de reflejos de los ojos, la cabeza y el cuello.

El Cerebelo es la segunda estructura en cuanto a tamaño, después del cerebro. Su sustancia gris forma una corteza muy plegada y también núcleos cerebelosos centrales, desde donde salen axones que llevan información fuera del cerebelo. La sustancia blanca es central y tiene un aspecto semejante a un árbol, por lo cual recibe el nombre de "árbol de la vida". El cerebelo recibe información sensorial, conducida por la médula, desde músculos, tendones y articulaciones; información motora desde la corteza e información del equilibrio desde el oído interno. Coordina la actividad de los músculos esqueléticos durante el movimiento y participa en el control de los movimientos oculares y en la mantención de la postura corporal.

El cerebro es la principal estructura del encéfalo, tanto por su tamaño como por la complejidad de sus funciones. Lo integran el diencéfalo y los hemisferios cerebrales izquierdo y derecho.

El Diencéfalo comprende tres estructuras: el Hipotálamo controla la secreción hormonal de la hipófisis, regula al Sistema Nervioso Autónomo controlando, por ejemplo, la temperatura corporal y las sensaciones de hambre y sed. Participa en emociones, como la rabia, y en la regulación del estado de vigilia y los patrones del sueño.

El Tálamo recibe casi todos los impulsos sensitivos y motores provenientes de otras estructuras del SNC, y los distribuye a zonas específicas de la corteza cerebral.

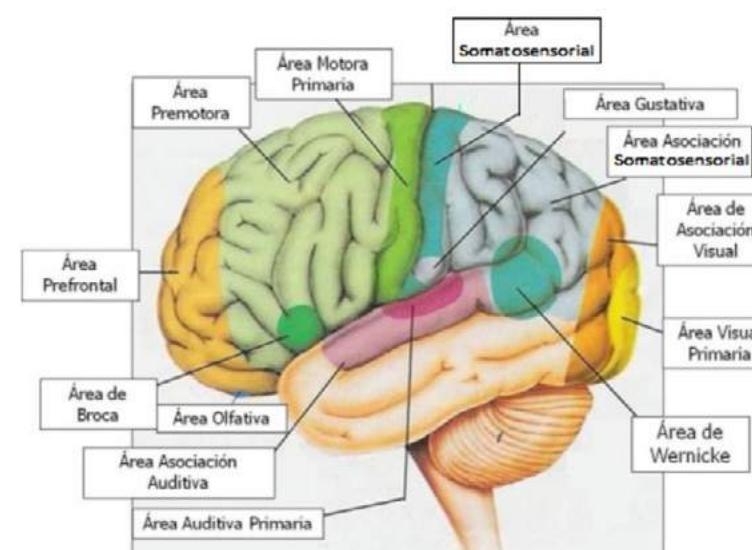
El Epitálamo pertenece al sistema límbico; tiene relación con los instintos y las emociones y contiene a la glándula pineal, que regula los estados de sueño y vigilia.

El cerebro presenta dos hemisferios cerebrales funcionalmente distintos. Además, en su interior encontramos una sustancia central blanca y una sustancia periférica de color gris.

La sustancia gris, en la superficie forma la corteza, que participa de los procesos más complejos, como el lenguaje, la memoria y la resolución de problemas. Inmersa en la sustancia blanca de los hemisferios, hay tres agrupaciones nucleares: los núcleos de la base, la amígdala y el hipocampo. Estas se relacionan con funciones motoras, la memoria y las emociones, entre otras.

La sustancia blanca, por otra parte, está formada por millones de axones mielinizados, que conectan a los distintos elementos del sistema nervioso central. Destacan el cuerpo calloso, un conjunto de axones que conecta ambos hemisferios, lo que permite que trabajen asociadamente en la coordinación de funciones.

2.3.1.5. Áreas funcionales de la corteza cerebral



Áreas funcionales de la corteza cerebral. Abarca B., C., Caro C., A., Fernández V., D., Flores C., S., Lepe D., C., Pepper B., L. y Poblete D., E. (2012). Biología III-IV medio. Santiago de Chile: Santillana del Pacífico.

A pesar de su aspecto semejante, los hemisferios se diferencian en su especialización funcional. Del hemisferio izquierdo dependen los movimientos y sensaciones del lado derecho del cuerpo, la habilidad numérica, el razonamiento lógico y los lenguajes escrito y hablado. Del hemisferio derecho dependen los movimientos y las sensaciones del lado izquierdo del cuerpo, la percepción tridimensional, el sentido artístico y la imaginación.

En la corteza de cada hemisferio se identifican cuatro lóbulos. En ellos se encuentran las áreas sensitivas, que reciben impulsos sensoriales; las áreas motoras, que controlan los movimientos voluntarios; y las áreas de asociación, que intervienen en procesos de memoria, razonamiento, lenguaje y emociones.

El Lóbulo frontal: incluye el área motora primaria, que controla los movimientos voluntarios. Además, se relaciona con la capacidad de planificar, con la inteligencia y la personalidad.

El Lóbulo parietal: incluye el área sensitiva primaria, la cual recibe información táctil de todo el cuerpo, y otras que intervienen en la sensación de equilibrio.

El Lóbulo occipital: integra la información visual.

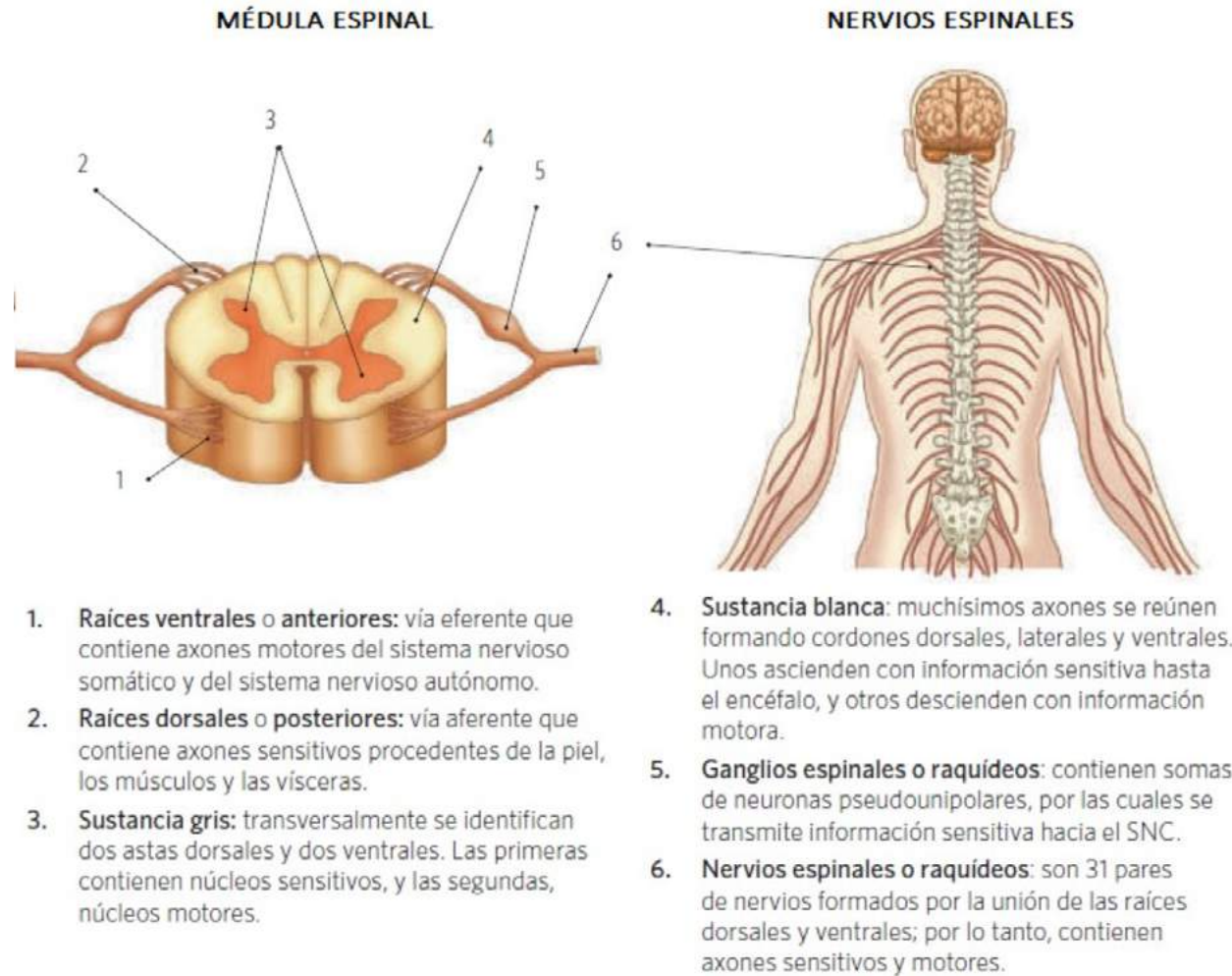
El Lóbulo temporal: integra sensaciones auditivas, memoria y emociones. Gracias a este lóbulo se puede, por ejemplo, reconocer el rostro de un ser querido.

El Área de Broca es un área motora en el lóbulo frontal izquierdo que controla los movimientos relacionados con el habla.

El Área de Wernicke es el área de asociación en el hemisferio izquierdo, relacionada con la comprensión del lenguaje. Un grupo de axones la conecta con el área de Broca.

2.3.1.6. Organización de la médula espinal

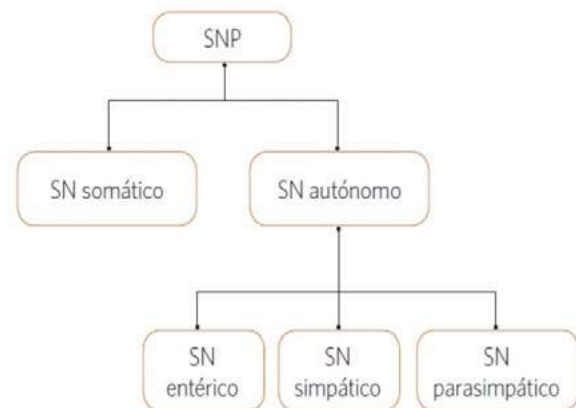
La médula espinal recorre el canal raquídeo de las vértebras, desde la base del cráneo hasta la primera vértebra lumbar, un poco más arriba de la cintura. Funciona como un centro elaborador de reflejos y conductor de impulsos nerviosos desde y hacia el encéfalo.



Organización de la médula espinal. Abarca B., C., Caro C., A., Fernández V., D., Flores C., S., Lepe D., C., Pepper B., L. y Poblete D., E. (2012). Biología III-IV medio. Santiago de Chile: Santillana del Pacífico.

2.3.1.7. Sistema nervioso periférico y sus inervaciones

El SNP está formado por ganglios o grupos de somas neuronales, y por nervios, ubicados fuera del SNC, pero conectados a este. Su función es transmitir información sensitiva hacia el SNC e información motora, desde este hacia los músculos y glándulas. El Sistema nervioso somático está formado por los nervios craneales y espinales, conduce impulsos nerviosos desde el SNC hasta la musculatura estriada, provocando los movimientos voluntarios. A su vez, transmite información sensitiva desde el resto del cuerpo al SNC.



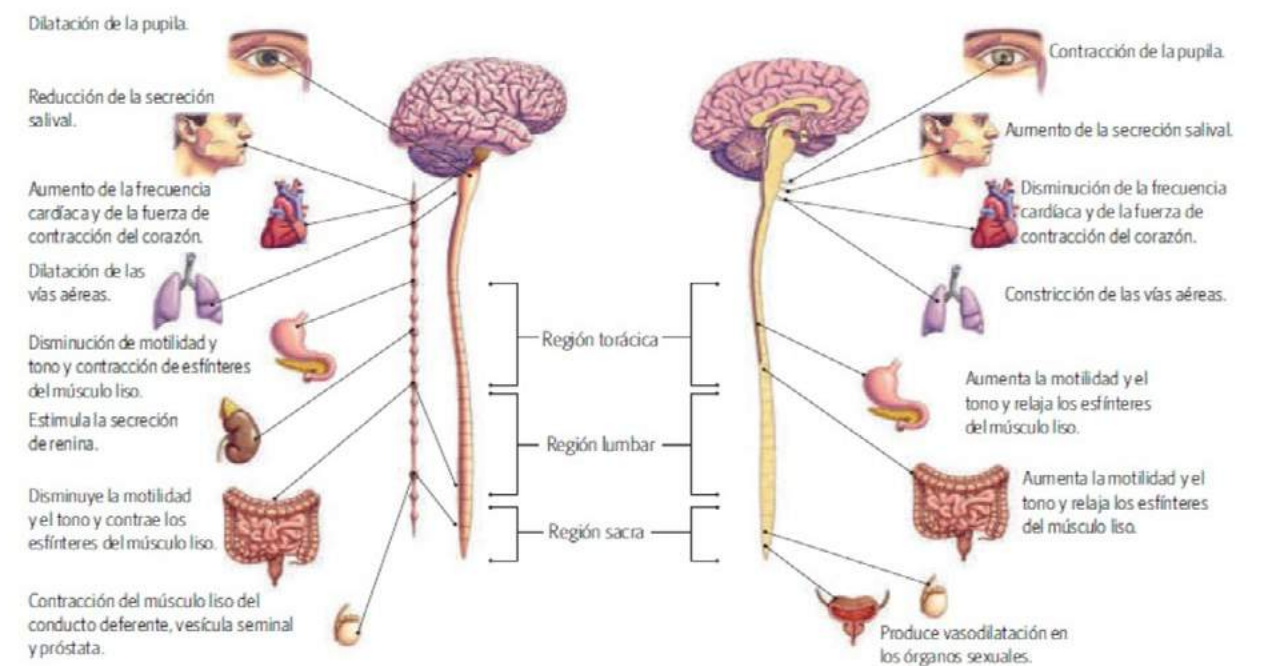
Organización del sistema nervioso periférico. Abarca B., C., Caro C., A., Fernández V., D., Flores C., S., Lepe D., C., Pepper B., L. y Poblete D., E. (2012). Biología III-IV medio. Santiago de Chile: Santillana del Pacífico.

El Sistema Nervioso Autónomo es independiente del control de la corteza cerebral, regulándose a sí mismo. Es responsable del movimiento de las vísceras y de la musculatura lisa, así como de la actividad de las glándulas exocrinas. Su centro de control es el hipotálamo, que integra información proveniente de otros elementos del SNC, especialmente del tronco encefálico. De su actividad depende la manifestación física de las emociones y la mantención de la homeostasis frente a variaciones ambientales y del medio interno. Esta última función depende de sus divisiones simpática y parasimpática, y también de las neuronas motoras de la división somática.

El Sistema Nervioso Entérico es una red neuronal que controla la actividad de la musculatura del tubo digestivo en la digestión de los alimentos. Además, es responsable de las "mariposas en el estómago" que se sienten cuando se está emocionado, pues está conectado con el sistema límbico.

El Sistema Nervioso Simpático está involucrado en actividades que requieren energía. Actúa frente a situaciones de alerta o estrés, como las que se dan ante una lucha o huida, preparando al cuerpo para combatir o correr. Su acción predomina también cuando estamos enojados o felices, y cuando estamos en una competencia deportiva.

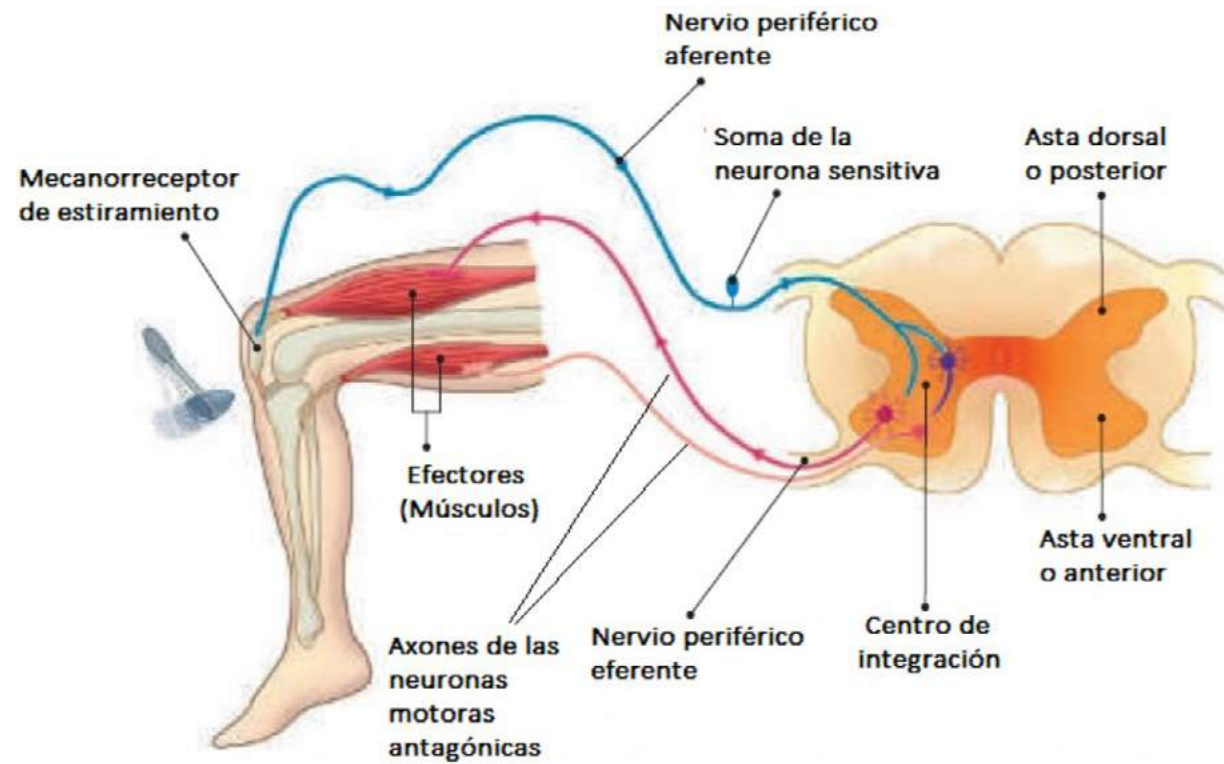
El Sistema Nervioso Parasimpático está involucrado en acciones que conservan la energía. Se conecta a los mismos órganos que el sistema nervioso simpático, pero sus acciones son opuestas; es decir, vuelve al organismo a la condición de reposo y menor consumo de energía.



Sistema nervioso autónomo simpático y parasimpático. Abarca B., C., Caro C., A., Fernández V., D., Flores C., S., Lepe D., C., Pepper B., L. y Poblete D., E. (2012). Biología III-IV medio. Santiago de Chile: Santillana del Pacífico.

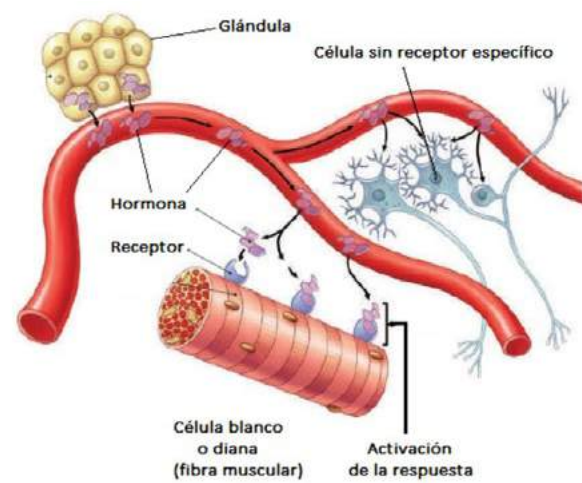
2.3.1.8. Arco reflejo

Los reflejos son respuestas musculares rápidas e involuntarias que se desarrollan ante situaciones de riesgo. A cada reflejo le corresponde un arco reflejo, un circuito formado por un órgano sensitivo o receptor, una vía aferente, un centro de integración, una vía eferente y un efector, todos conectados mediante sinapsis.



Arco reflejo. Abarca B., C., Caro C., A., Fernández V., D., Flores C., S., Lepe D., C., Pepper B., L. y Poblete D., E. (2012). Biología III-IV medio. Santiago de Chile: Santillana del Pacífico.

2.3.2. Sistema endocrino



Modelo general de acción hormonal. Chaucón A., M.E. y Vargas C., R.I. (2013). Biología 2º educación media. Texto del estudiante. Santiago de Chile: Santillana del Pacífico.

El Sistema endocrino también participa elaborando respuestas, pero actúa de manera más lenta y sostenida en el tiempo que el Sistema nervioso. Se compone especialmente de células endocrinas, las cuales se agrupan y forman glándulas endocrinas. La acción del sistema endocrino ayuda a controlar el crecimiento y el desarrollo corporal. Además, verifica otras funciones orgánicas, como la reproducción; los niveles de energía del organismo; algunas reacciones a las condiciones ambientales y al estrés, y el equilibrio interno de diferentes rangos químicos y físicos (homeostasis)

2.3.2.1. Mecanismos de acción hormonal

Las hormonas actúan sobre aquellas células que tienen receptores específicos para ellas, las llamadas células diana o blanco. Una hormona específica puede hacerlo solo sobre uno o algunos tipos celulares y en cada uno desencadenar respuestas diferentes. Existen dos mecanismos fundamentales que las hormonas emplean para ejercer su acción sobre las células diana: unión a receptores intracelulares y unión a receptores de membrana. Estos dependen de la naturaleza química de la hormona y de la ubicación de su receptor en la célula diana

Hormonas de origen peptídico (proteicas)

1. Las hormonas peptídicas no pueden difundir a través de la membrana plasmática y, por lo tanto, sus receptores se ubican en la superficie externa de la membrana de la célula blanco.
2. La unión de la hormona al receptor desencadena una cascada de señales en el citoplasma de la célula.
3. La cascada de señales puede producir la modificación del metabolismo celular, aumentar o disminuir la secreción de sustancias, entre otras.

Hormonas de origen lipídico (esteroidales)

1. Las hormonas liposolubles atraviesan por difusión la membrana plasmática de las células diana y se unen a receptores ubicados habitualmente en el núcleo de la célula.
2. Al unirse la hormona con el receptor, se forma un complejo que activa la expresión de genes.
3. La activación de ciertos genes estimula la síntesis de una proteína que puede modificar el metabolismo celular, aumentar o disminuir la secreción de sustancias, entre otras.

Mecanismos de acción hormonal. Chaucón A., M.E. y Vargas C., R.I. (2013). Biología 2º educación media. Texto del estudiante. Santiago de Chile: Santillana del Pacífico.

2.3.2.2. Glándulas endocrinas e interacciones hormonales

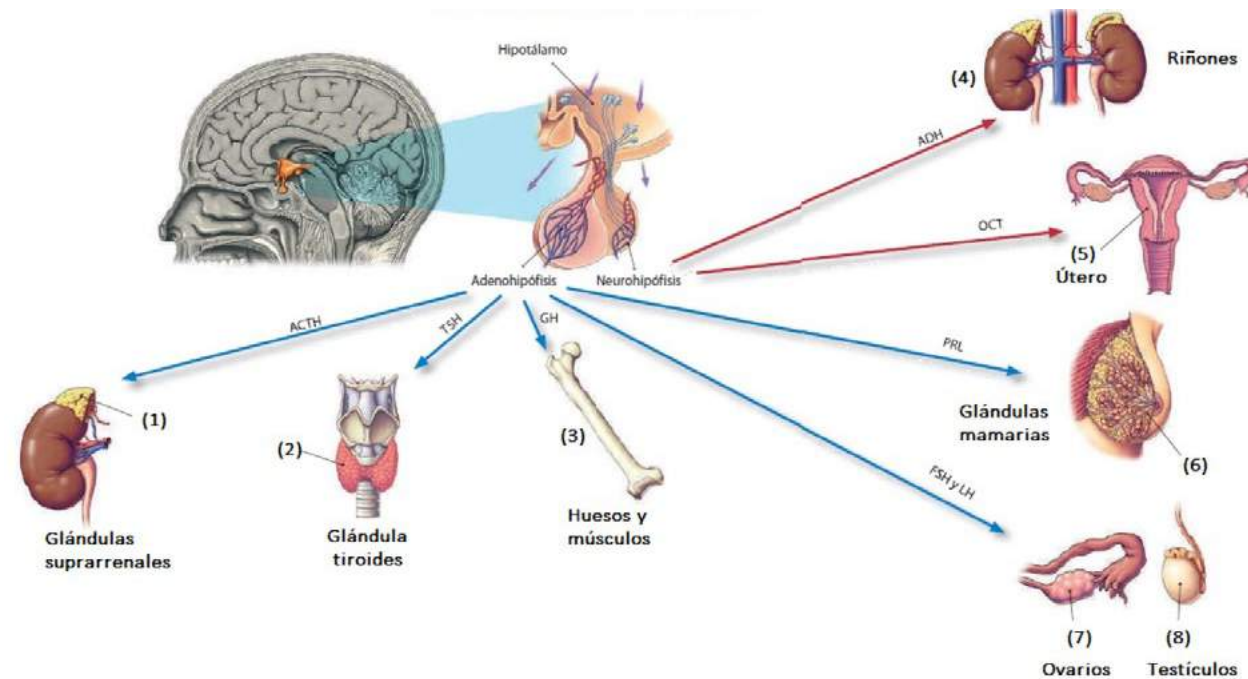
El Sistema endocrino está constituido por una serie de glándulas que en su gran mayoría están coordinadas por el hipotálamo.

El Hipotálamo se ubica en la base del cerebro y se conecta con la hipófisis, controlando la secreción de hormonas en esta glándula a través de neurohormonas. Estas últimas pueden ser de dos tipos: factores liberadores, si estimulan la secreción hormonal por parte de la hipófisis, o factores inhibidores, si la inhiben. Estos factores son transportados hasta la hipófisis por una red de vasos sanguíneos que se denomina sistema porta hipotalámico-hipofisiario.

La Hipófisis se ubica bajo el hipotálamo; es muy pequeña y su masa es un poco menor a medio gramo. Está formada por tres partes, dos de las cuales son sus lóbulos principales: lóbulo anterior o adenohipófisis y lóbulo posterior o neurohipófisis. Es una glándula fundamental, pues regula la mayor parte de los procesos

biológicos mediante las hormonas que secreta.

La adenohipófisis produce dos tipos de hormonas: las tróficas, que son las que estimulan la secreción de otras glándulas endocrinas, y las no tróficas, que actúan directamente sobre las células blanco. Por su parte, la neurohipófisis almacena y luego libera dos hormonas producidas por el hipotálamo: ADH (hormona antidiurética) y OCT (oxitocina).



Eje hipotálamo-hipofisario. Chaucón A., M.E. y Vargas C., R.I. (2013). Biología 2º educación media. Texto del estudiante. Santiago de Chile: Santillana del Pacífico.

(1) Glándulas suprarrenales. La hormona adrenocorticotrofica (ACTH) es producida por la adenohipófisis y estimula las glándulas suprarrenales para producir glucocorticoides y andrógenos.

(2) Glándula tiroides. La hormona estimulante de la tiroides (TSH) es producida por la adenohipófisis y estimula la tiroides para producir triyodotironina y tiroxina (T3 y T4, respectivamente). Estas hormonas no tienen un órgano blanco específico, y en su lugar, aumentan el metabolismo de todas las células del cuerpo.

(3) Huesos y músculos. La hormona del crecimiento (GH) es producida por la adenohipófisis y promueve el crecimiento esquelético y muscular. Además, promueve el metabolismo de las grasas.

(4) Riñones. La hormona antidiurética (ADH) es producida en el hipotálamo, pero es almacenada y liberada en la neurohipófisis. Su función es estimular la reabsorción de agua en los riñones.

(5) y (6) Útero y glándulas mamarias. La hormona oxitocina (OCT) es producida en el hipotálamo, pero al igual que la ADH, es almacenada y liberada en la neurohipófisis. Su función es estimular las contracciones durante el parto, y durante la lactancia facilita la salida de leche en respuesta a la succión.

(6) Glándulas mamarias. La prolactina (PRL) es producida de manera abundante por la adenohipófisis solamente después del parto. Su función es estimular las glándulas mamarias para que se desarrollen y produzcan leche.

(7) Ovarios y testículos. La hormona estimulante de folículos (FSH) y la hormona luteinizante (LH) son producidas en la adenohipófisis y estimulan a las gónadas para producir gametos y hormonas sexuales. La liberación de estas hormonas está regulada por el factor liberador de gonadotropinas

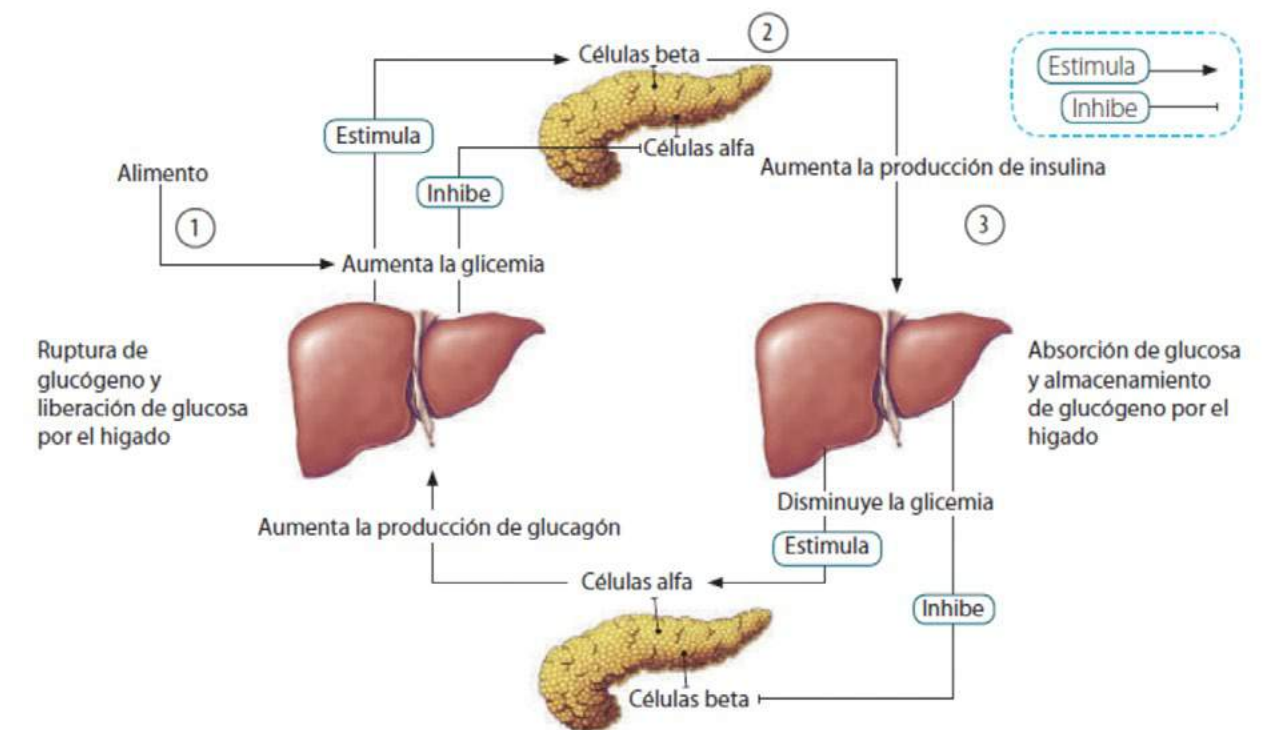
(GnRH) producido en el hipotálamo.

2.3.2.3. Control pancreático de la glicemia

El páncreas es una glándula mixta, es decir, presenta características de las glándulas endocrina y exocrina. En su función exocrina produce enzimas digestivas que forman parte del jugo pancreático, el cual se vierte hacia el intestino a través del conducto pancreático.

Las células endocrinas del páncreas se hallan dispuestas en agrupaciones denominadas islotes de Langerhans. Estos contienen diferentes tipos de células que secretan hormonas diferentes: Las células β secretan insulina. Las células α secretan glucagón. Las células secretan somatostatina, mientras que las células restantes secretan otros tipos de péptidos.

A continuación se describen las funciones de dos de las hormonas importantes en la regulación de los niveles de glucosa en la sangre: la insulina y el glucagón.



Regulación endocrina de la glucosa sanguínea. Chaucón A., M.E. y Vargas C., R.I. (2013). Biología 2º educación media. Texto del estudiante. Santiago de Chile: Santillana del Pacífico.

La insulina se secreta en respuesta a un aumento en la cantidad de glucosa circulante en la sangre. Su efecto es hipoglicemiante, es decir, facilita el ingreso y utilización de glucosa en las células, lo que disminuye los niveles de glucosa sanguínea. Además, la insulina estimula el almacenamiento de glucosa en forma de glucógeno en las células musculares y hepatocitos (células del hígado).

El glucagón ejerce un efecto contrario a la insulina. Esta hormona se secreta cuando la glicemia disminuye, estimulando la degradación del glucógeno almacenado en el hígado y en el músculo para obtener glucosa, la que se libera a la sangre. El glucagón ejerce un efecto hiperglicemiante, lo que aumenta la concentración de glucosa circulante.

2.3.2.4. Control de las secreciones hormonales

Para mantener el equilibrio del medio interno (homeostasis), la secreción de hormonas debe activarse y desactivarse según las necesidades del organismo.

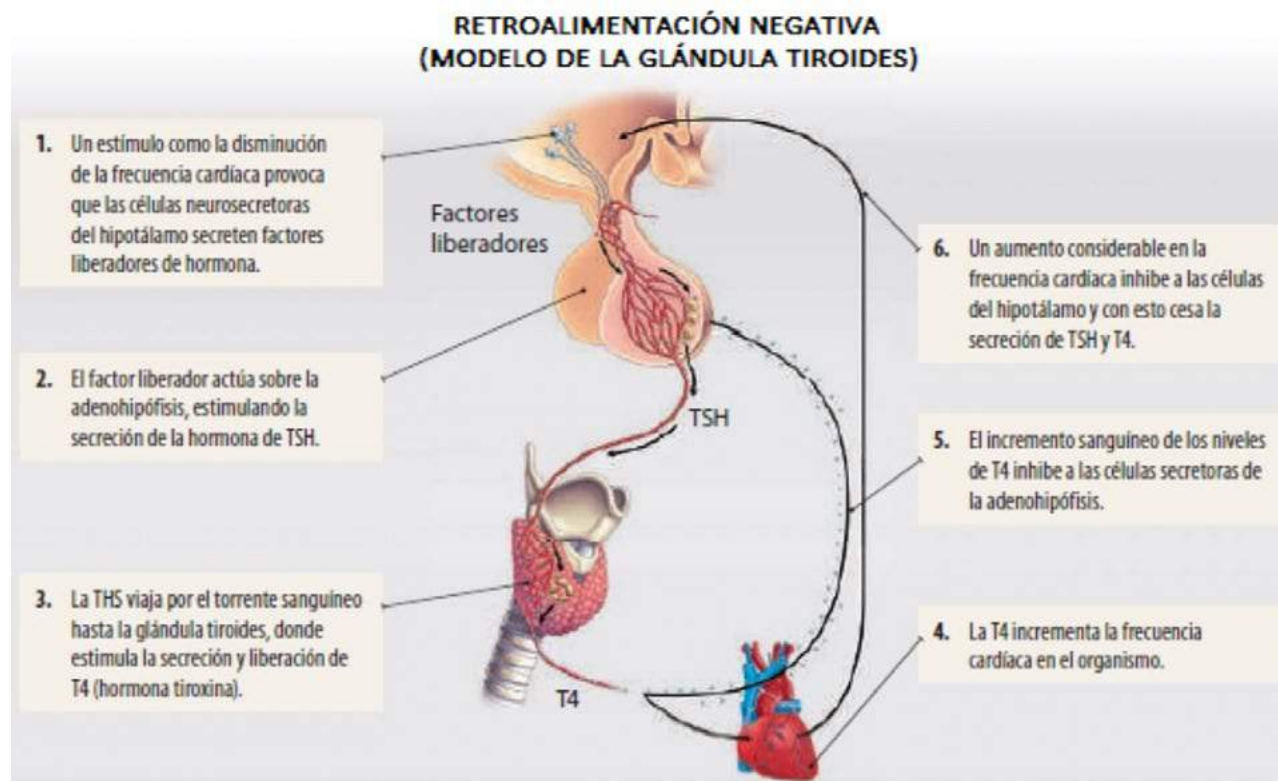
Si bien las hormonas se liberan a la sangre en pequeñas concentraciones, son capaces de generar importantes cambios en el funcionamiento del organismo. Por lo tanto, es necesario que su secreción esté finamente regulada para mantener la homeostasis.

La coordinación entre el requerimiento de una hormona y su secreción se realiza mediante dos mecanismos de regulación: la regulación humoral y la regulación nerviosa.

La regulación humoral se basa en la detección de la concentración de las hormonas en la sangre o de las sustancias producidas en las células blanco, como respuesta. Este tipo de regulación incluye dos mecanismos: retroalimentación (o feedback) negativa y retroalimentación positiva.

La Retroalimentación negativa ocurre cuando la glándula endocrina detecta que la respuesta de la célula blanco (o la concentración hormonal circulante) es baja, se estimula la secreción por parte de la glándula. Por el contrario, si se produce un aumento en la respuesta de la célula blanco (o en la concentración hormonal circulante), se inhibe la secreción hormonal. La síntesis de la mayoría de las hormonas se regula a través de este mecanismo.

A continuación se ilustra un ejemplo de retroalimentación negativa.



Retroalimentación negativa (modelo de la glándula tiroides). Chaucón A., M.E. y Vargas C., R.I. (2013). Biología 2º educación media. Texto del estudiante. Santiago de Chile: Santillana del Pacífico.

ACTIVIDADES

- Si al caminar sientes dolor porque te has clavado una espina, y levantas el pie, ¿cuál es el recorrido de la información desde que tu organismo capta el estímulo hasta que produce la respuesta?
- ¿Por qué el hipotálamo es tan importante para la regulación de la homeostasis?:
- La gráfica presentada representa los cambios en la polaridad de la membrana citoplasmática de un axón luego de ser estimulado.

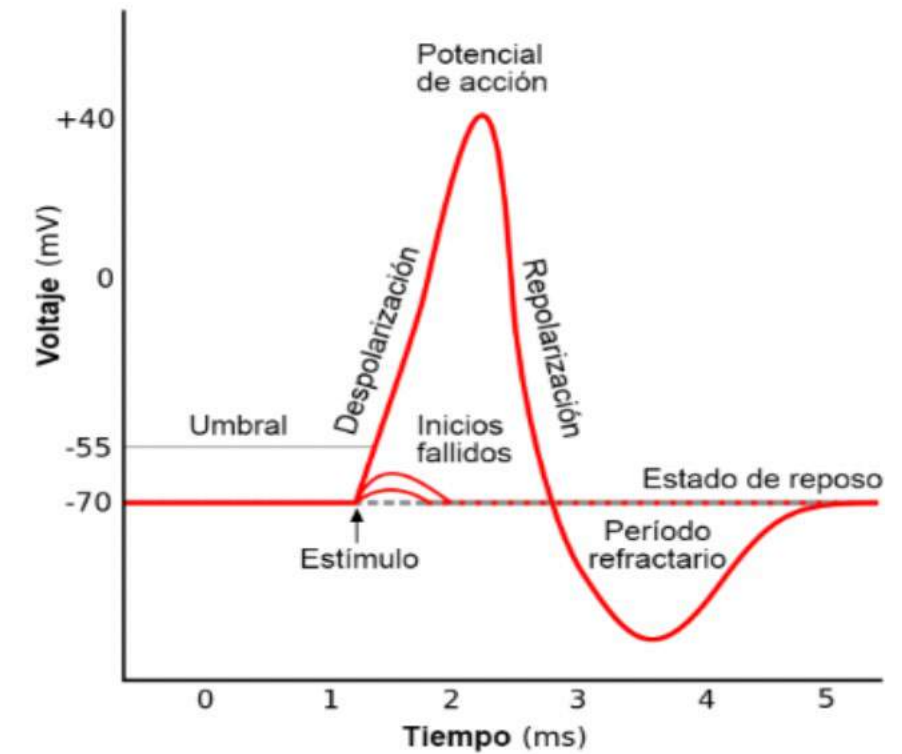
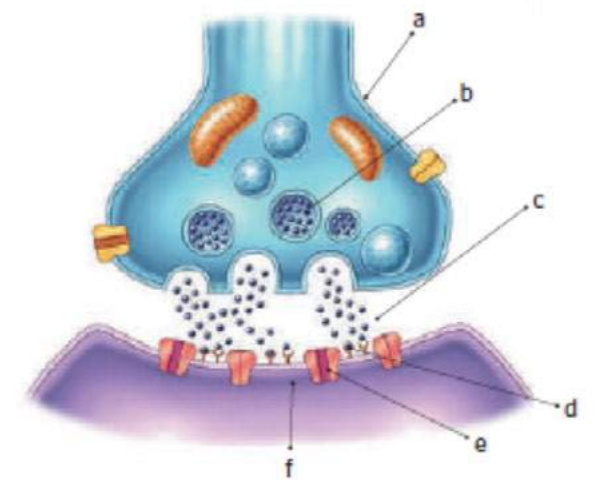


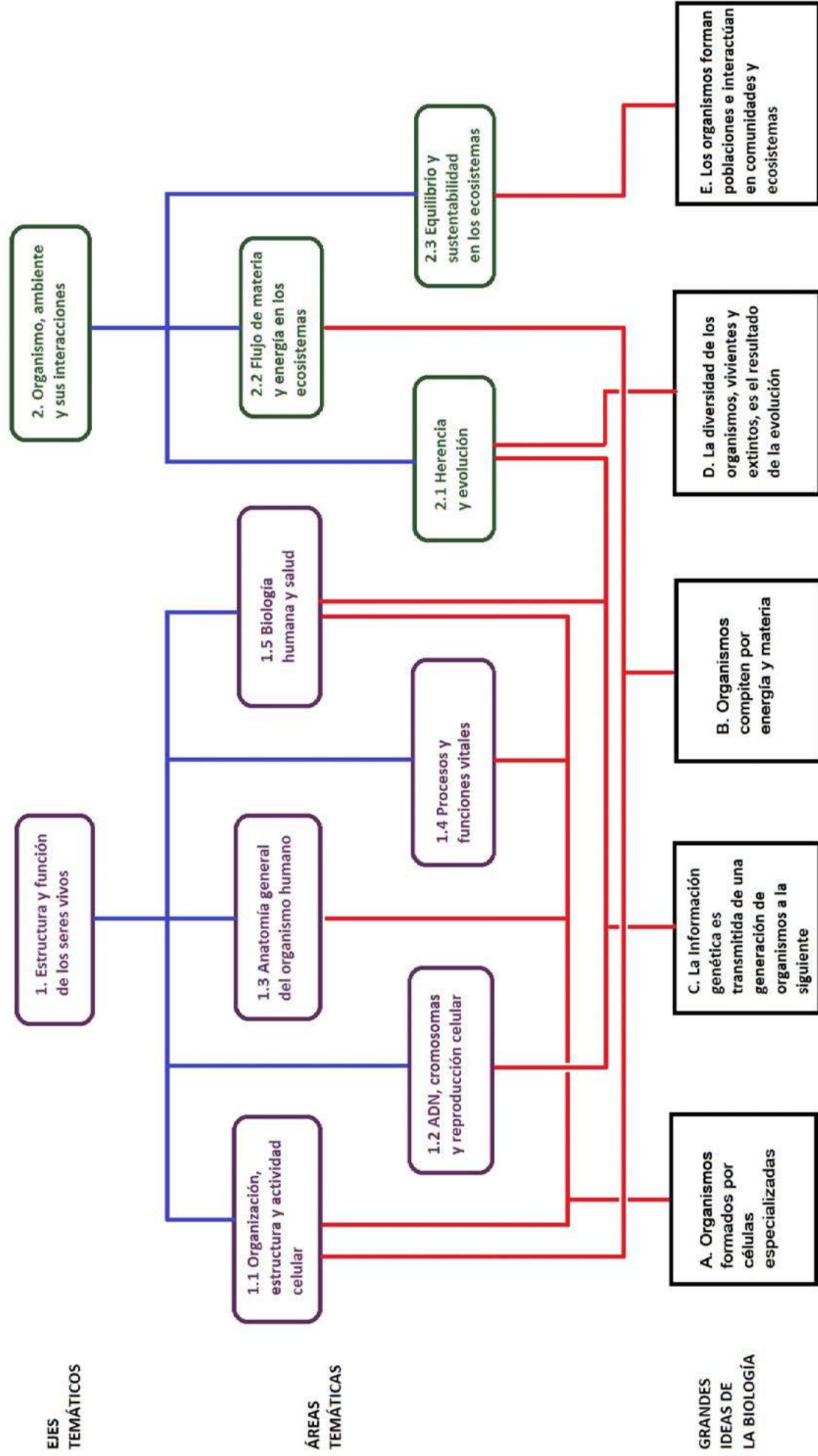
Gráfico potencial de acción, adaptado de Abarca B., C., Caro C., A., Fernández V., D., Flores C., S., Lepe D., C., Pepper B., L. y Poblete D., E. (2012). Biología III-IV medio. Santiago de Chile: Santillana del Pacífico.

- ¿Qué iones se movilizan y hacia qué lado de la membrana, durante la despolarización? Explique.
 - ¿Qué iones se movilizan y en qué sentido de la membrana, durante la repolarización? Explique.
 - ¿Qué proceso restablece el potencial de reposo de la membrana? Describa.
- 4) Observe la imagen y responda a las siguientes preguntas:
- Escriba los nombres de los componentes indicados.
 - ¿Qué ocurre a nivel de la membrana presináptica para promover la liberación del neurotransmisor? ¿Qué provoca en la membrana postsináptica la unión del neurotransmisor con el receptor?
 - ¿Cómo es evitada la excitación constante de la neurona postsináptica?.



Sinapsis química, adaptado de Abarca B., C., Caro C., A., Fernández V., D., Flores C., S., Lepe D., C., Pepper B., L. y Poblete D., E. (2012). Biología III-IV medio. Santiago de Chile: Santillana del Pacífico.

- ¿Qué rol cumple el "eje hipotálamo-hipofisiario" en el control hormonal?
- ¿Qué papel juega el sistema circulatorio en la liberación de las hormonas?
- ¿Qué ocurriría si, producto de una alteración, la adenohipofisis dejara de producir la hormona del crecimiento, o bien, secretara esta hormona en exceso? Explica ambas situaciones.



Ámbito curricular de la Biología, elaboración propia

BIBLIOGRAFÍA Y LINKOGRAFÍA

- Acevedo-Díaz, J.A.(2017). Sobre los modelos científicos como mediadores. LatinoamericaDivulga. <https://www.researchgate.net/publication/317098315> (10/11/2018).
- Aguilar, J. (1988). Guía didáctica de elaboración de textos. (1ª edición). México: Coordinación Nacional para la Planeación de la Educación Superior.
- Alberts, B., Bray, D., Hopkin, K., Johnson, A., Lewis, J., Raff, M., Roberts, K., y Walter, P. (2010). Introducción a la Biología Celular (3ª ed.). Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana.
- Audesirk, T., Audesirk, G. y Byers E., B. (2008). Biología. La vida en la Tierra (8ª ed.). México D.F.: Pearson.
- Becker, W.M., Kleinsmith, L. J. y Hardin, J. (2007). El mundo de la célula (6ª ed.). Madrid: Pearson.
- Couso, D. (2014). De la moda de "aprender indagando" a la indagación para modelizar: una reflexión crítica. XXVI Encuentro de Didáctica de las Ciencias Experimentales. Huelva (Andalucía).
- De Robertis, E.D.P. (2005). Biología celular y molecular (15ª ed.). Buenos Aires: El Ateneo.
- Fundar (2001). ¿Cómo hacer guías didácticas? Tirúa: Fundación Educacional Arauco.
- Gagnetten, A.M., Imhof, A., Marini, M.del R., Zabala, J.M., Tomas, P., Amavet, P., Ravera,L. y Ojea, N. (2015). Biología. Conceptos básicos. Universidad Nacional del Litoral.
- Garrido y Gómez (eds.). Biología, 1º curso. Texto del estudiante. Quito: Editorial Don Bosco/EDEBE
- Garritz, A. (2010). Indagación: las habilidades para desarrollarla y promover el aprendizaje. Educación química, 21(2), 106-110.
- Harlen, W. (ed.) (2010).Principios y grandes ideas de la educación en ciencias. Winne Harlen.
- López V., M.A. y Pereda N., S. (2013). Biología 1º educación media. Texto del estudiante. Santiago de Chile: Santillana del Pacífico.
- Medline Plus (2019). Respuesta inmunitaria. A.D.A.M. Inc. <https://medlineplus.gov/spanish/ency/article/000821.htm> (30/01/2019)
- Moreira, M.A., Greca, I.M. y Rodríguez P., M.L. (2002). Modelos mentales y modelos conceptuales en la enseñanza & aprendizaje de las ciencias. XX Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales, La Laguna, Tenerife.
- Nowicki, S. (2010). Biología. Austin, Texas: Holt McDougal.
- Pocock. G. y Richards, C.D. (2002). Fisiología Humana. La base de la Medicina. Barcelona: Masson.
- Proeva (s/f). Elementos constitutivos de la guía didáctica. Universidad de la República Uruguay. <https://eva.udelar.edu.uy/mod/page/view.php?id=1024> (10/11/2-018).
- Vilee, C.A. (1996). Biología (8ª ed.). México D.F.: McGraw-Hill Interamericana Editores.







