



Instituto Superior Tecnológico
San Gabriel

**CONDICIÓN
UNIVERSITARIO**



LÍDER EN EDUCACIÓN SUPERIOR

GUÍA DE ESTUDIO BIOLOGÍA GENERAL

Tecnólogo Superior en Imagenología y Radiología

Profesor:

Miguel Alejandro Barreno Segovia

Juan Diego Satán Gavilánez

Wilson Sebastián Baño Soto

TECNOLÓGICO SAN GABRIEL
0999868985 / 032943100 - Loja y Villarroel

Riobamba - Ecuador



INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO SAN GABRIEL

Rector

Ing. Mauro Gavilánez Hernández. Mgs.

Vicerrectora

PhD. Ximena Cangas

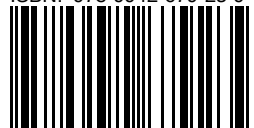
Director de investigación

Ing. Luis Freire

Directora de Prácticas, titulación y Vinculación con la Sociedad

Ing. Patricia Cáceres

ISBN: 978-9942-679-23-9



9789942679239

Reservados todos los derechos. Está prohibido, bajo las sanciones penales y el resarcimiento civil previstos en las leyes, reproducir, registrar o transmitir esta publicación, íntegra o parcialmente, por cualquier sistema de recuperación y por cualquier medio, sea mecánico, electrónico, magnético, electroóptico, por fotocopia o por cualquier otro, sin la autorización previa por escrito del INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO SAN GABRIEL.

Copyright © 2024

Instituto Superior Tecnológico “San Gabriel”, matriz Riobamba-Ecuador

Loja 19-28 entre Olmedo y Villarroel.

Teléfonos (593 3) 2943100

www.sangabrielriobamba.edu.ec

Copyright © 2024

Centro de Investigación y Desarrollo Ecuador

Tel.: + (593) 04 2037524

<http://www.cidecuador.org>

ISBN: 978-9942-679-23-9

<https://doi.org/10.33996/cide.ecuador.GB2679239>

Dirección editorial: Lic. Pedro Misacc Naranjo, Msc.

Coordinación técnica: Lic. María J. Delgado

Diseño gráfico: Lic. Danissa Colmenares

Diagramación: Lic. Alba Gil

Fecha de publicación: diciembre, 2024

TECNOLÓGICO SAN GABRIEL
0999868985 / 032943100 - Loja y Villarroel


Riobamba - Ecuador



senescyt
Secretaría Nacional de Educación Superior,
Ciencia, Tecnología e Innovación



El Centro de Investigación y Desarrollo Ecuador (CIDE), a través de su Editorial Radicación N° 73452 certifica por medio de la presente que el libro:

Título:	Guía de estudio: Biología General
Autora:	Miguel Alejandro Barreno Segovia Juan Diego Satán Gavilánez Wilson Sebastián Baño Soto
ISBN:	978-9942-679-23-9
Formato:	Digital
Fecha de publicación:	Diciembre 2024
Código de barras:	ISBN: 978-9942-679-23-9  9789942679239

Fue evaluado por el Comité Académico y Científico de CIDE EDITORIAL y fue **ACEPTADO** para su publicación, el proceso de revisión de pares contempló aspectos relacionados con la temporalidad, normalidad de contenido, coherencia, estilo, formato sobre el tema seleccionado.

El Comité Académico y Científico está conformado por:

Dra. Hernández
Dra. Osorio


Lic. Pedro Misacc Naranjo, MSc.
**COORDINADOR DE PUBLICACIONES
EDITORIAL-CIDE**



Presentación

Es un privilegio darles la bienvenida a este nuevo periodo académico el cual va a significar esfuerzo, sacrificio económico, familiar y personal, solo con el fin de alcanzar ser un profesional íntegro y comprometido con la sociedad, puesto que, es aquí donde empieza el reto de sobresalir día a día como el mejor de los alumnos, que estudia una carrera que les gusta y apasiona.

Hoy queridos alumnos, con gran entusiasmo y alegría comienzan las actividades propuestas en esta guía de estudio, orientadas a fomentar el desarrollo integral de lo cognitivo, afectivo y social, para formar personas con identidad, capaces de incidir en su entorno y de convertirse en actores sociales como estudiantes del Instituto Superior Tecnológico “San Gabriel”, condición Universitario.

Ing. Mauro Gavilánez Hernández. Mgs

Rector

Instituto Superior Tecnológico “San Gabriel”, condición Universitario.

Contenido

Presentación	4
Introducción	9

Unidad 1

Clasificación y nomenclatura de los seres vivos

1.1 Características que identifican a los seres vivos	11
1.2 Fronteras de la vida	13
1.3 Moléculas que generan vida	15
1.4 Instrumentos que conducen al interior de la célula	16
1.5 Un recorrido por la célula	18
1.6 Núcleo y división celular	20
1.7 Acción del hombre sobre el ecosistema	23

Unidad 2

La base celular de la vida

2.1 Introducción a la biología: temas y conceptos	26
2.2 Los componentes básicos de las moléculas	28
2.3 Interacciones intermoleculares	31
2.4 Bases moleculares de la vida	31
2.5 Elementos de organización de la materia	35

Unidad 3

Introducción a la estructura y función celular

3.1 ¿Cómo se estudian las células?	42
3.2 Comparación de células procariotas y eucariotas	44
3.3 Células eucariotas	45
3.4 Membrana celular	48
3.5 Transporte pasivo y transporte activo	52

Unidad 4

Obtención de energía celular

4.1 Energía y metabolismo	57
4.2 Glucólisis	58
4.3 Respiración celular	59
4.4 Ciclo del ácido cítrico y fosforilación oxidativa	60
4.5 Respiración anaeróbica	60
4.6 Fermentación	61
4.7 Conexiones con otras vías metabólicas	61
Bibliografía	70

Índice de figuras

Figura 1	Características de los seres vivos	13
Figura 2	Biomoléculas	16
Figura 3	Microscopio biológico Basic Bs40	18
Figura 4	La célula animal	20
Figura 5	División celular	22
Figura 6	División del citoplasma	22
Figura 7	Comparación del ADN vs ARN	32
Figura 8	Estructura de las proteínas	33
Figura 9	Grupos de lípidos	34
Figura 10	Grupo de carbohidratos	35
Figura 11	Célula animal y célula vegetal	46
Figura 12	Estructura de la membrana celular	48
Figura 13	Transporte activo y transporte pasivo	52
Figura 14	Endocitosis	56
Figura 15	Anabolismo y catabolismo	57
Figura 16	Glucólisis	59
Figura 17	Respiración celular	60
Figura 18	Tomografía por emisión de positrones	66

Índice de tablas

Tabla 1	Elementos de organización de la materia	35
Tabla 2	Biología celular	42
Tabla 3	Diferencias entre las células procariotas y eucariotas	44
Tabla 4	Semejanzas entre las células procariotas y eucariotas	45
Tabla 5	Estructura de las células eucariotas	46
Tabla 6	Comparación transporte activo y pasivo	56

Introducción

La biología es la ciencia que estudia la vida y los seres vivos, proporcionando una base esencial para múltiples disciplinas, incluida la imagenología y la radiología. En estos campos especializados, el conocimiento biológico es crucial para comprender los fundamentos de los organismos vivos, interpretar con precisión las imágenes médicas y aplicar tratamientos adecuados.

El estudio de la clasificación y nomenclatura de los seres vivos nos permite identificar y categorizar los organismos, facilitando la comunicación y el análisis en el ámbito médico. Conocer las características que definen a los seres vivos y las moléculas que generan vida es fundamental para interpretar las imágenes a nivel celular y molecular.

Un enfoque detallado en la estructura y función celular, así como en los procesos metabólicos, proporciona a los profesionales de imagenología y radiología la capacidad de analizar y entender mejor las patologías que afectan a los tejidos y órganos del cuerpo humano. Además, la comprensión de cómo los organismos obtienen y utilizan la energía es vital para evaluar el estado metabólico y funcional de los pacientes.

Esta guía de estudio abarca desde la organización básica de la vida hasta los complejos procesos celulares y metabólicos, ofreciendo un conocimiento integral que es indispensable para el desarrollo profesional en imagenología y radiología.

Clasificación y nomenclatura de los seres vivos

La clasificación y nomenclatura de los seres vivos constituyen elementos esenciales en el estudio de la biología, proporcionando los fundamentos necesarios para comprender la diversidad y la organización de la vida en nuestro planeta. A lo largo de la historia, los científicos han desarrollado diversos sistemas para agrupar a los organismos según sus características compartidas. Estos sistemas no solo organizan el conocimiento biológico, sino que también permiten establecer relaciones evolutivas entre diferentes especies.

La necesidad de una nomenclatura estandarizada surge de la diversidad y complejidad de la vida en la Tierra. Un sistema de nombres científicos permite a los investigadores y estudiantes de biología comunicarse de manera clara y precisa sobre especies específicas, evitando confusiones que podrían surgir con nombres comunes que varían según la región o el idioma.

A medida que la tecnología ha avanzado, también lo han hecho los métodos para clasificar a los seres vivos. Desde las primeras clasificaciones basadas en observaciones

morfológicas hasta los modernos análisis genéticos y filogenéticos, cada avance ha ampliado nuestra comprensión de la diversidad biológica y de las relaciones evolutivas entre los organismos.

En esta exploración de la clasificación y nomenclatura de los seres vivos, los estudiantes se sumergirán en conceptos fundamentales como los criterios para definir la vida, las características compartidas que definen a los distintos grupos taxonómicos y los desafíos actuales en la clasificación de organismos complejos y microscópicos. A través de ejemplos prácticos y ejercicios de aplicación, se animará a los estudiantes a reflexionar sobre la importancia de la clasificación en el contexto de la biología moderna y su papel crucial en la conservación y el estudio de la biodiversidad global.

1.1 Características que identifican a los seres vivos

Los seres vivos, desde los microorganismos más simples hasta las formas de vida más complejas, comparten una serie de características fundamentales que los distinguen de la materia inanimada. Estas características no solo definen lo que constituye un organismo vivo, sino que también reflejan la increíble diversidad y adaptabilidad de la vida en la Tierra. A continuación, se exploran las principales características que identifican a los seres vivos:

- **Organización celular:** todos los seres vivos están compuestos por una o más células. Esta organización celular puede variar desde organismos unicelulares, como las bacterias y las levaduras, hasta organismos multicelulares altamente complejos, como las plantas y los animales.

- **Metabolismo:** los seres vivos realizan metabolismo, es decir, un conjunto de reacciones químicas que les permite obtener y utilizar energía para mantener sus funciones vitales. Estas reacciones incluyen la obtención de nutrientes, la producción de energía a través de procesos como la respiración celular o la fotosíntesis, y la eliminación de desechos.
- **Homeostasis:** los organismos vivos son capaces de mantener un equilibrio interno relativamente constante, a pesar de las fluctuaciones en el entorno externo. Esto se logra a través de mecanismos reguladores que controlan variables como la temperatura corporal, el pH y la concentración de nutrientes.
- **Irritabilidad o respuesta a estímulos:** los seres vivos responden a cambios en su entorno mediante la capacidad de detectar estímulos y ajustar su comportamiento en consecuencia. Esto puede incluir respuestas simples, como el movimiento hacia o alejándose de un estímulo (tropismo), hasta respuestas más complejas, como las respuestas nerviosas en animales.
- **Crecimiento y desarrollo:** los organismos vivos experimentan crecimiento a lo largo de su vida, aumentando en tamaño y complejidad estructural. Además, los seres vivos también pasan por procesos de desarrollo que implican cambios coordinados y progresivos en la morfología y la función a lo largo del tiempo.
- **Reproducción:** todos los seres vivos tienen la capacidad de reproducirse, es decir, de generar descendencia similar a ellos mismos. La reproducción puede ser sexual, que involucra la combinación de material genético de dos progenitores, o asexual, donde un solo individuo puede generar descendencia genéticamente idéntica.
- **Adaptación y evolución:** los seres vivos muestran la capacidad de adaptarse a su entorno a lo largo del tiempo, a través del proceso de evolución. Las adaptaciones pueden ser tanto estructurales como comportamentales, permitiendo a los organismos mejorar su capacidad para sobrevivir y reproducirse en un ambiente cambiante.

Figura 1
Características de los seres vivos.



Estas características son fundamentales para definir lo que constituye la vida y proporcionan una base sólida para la comprensión de la diversidad biológica y la complejidad de los sistemas vivos en nuestro planeta.

1.2 Fronteras de la vida

El concepto de las fronteras de la vida en biología destaca la importancia fundamental de la célula como unidad básica de los seres vivos. Reconocida como la estructura elemental que define la vida, la célula establece un marco crucial para explorar y comprender los límites difusos entre lo que se considera vivo y lo que no. A pesar de los avances científicos, aún existen entidades que desafían nuestra definición tradicional de seres vivos. Estas fronteras incluyen:

- **Virus:** entidades biológicas que carecen de metabolismo propio y dependen de células hospedadoras para replicarse. Aunque contienen material genético y pueden evolucionar, los virus no son considerados organismos vivos por sí mismos debido a su dependencia celular.
- **Priones:** agentes infecciosos compuestos exclusivamente de proteínas mal plegadas que pueden inducir cambios conformacionales en otras proteínas similares, causando enfermedades neurodegenerativas. Aunque cuestionan los límites de la vida, los priones no son entidades celulares completas.
- **Viroides:** moléculas de ARN circular que infectan plantas y, a diferencia de los virus, no codifican proteínas. Dependientes de la maquinaria celular del hospedador, los viroides desafían las categorías convencionales de vida al no ser organismos celulares.
- **Organismos extremófilos:** microorganismos capaces de vivir en condiciones ambientales extremas como altas temperaturas, altas presiones, o ambientes ácidos o alcalinos, desafiando las condiciones habituales para la vida y demostrando la adaptabilidad celular extrema.

El estudio de estas fronteras no solo amplía nuestro entendimiento de la diversidad biológica, sino que también influye en la búsqueda de vida en otros planetas y en la evolución de nuevas tecnologías biológicas. La célula, como la unidad elemental de la vida, juega un papel central en este análisis al definir los límites dentro de los cuales se evalúan estas fronteras y se reconsidera qué significa verdaderamente estar vivo.

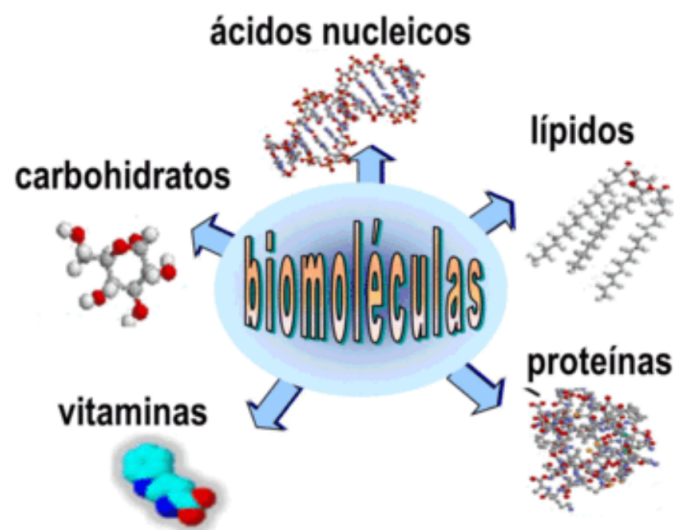
1.3 Moléculas que generan vida

Las moléculas que generan vida son componentes fundamentales para la existencia y funcionamiento de los seres vivos. Aunque no existe una única molécula que sea responsable por sí sola de la vida, algunas moléculas clave que desempeñan roles esenciales en los procesos biológicos incluyen:

- **Ácidos nucleicos (ADN y ARN):** son macromoléculas que almacenan y transmiten la información genética. El ADN (ácido desoxirribonucleico) codifica la información genética heredada de generación en generación, mientras que el ARN (ácido ribonucleico) actúa en la síntesis de proteínas y en la regulación de la expresión génica.
- **Proteínas:** son moléculas fundamentales para la estructura, función y regulación de las células y los tejidos. Las proteínas están compuestas por cadenas de aminoácidos y desempeñan una variedad de roles, desde enzimas que catalizan reacciones químicas hasta transportadores que mueven moléculas a través de las membranas celulares.
- **Lípidos:** son componentes importantes de las membranas celulares y actúan como reservas de energía. Los lípidos incluyen grasas, fosfolípidos y esteroides, y son esenciales para mantener la integridad estructural de las células y regular procesos metabólicos.
- **Carbohidratos:** son moléculas que proporcionan energía y estructura. Los carbohidratos incluyen azúcares simples (monosacáridos), como la glucosa, que son utilizados como fuente de energía inmediata, así como polisacáridos, como el almidón y el glucógeno, que sirven como reservas de energía a largo plazo.
- **Coenzimas y cofactores:** son moléculas pequeñas o iones que ayudan a las enzimas a realizar reacciones químicas específicas dentro de las células. Ejemplos incluyen el

ATP (adenosín trifosfato), una molécula que transporta energía dentro de las células, y el NAD⁺ (nicotinamida adenina dinucleótido), que participa en reacciones de transferencia de electrones.

Figura 2
Biomoléculas.



Estas moléculas interactúan de manera compleja y coordinada para mantener la homeostasis, permitir el crecimiento y la reproducción, y responder a estímulos ambientales. La complejidad y la interdependencia de estas moléculas reflejan la base química fundamental de la vida en la Tierra.

1.4 Instrumentos que conducen al interior de la célula

Los instrumentos que permiten estudiar y penetrar en el interior de la célula han revolucionado nuestro entendimiento sobre la biología celular. Estos instrumentos incluyen:

- **Microscopio óptico:** este instrumento utiliza luz visible para magnificar estructuras celulares hasta 1000 veces su tamaño original, permitiendo la observación de células vivas y tejidos mediante lentes ópticas.
- **Microscopio electrónico:** utiliza haces de electrones en lugar de luz visible para obtener imágenes de mayor resolución. El microscopio electrónico puede revelar detalles ultraestructurales de la célula, como orgánulos y membranas, a escalas de nanómetros.
- **Microscopio de fluorescencia:** emplea luz ultravioleta o láseres para excitar fluoróforos específicos en las células, generando imágenes de alta resolución y permitiendo el estudio de procesos biológicos a nivel molecular dentro de la célula.
- **Microscopio confocal:** similar al de fluorescencia, pero con la capacidad de enfocar en planos específicos de la muestra mediante una abertura pequeña, lo que reduce la dispersión de la luz y mejora la resolución axial. Es ideal para estudios tridimensionales de estructuras celulares y tejidos.
- **Microscopio de Fuerza Atómica (AFM):** utiliza una sonda mecánica extremadamente fina para explorar la superficie celular a nivel nanoscópico, permitiendo la visualización de estructuras celulares y la medición de fuerzas intermoleculares.
- **Microscopio de superresolución:** emplea técnicas avanzadas para superar el límite de difracción de la luz, permitiendo la observación de estructuras celulares a escalas mucho menores que las posibles con microscopios convencionales.

Figura 3
Microscopio biológico Basic Bs40.



Estos instrumentos no solo han ampliado nuestro conocimiento sobre la estructura y función celular, sino que también han facilitado el avance en áreas como la biología molecular, la microbiología y la medicina, revelando los misterios del mundo subcelular con una precisión sin precedentes.

1.5 Un recorrido por la célula

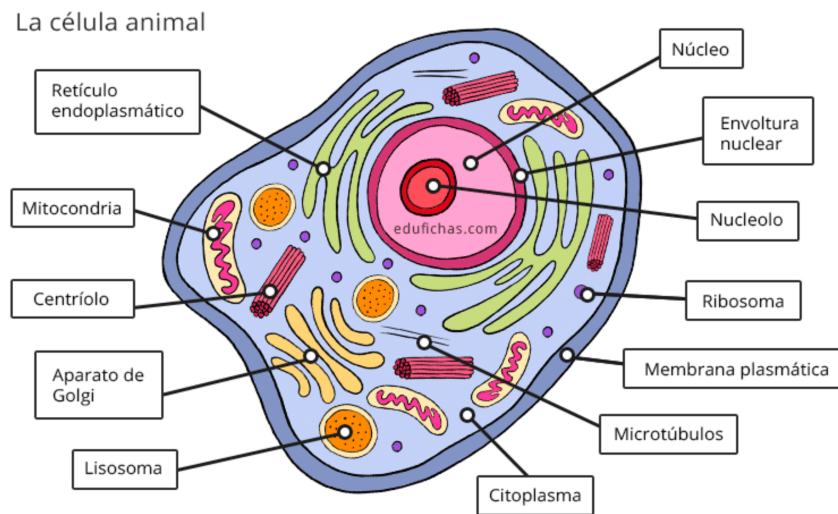
La célula, unidad fundamental de todos los seres vivos, presenta una complejidad organizativa sorprendente que puede explorarse en varios niveles:

- **Membrana celular:** la membrana celular, compuesta principalmente por fosfolípidos y proteínas, delimita y protege el interior de la célula. Actúa como una barrera selectiva que regula el paso de moléculas hacia adentro y hacia afuera, manteniendo la homeostasis celular.

- **Citoplasma:** este fluido gelatinoso, que ocupa el espacio entre la membrana celular y el núcleo, alberga diversos orgánulos celulares. Entre ellos se encuentran:
 - **Mitocondrias:** conocidas como las "centrales energéticas" de la célula, las mitocondrias producen adenosín trifosfato (ATP) a través de la respiración celular, aprovechando la energía de los nutrientes.
 - **Retículo Endoplasmático:** Este sistema de membranas interconectadas se divide en liso y rugoso (con ribosomas unidos), implicados respectivamente en la síntesis de lípidos y proteínas.
 - **Aparato de Golgi:** modifica, empaqueta y distribuye proteínas y lípidos producidos en la célula, facilitando su transporte dentro y fuera de ella.
 - **Núcleo:** el núcleo, rodeado por una membrana nuclear porosa, alberga el ADN organizado en cromosomas. Controla las actividades celulares, regulando la expresión génica mediante la transcripción del ADN en ARN y la síntesis de proteínas.

- **Orgánulos menores:** además de los principales, existen orgánulos más pequeños que desempeñan funciones específicas, como:
 - **Ribosomas:** sintetizan proteínas a partir de instrucciones del ARN mensajero.
 - **Lisosomas:** contienen enzimas digestivas para la degradación de moléculas no deseadas.
 - **Citoesqueleto:** red de filamentos que proporciona soporte estructural, facilita el movimiento celular y coordina divisiones celulares.

Figura 4
La célula animal.



Este recorrido revela la organización altamente estructurada y dinámica de la célula, donde cada componente desempeña un papel crucial en mantener la vida y realizar funciones especializadas. El estudio de la célula no solo revela sus complejidades internas, sino también las bases fundamentales que sustentan la biología y la comprensión de los organismos vivos en su conjunto.

1.6 Núcleo y división celular

El núcleo y la división celular son procesos fundamentales que aseguran la supervivencia y la reproducción de las células, respectivamente. Aquí se detalla cómo funcionan estos procesos:

Núcleo

El núcleo es un orgánulo central en las células eucariotas, rodeado por una membrana nuclear que separa su contenido del citoplasma. Las principales funciones del núcleo incluyen:

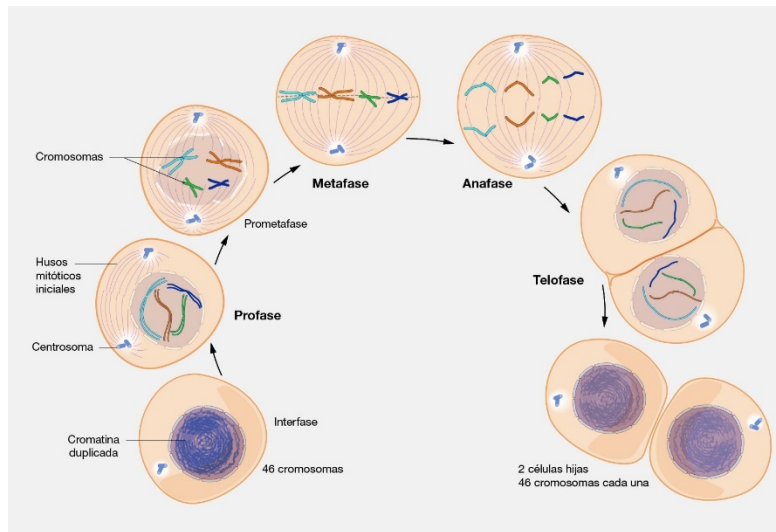
- **Almacenamiento y protección del ADN:** el núcleo alberga el material genético de la célula en forma de cromosomas. El ADN está organizado en estos cromosomas, que contienen genes responsables de la herencia y la regulación de la actividad celular.
- **Regulación de la expresión génica:** el núcleo controla qué genes se transcriben en ARN mensajero (ARNm), un proceso crucial para la síntesis de proteínas y el funcionamiento celular adecuado.
- **Síntesis de ARN y Ribosomas:** además de transcribir ADN en ARNm, el núcleo también produce ARN ribosómico (ARNr) y ARN transferente (ARNt), que son esenciales para la síntesis de proteínas en los ribosomas.

División celular

La división celular es el proceso mediante el cual una célula madre se divide en dos células hijas. Este proceso se divide en dos etapas principales:

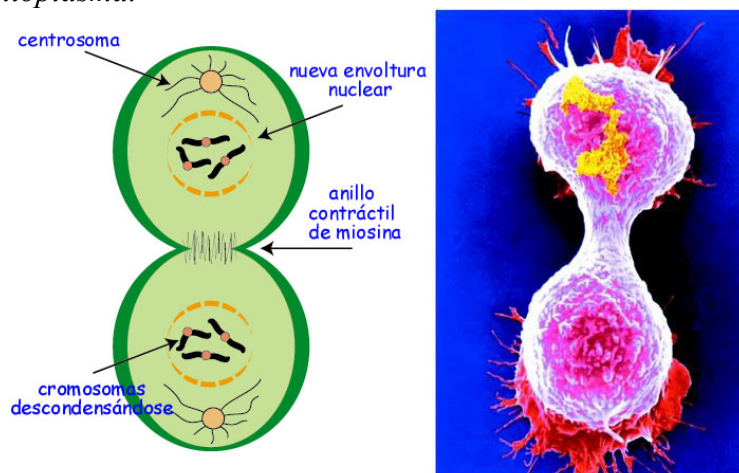
- **Mitosis:** durante la mitosis, el contenido nuclear y citoplasmático de la célula madre se divide de manera equitativa entre las dos células hijas. La mitosis consta de varias fases: profase, metafase, anafase y telofase, durante las cuales los cromosomas se alinean, se separan y se redistribuyen en las células hijas.

Figura 5
División celular.



- **Citocinesis:** es el proceso de división del citoplasma y los orgánulos celulares entre las células hijas después de completarse la mitosis. En las células animales, esto implica la formación de un surco de división que se contrae para dividir completamente la célula, mientras que, en las células vegetales, se forma una placa celular que separa las células hijas.

Figura 6
División del citoplasma.



La división celular asegura el crecimiento y desarrollo de los organismos multicelulares, así como la reparación de tejidos y la renovación celular en organismos unicelulares. Estos

procesos son regulados cuidadosamente para mantener la integridad genética y funcional de las células a lo largo de las generaciones.

1.7 Acción del hombre sobre el ecosistema

La acción del hombre sobre el ecosistema ha tenido profundas repercusiones, transformando significativamente los entornos naturales a nivel global. Estas acciones incluyen:

- **Deforestación:** la tala de árboles a gran escala para la agricultura, la urbanización y la obtención de recursos madereros ha llevado a la pérdida de hábitats naturales, la disminución de la biodiversidad y el aumento de la desertificación.
- **Contaminación:** la liberación de sustancias químicas y desechos industriales, así como la contaminación atmosférica y acuática por residuos domésticos, agrícolas e industriales, ha afectado la calidad del agua, del aire y del suelo, poniendo en peligro la salud humana y la biodiversidad.
- **Cambio climático:** las actividades humanas, como la quema de combustibles fósiles y la deforestación, han aumentado la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera. Esto provoca cambios climáticos globales, como el aumento de la temperatura media del planeta, el derretimiento de los casquetes polares y la acidificación de los océanos, afectando los ecosistemas marinos y terrestres.
- **Sobrepesca y degradación de ecosistemas acuáticos:** la pesca intensiva y la destrucción de hábitats acuáticos, como los arrecifes de coral y los manglares, han agotado las poblaciones de peces, afectando la seguridad alimentaria y la biodiversidad marina.

- **Introducción de especies exóticas:** la introducción deliberada o accidental de especies no nativas en nuevos ecosistemas puede provocar desequilibrios ecológicos, desplazando a especies autóctonas y alterando las cadenas alimentarias locales.
- **Urbanización y fragmentación del hábitat:** la expansión urbana y la construcción de infraestructuras, como carreteras y represas, fragmentan los hábitats naturales, aislando poblaciones animales y vegetales y reduciendo la conectividad entre ecosistemas.

Además, las radiaciones, tanto naturales como artificiales, también afectan al medio ambiente y a los seres vivos de diversas maneras:

- **Radiación ionizante:** proviene de fuentes naturales, como la radiación cósmica y la radiación terrestre, así como de actividades humanas, como la industria y los accidentes nucleares. Esta radiación puede tener efectos nocivos sobre la salud de los seres vivos, provocando mutaciones genéticas, cáncer y daño celular irreversible.
- **Radiación Ultravioleta (UV):** emitida por el sol, la radiación UV es crucial para procesos biológicos como la fotosíntesis y la síntesis de vitamina D en los seres humanos. Sin embargo, la disminución de la capa de ozono debido a la contaminación atmosférica ha aumentado la exposición a niveles peligrosos de radiación UV, contribuyendo al aumento de casos de cáncer de piel y daños en la vida marina.
- **Contaminación electromagnética:** la creciente utilización de tecnologías como las antenas de telefonía móvil, las redes Wi-Fi y otros dispositivos electrónicos ha aumentado la contaminación electromagnética en el entorno. Aunque los efectos a largo plazo aún están siendo investigados, se han planteado preocupaciones sobre posibles efectos negativos en la salud humana y en los ecosistemas naturales.

- **Radiación infrarroja:** esencial para el equilibrio térmico del planeta, la radiación infrarroja también puede ser influenciada por actividades humanas que alteran el balance energético global, como las emisiones de gases de efecto invernadero que contribuyen al calentamiento global y al cambio climático.

Estos impactos subrayan la importancia de gestionar y mitigar los efectos de las radiaciones en el medio ambiente, así como de adoptar prácticas sostenibles que protejan la salud de los ecosistemas y promuevan la calidad de vida a nivel global.

La base celular de la vida

2.1 Introducción a la biología: temas y conceptos

La Biología es la ciencia que estudia a los seres vivos y sus procesos vitales. Se ocupa de entender la estructura, función, crecimiento, origen, evolución y distribución de los organismos vivos. La biología es esencial para comprender la vida en todas sus formas y niveles, desde las moléculas hasta los ecosistemas. Tiene aplicaciones en la medicina, la agricultura, la conservación del medio ambiente y la biotecnología, entre otros campos.

Los seres vivos se caracterizan por su organización en niveles jerárquicos de complejidad, desde células hasta organismos completos. Poseen metabolismo, que es el conjunto de reacciones químicas que ocurren en el organismo para mantener la vida. Mantienen la homeostasis, que es la capacidad de mantener un ambiente interno estable. Los organismos crecen y se desarrollan, aumentando de tamaño y madurando. También se reproducen, generando descendencia, y responden a estímulos, mostrando habilidad para reaccionar a cambios en el entorno. Además, los seres vivos presentan adaptación evolutiva, que son

cambios en las características de una especie a lo largo del tiempo que aumentan su capacidad de sobrevivir y reproducirse.

Los principios de la biología incluyen la teoría celular, que establece que todos los seres vivos están formados por células y que la célula es la unidad básica de la vida. La teoría de la evolución explica cómo los organismos cambian a lo largo del tiempo a través de la selección natural y otros mecanismos. La genética y la herencia estudian cómo los rasgos se transmiten de una generación a otra a través del material genético. La homeostasis se refiere a la capacidad de los organismos para mantener un equilibrio interno a pesar de los cambios externos. Por último, las interacciones bióticas y abióticas se refieren a cómo los organismos interactúan entre sí y con su entorno no vivo.

La biología se organiza en varios niveles de complejidad. A nivel molecular, se estudian átomos y moléculas esenciales para la vida, como el ADN, proteínas, lípidos y carbohidratos. A nivel celular, las células son la unidad básica de la vida. El nivel tisular incluye conjuntos de células similares que cumplen una función específica. El nivel orgánico abarca estructuras compuestas por diferentes tipos de tejidos que realizan una función específica. El nivel de sistemas de órganos comprende conjuntos de órganos que trabajan en conjunto para realizar funciones complejas. El nivel organizmático se refiere al individuo completo. A nivel poblacional, se estudian grupos de individuos de la misma especie que viven en una misma área. El nivel comunitario incluye conjuntos de diferentes poblaciones que interactúan en un área. El nivel ecosistémico abarca la comunidad y su entorno abiótico. Finalmente, la biósfera incluye todos los ecosistemas de la Tierra.

En cuanto a los métodos de estudio en biología, se incluyen la observación detallada de los organismos en su entorno natural, la experimentación mediante pruebas controladas para investigar hipótesis biológicas, los modelos teóricos que son representaciones simplificadas de sistemas biológicos para comprender procesos complejos, y la biología computacional que utiliza algoritmos y modelos computacionales para analizar datos biológicos.

La biología se divide en diversas ramas, como la biología molecular que estudia los procesos biológicos a nivel molecular, la genética que es la ciencia de la herencia y la variación en los organismos, la microbiología que se enfoca en el estudio de microorganismos, la zoología que estudia a los animales, la botánica que se dedica al estudio de las plantas, la ecología que investiga las relaciones entre los organismos y su entorno, y la fisiología que se centra en el estudio de las funciones y mecanismos en los organismos vivos.

La historia de la biología incluye observaciones básicas de la naturaleza y primeros intentos de clasificación de los seres vivos en la antigüedad, avances limitados pero importantes en el conocimiento biológico durante la Edad Media y el Renacimiento, y el desarrollo de la teoría celular, la teoría de la evolución, la genética y la biotecnología moderna en la era moderna.

2.2 Los componentes básicos de las moléculas

Las moléculas son la base de la materia y están compuestas por combinaciones de átomos. Para entender cómo funcionan las moléculas, es esencial conocer sus componentes básicos y cómo se organizan.

Átomos: los bloques de construcción

Los átomos son las unidades más pequeñas de un elemento que conservan sus propiedades químicas. Están compuestos por tres tipos de partículas subatómicas:

- **Protones:** partículas con carga positiva que se encuentran en el núcleo del átomo.
- **Neutrones:** partículas sin carga, también ubicadas en el núcleo.
- **Electrones:** partículas con carga negativa que orbitan alrededor del núcleo.

Elementos químicos

Los elementos químicos son sustancias formadas por átomos del mismo tipo. La tabla periódica clasifica todos los elementos conocidos según sus propiedades. Cada elemento se define por su número atómico, que es el número de protones en su núcleo.

Enlaces químicos

Los átomos se combinan para formar moléculas a través de enlaces químicos. Existen varios tipos de enlaces, los más comunes son:

- **Enlace covalente:** se forma cuando dos átomos comparten uno o más pares de electrones.
- **Enlace iónico:** se produce cuando un átomo cede electrones a otro, creando iones con carga positiva y negativa que se atraen entre sí.

- Enlace de hidrógeno: un tipo de enlace débil que se forma entre un átomo de hidrógeno unido covalentemente a un átomo electronegativo y otro átomo electronegativo cercano.

Moléculas y compuestos

Moléculas: son conjuntos de dos o más átomos unidos por enlaces covalentes. Pueden ser elementos (O_2) o compuestos (H_2O).

Compuestos: son sustancias formadas por átomos de diferentes elementos combinados en proporciones fijas (CO_2 , $NaCl$).

Grupos funcionales

En química orgánica, los grupos funcionales son átomos o grupos de átomos que confieren propiedades químicas específicas a las moléculas. Algunos de los grupos funcionales más importantes son:

- Hidroxilo ($-OH$): presente en los alcoholes.
- Carbonilo ($C=O$): presente en aldehídos y cetonas.
- Amino ($-NH_2$): presente en las aminas y aminoácidos.
- Carboxilo ($-COOH$): presente en los ácidos carboxílicos.

2.3 Interacciones intermoleculares

Además de los enlaces químicos, las moléculas interactúan entre sí a través de fuerzas intermoleculares, como:

- Fuerzas de Van der Waals: interacciones débiles entre moléculas cercanas.
- Dipolo-Dipolo: fuerzas entre moléculas polares.
- Interacciones hidrofóbicas: tendencia de las moléculas no polares a agruparse en medios acuosos.

2.4 Bases moleculares de la vida

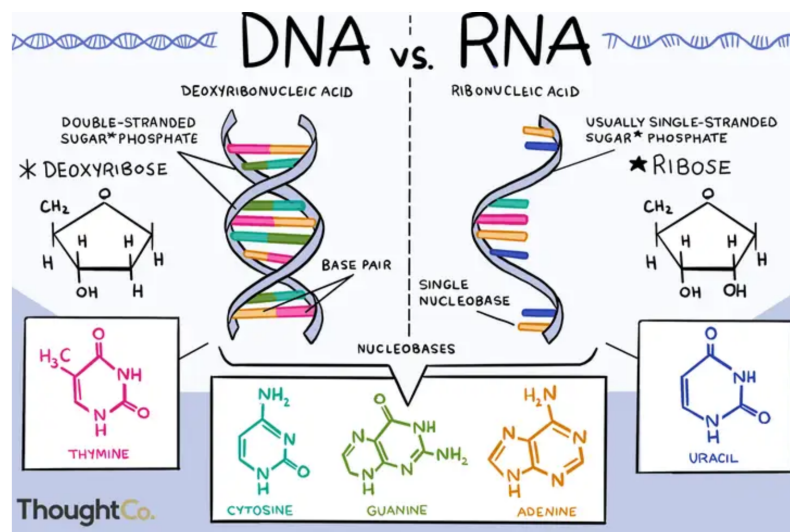
Las bases moleculares de la vida se refieren a los componentes y procesos a nivel molecular que son esenciales para el funcionamiento de los organismos vivos. Estos componentes incluyen moléculas como el ADN, ARN, proteínas, lípidos y carbohidratos, que interactúan de manera compleja para sustentar la vida. A continuación, se presenta un resumen de las principales bases moleculares de la vida.

ADN y ARN

El ácido desoxirribonucleico (ADN) y el ácido ribonucleico (ARN) son las moléculas fundamentales que contienen la información genética de los organismos. El ADN está compuesto por dos cadenas de nucleótidos que forman una doble hélice. Cada nucleótido consiste en una base nitrogenada (adenina, timina, citosina o guanina), un azúcar (desoxirribosa) y un grupo fosfato.

El ARN es una molécula similar al ADN, pero generalmente es de cadena simple y contiene ribosa en lugar de desoxirribosa y uracilo en lugar de timina. Existen varios tipos de ARN, incluyendo el ARN mensajero (ARNm), el ARN de transferencia (ARNt) y el ARN ribosómico (ARNr), cada uno con funciones específicas en la síntesis de proteínas.

Figura 7
Comparación del ADN vs ARN.



Proteínas

Las proteínas son moléculas complejas formadas por cadenas de aminoácidos. Existen 20 aminoácidos diferentes que pueden combinarse en secuencias específicas para formar proteínas con diversas funciones. Las proteínas desempeñan roles esenciales en la estructura celular, la catálisis de reacciones bioquímicas (enzimas), el transporte de moléculas, la señalización celular y la respuesta inmunitaria, entre otras funciones.

La secuencia de aminoácidos en una proteína está determinada por la secuencia de nucleótidos en el ADN. Este proceso comienza con la transcripción del ADN a ARNm, seguido por la traducción del ARNm a una secuencia de aminoácidos en los ribosomas.

Figura 8
Estructura de las proteínas



Lípidos

Los lípidos son un grupo diverso de moléculas que incluyen grasas, aceites, fosfolípidos y esteroides. Son componentes clave de las membranas celulares, donde forman bicapas que actúan como barreras selectivas entre el interior y el exterior de la célula. Los lípidos también almacenan energía a largo plazo y participan en la señalización celular.

Los fosfolípidos, en particular, tienen una cabeza hidrofílica (amante del agua) y dos colas hidrofóbicas (repelentes del agua). Esta estructura permite la formación de bicapas lipídicas que son fundamentales para la integridad de las membranas celulares.

Figura 9
Grupos de lípidos.

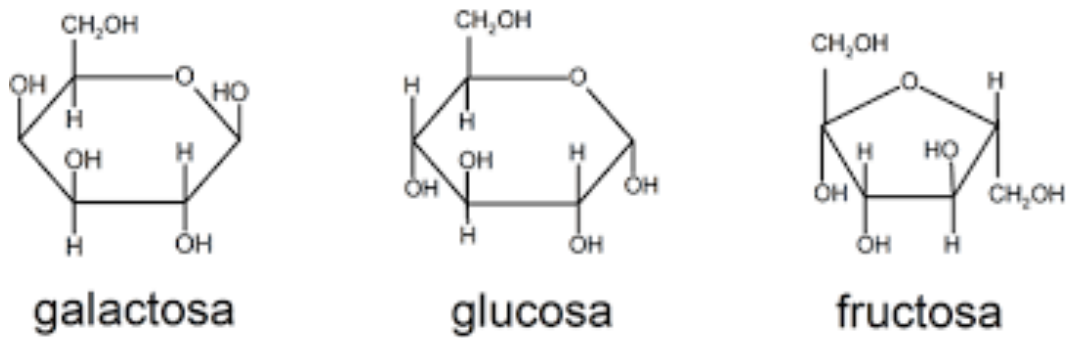


Carbohidratos

Los carbohidratos son moléculas formadas por azúcares simples o complejos. Los monosacáridos, como la glucosa, son las unidades básicas de los carbohidratos. Los disacáridos, como la sacarosa, y los polisacáridos, como el almidón y el glucógeno, están formados por cadenas de monosacáridos.

Los carbohidratos desempeñan roles importantes en la energía celular y el almacenamiento de energía. La glucosa es una fuente primaria de energía para las células a través del proceso de respiración celular. Además, los carbohidratos están involucrados en la estructura de las paredes celulares en plantas (celulosa) y en la señalización celular.

Figura 10
Grupo de carbohidratos.

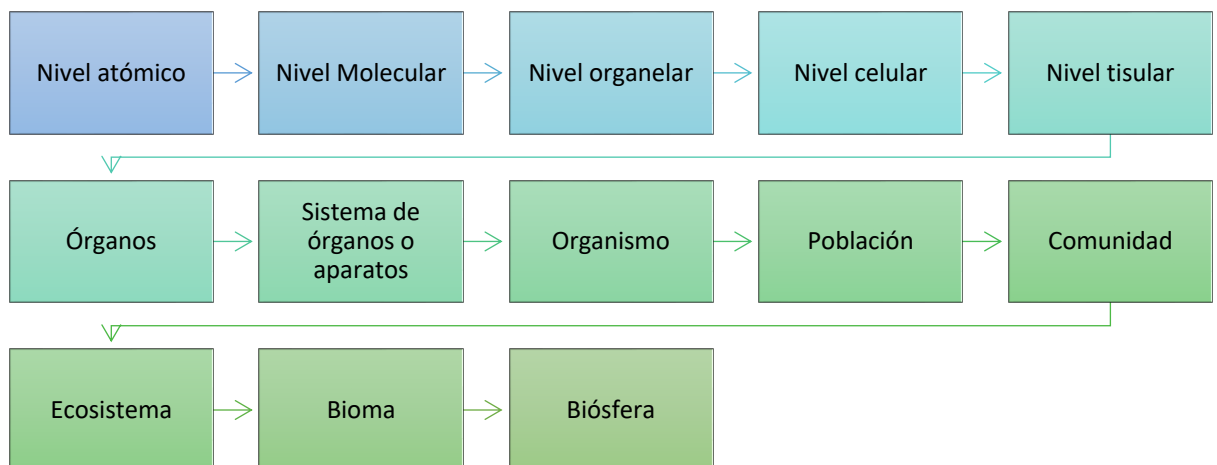


2.5 Elementos de organización de la materia

Los niveles de organización de la materia son categorías o grados en los que se divide a todos los componentes existentes, tanto inorgánicos como orgánicos.

Estas categorías están jerarquizadas desde los elementos más simples hasta las relaciones entre diferentes organismos complejos. En este sentido, los niveles de organización de la materia son:

Tabla 1
Elementos de organización de la materia.



Esta categorización parte del principio de que si bien todo lo que existe en el universo está compuesto por átomos, estos se combinan en diferentes formas, lo que origina compuestos y organismos con estructuras más complejas que otras. A continuación, se describen cada uno de los niveles.

Nivel atómico

El nivel atómico se refiere a los átomos, que son las unidades básicas de la materia. Los átomos están compuestos por un núcleo (que contiene protones y neutrones) y una nube de electrones que orbitan alrededor del núcleo.

Los átomos se combinan para formar moléculas y compuestos, y sus propiedades determinan las características químicas de la materia. Cada elemento químico está formado por un tipo específico de átomo.

Nivel molecular

El nivel molecular incluye las moléculas, que son grupos de dos o más átomos unidos por enlaces químicos. Las moléculas pueden ser simples, como el agua (H_2O), o complejas, como las proteínas y los ácidos nucleicos.

Las moléculas son esenciales para todas las funciones biológicas. Las macromoléculas como el ADN, las proteínas, los lípidos y los carbohidratos son fundamentales para la estructura y función de las células y organismos.

Nivel organular

El nivel organular se refiere a los orgánulos, que son estructuras especializadas dentro de las células eucariotas. Ejemplos de orgánulos incluyen el núcleo, las mitocondrias, el aparato de Golgi y los cloroplastos.

Cada orgánulo tiene funciones específicas que son cruciales para la supervivencia y el funcionamiento de la célula. Por ejemplo, las mitocondrias producen energía, y el núcleo contiene la información genética.

Nivel celular

El nivel celular se refiere a las células, que son las unidades básicas de la vida. Las células pueden ser procariotas (sin núcleo definido) o eucariotas (con un núcleo definido).

Las células realizan todas las funciones vitales necesarias para la vida. Las células especializadas se agrupan para formar tejidos y órganos en organismos multicelulares.

Nivel tisular

El nivel tisular incluye los tejidos, que son grupos de células similares que trabajan juntas para realizar una función específica. Hay cuatro tipos principales de tejidos en los animales: epitelial, conectivo, muscular y nervioso.

Los tejidos permiten la especialización y eficiencia en las funciones biológicas. Por ejemplo, el tejido muscular permite el movimiento, y el tejido nervioso transmite señales.

Órganos

Los órganos son estructuras formadas por varios tipos de tejidos que trabajan juntos para realizar funciones específicas. Ejemplos de órganos incluyen el corazón, el hígado y los pulmones.

Cada órgano tiene una función vital en el cuerpo. Por ejemplo, el corazón bombea sangre, el hígado procesa nutrientes y desintoxica el cuerpo, y los pulmones intercambian gases.

Sistema de órganos o aparatos

Los sistemas de órganos o aparatos son grupos de órganos que trabajan juntos para realizar funciones complejas y específicas. Ejemplos incluyen el sistema digestivo, el sistema circulatorio y el sistema nervioso.

Los sistemas de órganos permiten la coordinación y regulación de las funciones biológicas en el organismo. Por ejemplo, el sistema digestivo descompone y absorbe nutrientes, y el sistema circulatorio transporta sangre y oxígeno.

Organismo

El nivel de organismo se refiere a un individuo completo, que puede ser unicelular o multicelular. Un organismo es una entidad viviente autónoma que realiza todas las funciones vitales.

Los organismos interactúan con su entorno y otros organismos, y son la unidad fundamental de la biología. Cada organismo tiene un ciclo de vida, reproducción y adaptación.

Población

Una población es un grupo de individuos de la misma especie que viven en una misma área y pueden reproducirse entre sí.

El estudio de las poblaciones ayuda a entender la dinámica de las especies, su crecimiento, distribución y evolución. Las interacciones dentro de una población afectan la genética y la adaptación.

Comunidad

Una comunidad es un conjunto de poblaciones de diferentes especies que viven en la misma área e interactúan entre sí.

Las comunidades ecológicas muestran cómo las especies interactúan y coexisten, incluyendo relaciones como la depredación, la competencia y la simbiosis.

Ecosistema

Un ecosistema incluye a todas las comunidades de organismos vivos en un área, junto con los componentes no vivos del entorno (como el suelo, el agua y el clima) que interactúan entre sí.

Los ecosistemas son unidades funcionales de la ecología. Estudian los flujos de energía y los ciclos de nutrientes que sustentan la vida. Cada ecosistema tiene su propia dinámica y equilibrio.

Bioma

Un bioma es una gran área geográfica que comparte un clima similar y comunidades de organismos adaptados a ese entorno. Ejemplos de biomas incluyen los bosques, desiertos, praderas y tundras.

Los biomas ayudan a clasificar y entender las grandes zonas ecológicas de la Tierra. Cada bioma tiene características específicas de clima, flora y fauna.

Biósfera

La biósfera es el nivel más alto de organización biológica e incluye todas las zonas de la Tierra donde existe vida, desde las profundidades oceánicas hasta la atmósfera.

La biósfera abarca todos los ecosistemas y es el sistema de soporte vital de la Tierra. Estudia las interacciones globales entre organismos y su entorno, y cómo estos procesos sustentan la vida a escala planetaria.

Estos niveles de organización permiten una comprensión estructurada y profunda de cómo la materia se organiza e interactúa en diferentes escalas, desde lo más pequeño a lo más grande, y cómo estos niveles se integran para formar el mundo viviente.

Introducción a la estructura y función celular

3.1 ¿Cómo se estudian las células?

El estudio de las células, conocido como citología o biología celular, es fundamental para entender la estructura y función de todos los organismos vivos. Existen diversas técnicas y herramientas que los científicos utilizan para investigar las células y sus componentes. A continuación, se describen los principales métodos utilizados en el estudio de las células.

Tabla 2
Biología celular.

Método/Técnica	Descripción	Aplicaciones	Ventajas
<i>Microscopía óptica</i>	Utiliza luz visible para observar células a través de un sistema de lentes.	Estudio de la morfología celular y tejidos.	Simple, accesible, permite observar células vivas.
<i>Microscopía electrónica</i>	Utiliza electrones en lugar de luz para obtener imágenes con alta resolución.	Observación de estructuras subcelulares (orgánulos, membranas).	Alta resolución, visualiza detalles finos.
<i>Microscopía de fluorescencia</i>	Usa fluoróforos que emiten luz al ser excitados por luz de longitud de onda específica.	Detección de moléculas específicas, visualización de proteínas y ácidos nucleicos.	Permite etiquetar y seguir moléculas dentro de las células.
<i>Citometría de flujo</i>	Analiza células individuales en suspensión usando láseres para medir características como tamaño y fluorescencia.	Cuantificación de células, análisis de parámetros físicos y bioquímicos.	Permite el análisis de grandes poblaciones celulares.

Método/Técnica	Descripción	Aplicaciones	Ventajas
<i>Cultivo celular</i>	Técnica para crecer y mantener células en condiciones controladas en el laboratorio.	Estudio de comportamiento celular, pruebas de drogas, estudios de crecimiento celular.	Permite experimentación directa con células en condiciones controladas.
<i>Hibridación in situ</i>	Técnica que utiliza sondas de ácido nucleico para detectar secuencias específicas en tejidos o células.	Localización de secuencias de ADN o ARN dentro de las células.	Alta especificidad, permite la observación de la expresión génica.
<i>Inmunofluorescencia</i>	Utiliza anticuerpos marcados con fluoróforos para detectar proteínas específicas en células.	Estudio de la distribución y localización de proteínas específicas.	Alta sensibilidad y especificidad para proteínas de interés.
<i>Western Blot</i>	Técnica para detectar proteínas específicas en una mezcla utilizando anticuerpos.	Análisis de proteínas, determinación de tamaño y cantidad de proteínas.	Alta resolución para separar y detectar proteínas específicas.
<i>RT-PCR (Reacción en Cadena de la Polimerasa en Tiempo Real)</i>	Técnica que amplifica y cuantifica ARN mensajero específico para estudiar la expresión génica.	Medición de la expresión génica, análisis de patrones de expresión.	Alta sensibilidad, cuantificación precisa de ARN.
<i>Microscopía confocal</i>	Usa un láser para obtener imágenes de alta resolución en secciones específicas de células.	Visualización en 3D de estructuras celulares, análisis de colocalización de moléculas.	Alta resolución espacial, imágenes en 3D.
<i>Electrofisiología</i>	Técnica que mide las propiedades eléctricas de las células mediante electrodos.	Estudio de potenciales de membrana, actividad neuronal y contracción muscular.	Permite el análisis detallado de la actividad eléctrica celular.

El estudio de las células utiliza una combinación de técnicas de microscopía, biología molecular, cultivo celular, proteómica, imagenología, análisis celular, técnicas genéticas y métodos avanzados para proporcionar una comprensión detallada de la estructura y función celular. Estas herramientas permiten a los científicos investigar los procesos celulares en detalle, lo que es fundamental para el avance del conocimiento en biología, medicina y biotecnología.

3.2 Comparación de células procariotas y eucariotas

Las células se dividen en dos grandes categorías: procariotas y eucariotas. Aunque ambas comparten ciertas características fundamentales, presentan diferencias significativas en su estructura y función. A continuación, se describen y comparan en detalle las células procariotas y eucariotas.

Tabla 3

Diferencias entre las células procariotas y eucariotas

Característica	Células Procariotas	Células Eucariotas
Tamaño	0.1 - 5 micrómetros.	10 - 100 micrómetros.
Núcleo	No tienen núcleo definido (nucleoide).	Tienen un núcleo definido con membrana nuclear.
Material genético	ADN circular, no asociado con histonas.	ADN lineal, asociado con histonas.
Número de cromosomas	Generalmente uno.	Múltiples cromosomas.
Orgánulos	No tienen orgánulos con membrana.	Tienen orgánulos con membrana (mitocondrias, cloroplastos, etc.)
Ribosomas	Más pequeños (70S)	Más grandes (80S)
Pared celular	Presente en la mayoría, compuesta de peptidoglicano (bacterias) o pseudopeptidoglicano (arqueas).	Presente en plantas (celulosa), hongos (quitina); ausente en animales.
Membrana Plasmática	Presente, con fosfolípidos.	Presente, con fosfolípidos.
Reproducción	Asexual (fisión binaria).	Sexual y asexual.
Movimiento	Algunas tienen flagelos simples.	Algunas tienen flagelos complejos o cilios.
Compartimentación	No tienen compartimentación interna	Altamente compartimentadas
Mitocondrias	Ausentes	Presentes
Cloroplastos	Ausentes	Presentes en células vegetales
Citoesqueleto	Ausente o muy simple	Complejo, con microtúbulos y microfilamentos
Ejemplos	Bacterias, arqueas	Animales, plantas, hongos, protistas

Tabla 4

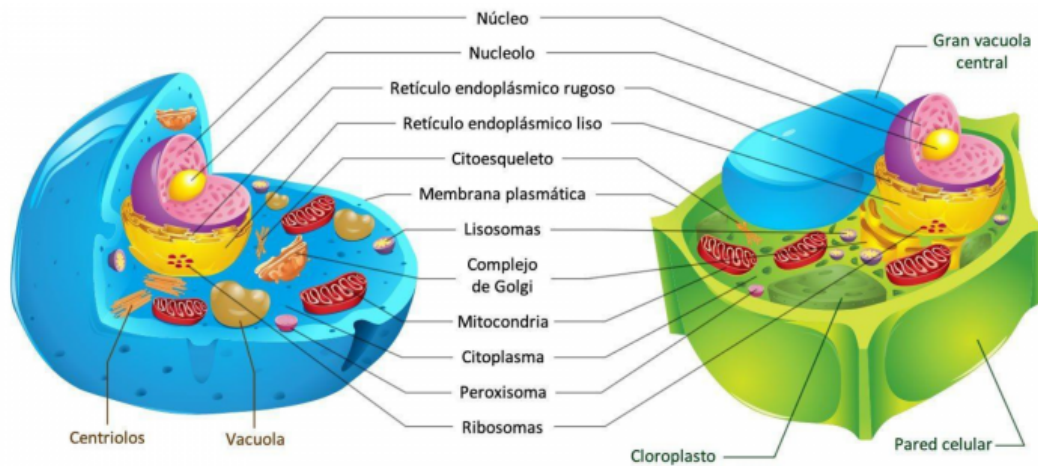
Semejanzas entre las células procariotas y eucariotas.

Característica	Descripción
<i>Membrana plasmática</i>	Ambas células tienen una membrana plasmática que regula el intercambio de sustancias entre el interior y el exterior de la célula.
<i>Material genético</i>	En ambas células, el ADN es el material genético que contiene las instrucciones para las funciones celulares.
<i>Ribosomas</i>	Ambas células tienen ribosomas que son responsables de la síntesis de proteínas.
<i>Citosol</i>	El citosol es el fluido gelatinoso dentro de la célula donde ocurren muchas de las reacciones bioquímicas.
<i>Metabolismo</i>	Ambas llevan a cabo procesos metabólicos para obtener energía y construir estructuras celulares.
<i>Reproducción</i>	Ambas células pueden reproducirse; procariotas a través de fisión binaria y eucariotas a través de mitosis y meiosis.
<i>Crecimiento y desarrollo</i>	Ambas pasan por fases de crecimiento y desarrollo durante su ciclo de vida.
<i>Respuesta a estímulos</i>	Ambas tienen la capacidad de detectar y responder a estímulos del entorno para adaptarse.

3.3 Células eucariotas

Las células eucariotas son un tipo de célula que se distingue por tener una estructura interna más compleja que las células procariotas. Son las unidades básicas de organismos multicelulares, como animales, plantas, hongos y protistas, y también incluyen algunos organismos unicelulares. Esta complejidad estructural les permite realizar una variedad de funciones especializadas que son esenciales para la vida de estos organismos.

Figura 11
Célula animal y célula vegetal.



Estructura de las células eucariotas

Las células eucariotas se caracterizan por tener diversos componentes y organelos que trabajan en conjunto para llevar a cabo funciones celulares específicas. A continuación, se describen las principales estructuras y organelos presentes en las células eucariotas.

Tabla 5
Estructura de las células eucariotas

Estructura	Descripción	Función
Núcleo	Orgánulo con membrana nuclear que contiene ADN.	Controla las actividades celulares y almacena información genética.
Membrana plasmática	Bicapa lipídica que rodea la célula.	Regula el intercambio de sustancias y mantiene la homeostasis.
Citoplasma	Fluido gelatinoso en el interior celular.	Contiene organelos y es el sitio de reacciones metabólicas.
Ribosomas	Estructuras para la síntesis de proteínas.	Fabrican proteínas para funciones celulares.
Retículo endoplásmico	Red de membranas con dos tipos: rugoso y liso.	Síntesis de proteínas (rugoso) y lípidos (liso).
Aparato de Golgi	Sistema de membranas apiladas.	Modifica, clasifica y empaqueta proteínas y lípidos.
Lisosomas	Organelos con enzimas digestivas.	Degradación de materiales y desechos.
Mitocondrias	Organelos con doble membrana.	Producción de ATP a través de la respiración celular.
Cloroplastos	Organelos en células vegetales con clorofila.	Fotosíntesis para convertir luz solar en energía química.
Citoesqueleto	Red de filamentos y túbulos.	Da forma a la célula, facilita el movimiento y la división celular.
Vacuolas	Espacios membranosos en el citoplasma.	Almacenamiento de nutrientes, desechos, y mantenimiento de presión turgente (vegetal).

Tipos de células eucariotas

- Las células eucariotas pueden clasificarse en diferentes tipos según el organismo al que pertenecen:
- **Células animales:** carecen de pared celular, cloroplastos, y tienen vacuolas pequeñas. Ejemplos: células musculares, neuronas, células sanguíneas.
- **Células vegetales:** tienen pared celular, cloroplastos, y vacuolas grandes. Ejemplos: células del parénquima, células de la xilema.
- **Células fúngicas:** tienen pared celular de quitina, carecen de cloroplastos y tienen vacuolas de tamaño variable. Ejemplos: células de hongos, levaduras.
- **Protistas:** varían ampliamente en estructura; algunos tienen características animales, vegetales o mixtas. Ejemplos: algas unicelulares, amebas.

Funciones de las células eucariotas

Las células eucariotas realizan una variedad de funciones esenciales para el organismo, incluyendo:

- **Metabolismo:** procesos bioquímicos para obtener energía, construir moléculas y eliminar desechos.
- **Reproducción:** dividen células a través de mitosis (células somáticas) y meiosis (células germinales).
- **Crecimiento y desarrollo:** aumentan en tamaño y diferencian funciones especializadas.
- **Homeostasis:** mantienen un ambiente interno estable mediante la regulación de la entrada y salida de sustancias.

3.4 Membrana celular

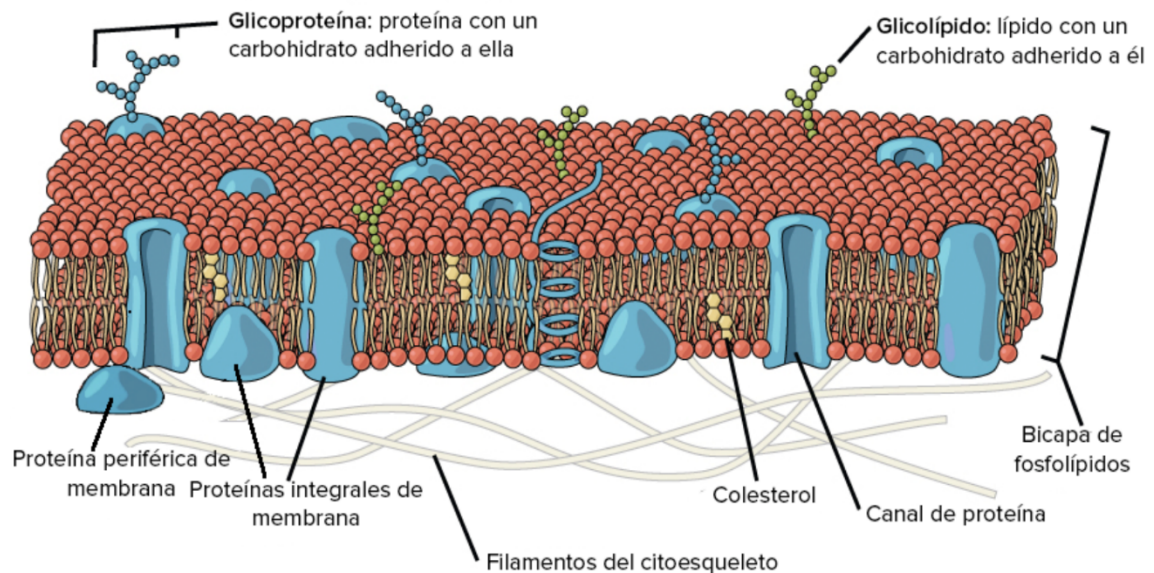
La membrana celular, también conocida como membrana plasmática, es una estructura fundamental en todas las células eucariotas y procariotas. Esta membrana delimita el interior de la célula del entorno exterior, manteniendo la integridad celular y facilitando diversas funciones esenciales para la vida celular.

Estructura de la membrana celular

La membrana celular está compuesta principalmente por una bicapa lipídica en la que están incrustadas proteínas y carbohidratos.

Figura 12

Estructura de la membrana celular.



- **Bicapa lipídica:** la estructura básica de la membrana celular es una bicapa formada por fosfolípidos. Cada molécula de fosfolípido tiene una cabeza hidrofílica (afín al agua) y dos colas hidrofóbicas (repelen el agua). En la bicapa lipídica, las cabezas hidrofílicas están orientadas hacia el exterior e interior de la célula, en contacto con el medio acuoso, mientras que las colas hidrofóbicas están orientadas hacia el interior de la bicapa, alejadas del agua. Esta disposición forma una barrera semipermeable que regula el paso de sustancias.
- **Proteínas de membrana:** las proteínas integrales atraviesan toda la bicapa lipídica y pueden formar canales o transportadores para sustancias específicas. Las proteínas periféricas están unidas a la superficie de la membrana y están involucradas en la señalización celular y el anclaje a la matriz extracelular. Estas proteínas son cruciales para la función de la membrana, participando en el transporte de moléculas, la recepción de señales y la interacción entre células.
- **Carbohidratos de membrana:** los carbohidratos están unidos a proteínas (glicoproteínas) o a lípidos (glicolípidos) en la superficie externa de la membrana. Los glicoproteínas y glicolípidos juegan un papel en el reconocimiento celular, permitiendo que las células se identifiquen entre sí y se adhieran a otras células y a la matriz extracelular. Los carbohidratos también están involucrados en la protección de la superficie celular.

Funciones de la membrana celular

La membrana celular desempeña varias funciones esenciales para el funcionamiento y la supervivencia de la célula:

- **Regulación del transporte de sustancias:** la membrana controla el paso de moléculas hacia dentro y fuera de la célula mediante diferentes mecanismos. El transporte pasivo no requiere energía y ocurre a favor del gradiente de concentración, como en la difusión simple, la difusión facilitada y la ósmosis. El transporte activo, en cambio, requiere energía para mover moléculas en contra de su gradiente de concentración, como en la bomba de sodio-potasio, la endocitosis y la exocitosis.
- **Comunicación celular:** la membrana celular es crucial para la comunicación entre células. Los receptores de señales, que son proteínas integrales, se unen a moléculas mensajeras como hormonas o neurotransmisores, iniciando una respuesta dentro de la célula. Las uniones celulares, como uniones estrechas y uniones gap, permiten que las células se comuniquen y formen tejidos.
- **Protección y soporte estructural:** la membrana actúa como una barrera protectora que separa el interior de la célula del ambiente externo. Además, proporciona soporte estructural en combinación con el citoesqueleto, que mantiene la forma de la célula y resiste las fuerzas externas.
- **Reconocimiento celular:** la membrana celular es responsable del reconocimiento entre células, lo cual es vital para procesos como la formación de tejidos y la respuesta inmunitaria. Los glicoproteínas y glicolípidos en la superficie celular sirven como marcas de identidad que permiten la adhesión a otras células y la comunicación entre ellas.
- **Enzimas y reacciones bioquímicas:** algunas proteínas de la membrana actúan como enzimas, facilitando reacciones bioquímicas en la superficie de la célula. Estas enzimas pueden catalizar la formación o ruptura de moléculas y son importantes en procesos metabólicos.

Modelo de mosaico fluido

El modelo de mosaico fluido es una representación de la estructura de la membrana celular que describe cómo está organizada y funciona esta importante estructura. Según este modelo, la membrana celular no es una estructura rígida, sino una capa dinámica en la que los componentes se encuentran en constante movimiento.

La "bicapa lipídica" forma la base del modelo, compuesta por fosfolípidos con cabezas hidrofílicas orientadas hacia el exterior y colas hidrofóbicas hacia el interior, creando una barrera semipermeable. En esta bicapa, se encuentran integradas proteínas y lípidos que se mueven lateralmente, lo que confiere a la membrana una fluidez similar a un mosaico de componentes diversos.

Las proteínas de membrana están dispuestas de manera desigual, algunas atraviesan completamente la bicapa formando canales o transportadores, mientras que otras están adheridas a la superficie.

Los carbohidratos se encuentran en la superficie externa de la membrana, unidos a proteínas o lípidos, y están involucrados en funciones de reconocimiento celular.

Este modelo explica cómo la membrana mantiene su flexibilidad y adaptabilidad, permitiendo el movimiento de sus componentes y facilitando procesos como el transporte de sustancias, la comunicación celular y la formación de vesículas. La fluidez de la membrana es esencial para su función y permite una reorganización continua en respuesta a las necesidades celulares.

Importancia de la membrana celular

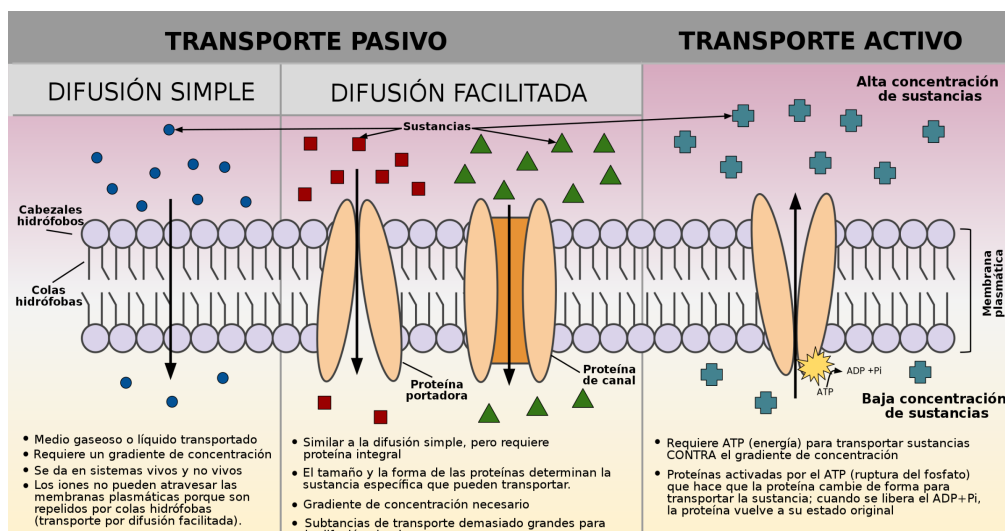
La membrana celular es crucial para la vida celular debido a su papel en mantener el equilibrio interno de la célula, facilitar la comunicación entre células, y permitir una variedad de funciones que son esenciales para el funcionamiento y la supervivencia de los organismos. Su capacidad para regular el transporte de sustancias, comunicarse con otras células, proteger el contenido celular y participar en reacciones bioquímicas hace que sea una estructura indispensable para la vida.

3.5 Transporte pasivo y transporte activo

En las células, el transporte de sustancias a través de la membrana celular es esencial para mantener la homeostasis y el equilibrio interno de la célula. Este transporte puede clasificarse en dos categorías principales: **transporte pasivo** y **transporte activo**. Cada uno de estos mecanismos tiene características específicas y cumple funciones distintas en el movimiento de moléculas a través de la membrana celular.

Figura 13

Transporte activo y transporte pasivo.



Transporte pasivo

El **transporte pasivo** es un mecanismo mediante el cual las sustancias se mueven a través de la membrana celular sin la necesidad de energía adicional por parte de la célula. Este tipo de transporte se basa en el gradiente de concentración, moviendo moléculas desde áreas de alta concentración hacia áreas de baja concentración hasta que se alcanza el equilibrio. Los principales tipos de transporte pasivo son:

1. Difusión simple

La **difusión simple** es el movimiento de moléculas pequeñas y no polares a través de la bicapa lipídica sin la ayuda de proteínas. Este proceso ocurre cuando las moléculas se desplazan desde una región con alta concentración hacia una región con baja concentración.

Ejemplo: el oxígeno (O_2) y el dióxido de carbono (CO_2) se mueven a través de la membrana celular por difusión simple durante la respiración celular.

2. Difusión facilitada

La **difusión facilitada** es el proceso en el que moléculas polares o grandes atraviesan la membrana celular con la ayuda de proteínas de membrana específicas, conocidas como canales o transportadores. Este tipo de difusión también sigue el gradiente de concentración.

Ejemplo: la glucosa ($C_6H_{12}O_6$) entra en las células a través de transportadores de glucosa, y los iones como el sodio (Na^+) o el potasio (K^+) pueden atravesar canales iónicos.

3. Ósmosis

La **ósmosis** es una forma específica de difusión que se refiere al movimiento de agua a través de una membrana semipermeable desde una región con baja concentración de solutos (alta concentración de agua) hacia una región con alta concentración de solutos (baja concentración de agua).

Ejemplo: el agua se mueve dentro y fuera de las células vegetales y animales para equilibrar las concentraciones de solutos en el interior y el exterior de la célula.

Transporte activo

El **transporte activo** es un mecanismo que mueve sustancias a través de la membrana celular en contra de su gradiente de concentración, es decir, desde áreas de baja concentración hacia áreas de alta concentración. Este proceso requiere energía en forma de ATP (trifosfato de adenosina) para impulsar el movimiento de moléculas. Los principales tipos de transporte activo son:

1. Transporte activo primario

El transporte activo primario utiliza directamente la energía de ATP para mover iones y moléculas contra su gradiente de concentración mediante bombas específicas en la membrana.

Ejemplo: la bomba de sodio-potasio (Na^+/K^+ -ATPasa) transporta tres iones de sodio hacia el exterior de la célula y dos iones de potasio hacia el interior, manteniendo el equilibrio iónico necesario para diversas funciones celulares.

2. Transporte activo secundario

El transporte activo secundario utiliza la energía almacenada en el gradiente de concentración de un ion para mover otras moléculas en contra de su gradiente de concentración. Esta energía es derivada del transporte activo primario.

Ejemplo: el simporte de sodio-glucosa es un tipo de transporte activo secundario en el que el sodio se mueve a favor de su gradiente para arrastrar la glucosa en contra de su gradiente.

3. Endocitosis y exocitosis

La endocitosis es un proceso de transporte activo en el cual la célula envuelve sustancias externas en una vesícula que se incorpora al interior de la célula.

La exocitosis es un proceso mediante el cual las vesículas internas fusionan con la membrana celular para liberar su contenido al exterior de la célula.

Ejemplos: la fagocitosis es un tipo de endocitosis en el que las células ingieren partículas grandes, como bacterias, mientras que la liberación de neurotransmisores en la sinapsis neuronal es un ejemplo de exocitosis.

Figura 14
Endocitosis.

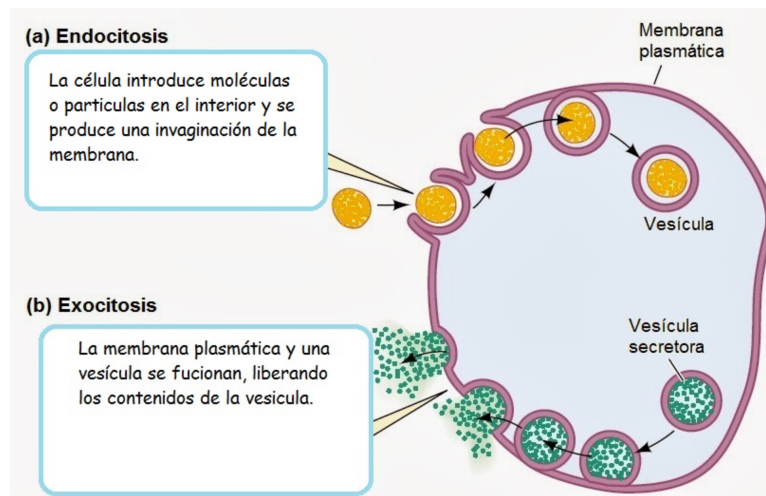


Tabla 6
Comparación transporte activo y pasivo.

Característica	Transporte pasivo	Transporte activo
Energía requerida	No requiere energía adicional, sigue el gradiente de concentración.	Requiere energía en forma de ATP para mover moléculas en contra del gradiente.
Dirección del movimiento	Movimiento de moléculas desde áreas de alta concentración a baja concentración.	Movimiento de moléculas desde áreas de baja concentración a alta concentración.
Tipos de transporte	Difusión simple, difusión facilitada, ósmosis.	Transporte activo primario, transporte activo secundario, endocitosis, exocitosis.
Ejemplos comunes	Movimiento de oxígeno y dióxido de carbono, entrada de glucosa.	Bomba de sodio-potasio, simporte sodio-glucosa, fagocitosis.

Importancia de cada tipo de transporte

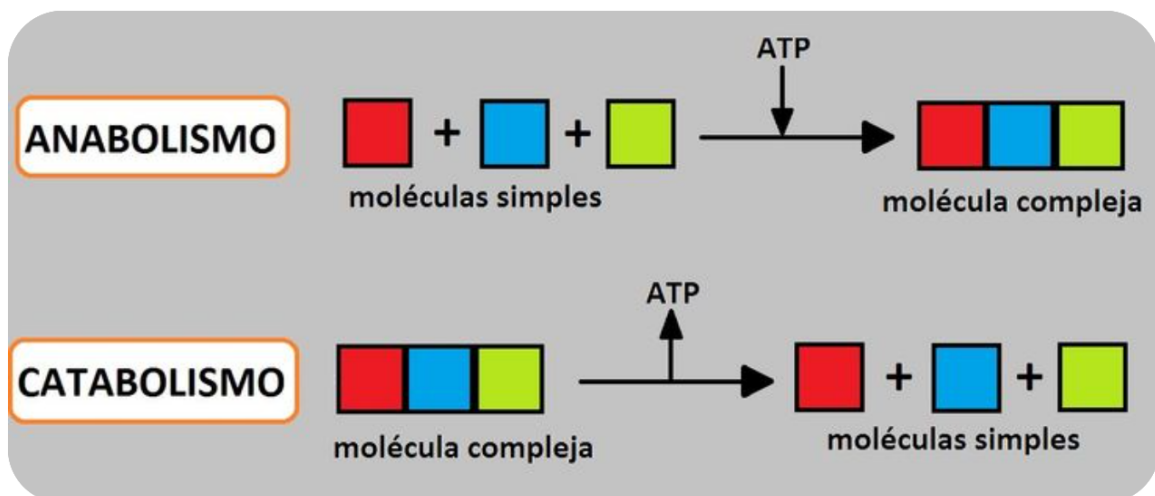
El **transporte pasivo** es crucial para procesos como la respiración celular y la homeostasis del agua, permitiendo el intercambio de gases y nutrientes sin gasto de energía. Por otro lado, el **transporte activo** es esencial para mantener gradientes iónicos, la absorción de nutrientes y la eliminación de desechos, procesos que requieren una inversión energética para funcionar.

Obtención de energía celular

4.1 Energía y metabolismo

La energía es fundamental para todos los procesos biológicos y es crucial para el funcionamiento de las células, mientras que el metabolismo celular es el conjunto de reacciones químicas que ocurren en las células para mantener la vida, y estas reacciones pueden ser clasificadas en dos grandes categorías: catabólicas y anabólicas.

Figura 15
Anabolismo y catabolismo.



- **Catabolismo:** incluye todas las reacciones que descomponen moléculas grandes en moléculas más pequeñas, liberando energía en el proceso. Un ejemplo clave de catabolismo es la glucólisis, que descompone la glucosa en piruvato.
- **Anabolismo:** implica la síntesis de moléculas complejas a partir de moléculas más simples, utilizando energía. Por ejemplo, la síntesis de proteínas a partir de aminoácidos.

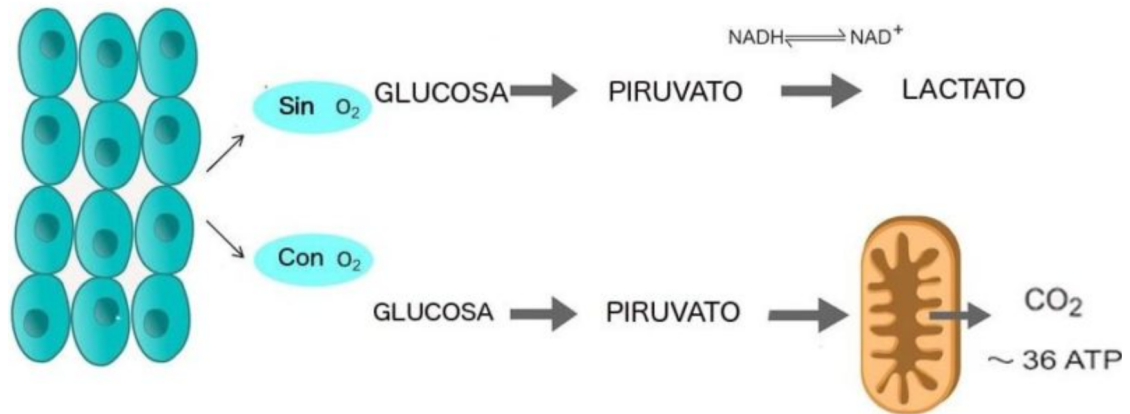
ATP (adenosín trifosfato) es la principal molécula de energía en las células, proporcionando la energía necesaria para realizar trabajos biológicos, como el transporte de sustancias a través de la membrana celular, la contracción muscular, y la síntesis de macromoléculas.

4.2 Glucólisis

La glucólisis es la primera etapa en la degradación de la glucosa para la obtención de energía. Se lleva a cabo en el citoplasma celular y convierte una molécula de glucosa en dos moléculas de piruvato, generando una pequeña cantidad de ATP y NADH en el proceso. La glucólisis consta de dos fases:

- **Fase de inversión de energía:** dos moléculas de ATP se utilizan para fosforilar la glucosa y convertirla en fructosa-1,6-bisfosfato.
- **Fase de generación de energía:** la fructosa-1,6-bisfosfato se divide en dos moléculas de tres carbonos, que se convierten en piruvato, generando cuatro moléculas de ATP (neto) y dos moléculas de NADH.

Figura 16
Glucólisis.

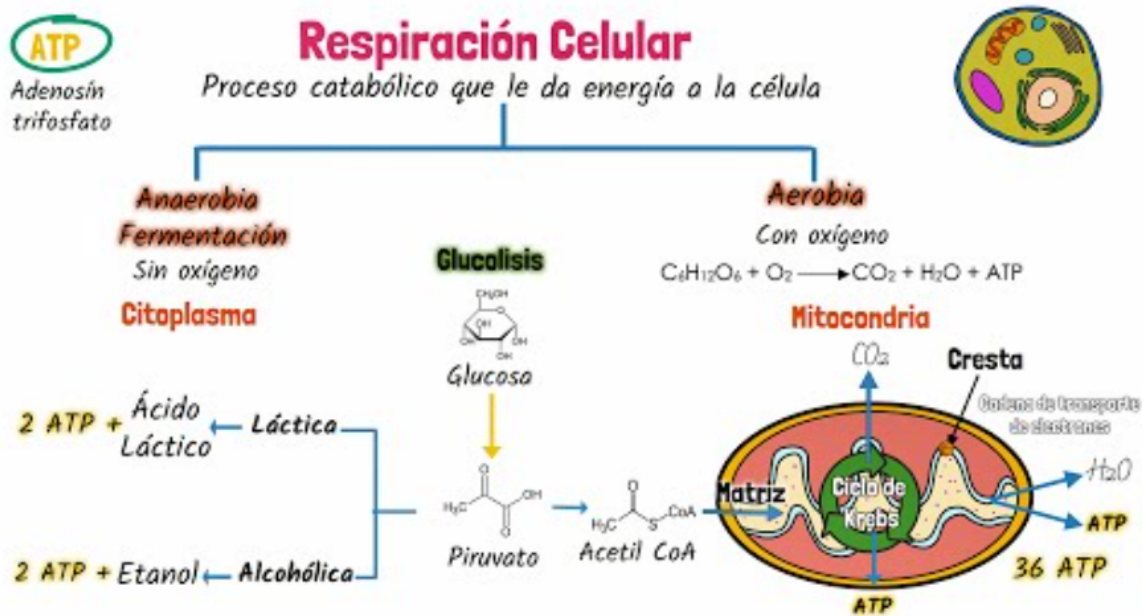


4.3 Respiración celular

La respiración celular es el proceso mediante el cual las células obtienen energía a partir de la glucosa en presencia de oxígeno. Consiste en tres etapas principales:

- **Glucólisis:** ocurre en el citoplasma y produce piruvato, ATP y NADH.
- **Ciclo del ácido cítrico (o Ciclo de Krebs):** ocurre en la matriz mitocondrial, donde el piruvato se convierte en acetil-CoA y entra en el ciclo, produciendo NADH, FADH₂, y ATP.
- **Cadena de transporte de electrones y fosforilación oxidativa:** ocurre en la membrana interna de la mitocondria, donde NADH y FADH₂ donan electrones a la cadena de transporte de electrones, generando un gradiente de protones que impulsa la síntesis de ATP.

Figura 17
Respiración celular



4.4 Ciclo del ácido cítrico y fosforilación oxidativa

- **Ciclo del ácido cítrico:** también conocido como el ciclo de Krebs, es un proceso cíclico en la matriz mitocondrial que convierte el acetil-CoA en dióxido de carbono, generando NADH y FADH₂.
- **Fosforilación oxidativa:** en la membrana interna de la mitocondria, los electrones transportados por NADH y FADH₂ pasan a través de una cadena de transportadores de electrones, creando un gradiente de protones que impulsa la síntesis de ATP a través de la ATP sintasa.

4.5 Respiración anaeróbica

La respiración anaeróbica es un proceso que ocurre en ausencia de oxígeno. En lugar de utilizar oxígeno para la oxidación completa de la glucosa, produce ATP a través de la fermentación.

4.6 Fermentación

La fermentación es una vía metabólica alternativa a la respiración aeróbica que permite la generación de ATP sin oxígeno. Se basa en la conversión del piruvato en otros productos finales, regenerando NAD^+ a partir de NADH

- **Fermentación láctica:** ocurre en animales y algunos microorganismos, convirtiendo el piruvato en ácido láctico, se lleva a cabo en células musculares durante el ejercicio intenso.
- **Fermentación alcohólica:** ocurre en levaduras y algunas bacterias, convirtiendo el piruvato en etanol y dióxido de carbono, este proceso es utilizado en la fabricación de pan y bebidas alcohólicas.

4.7 Conexiones con otras vías metabólicas

El metabolismo celular es una red compleja e interconectada de reacciones bioquímicas que permiten a las células extraer y utilizar energía. Las vías metabólicas no funcionan de forma aislada, sino que están integradas en un sistema dinámico que permite la adaptación a diferentes condiciones fisiológicas. A continuación, se exploran las principales conexiones entre la glucólisis, el ciclo del ácido cítrico, la respiración celular, la fermentación, y otras vías metabólicas, así como su impacto en el equilibrio energético y la biosíntesis celular.

1. Conexiones entre glucólisis y ciclo del ácido cítrico

La glucólisis y el ciclo del ácido cítrico están estrechamente conectados en el metabolismo energético de la célula.

- **Glucólisis:** la glucólisis convierte una molécula de glucosa en dos moléculas de piruvato. Este proceso ocurre en el citoplasma y genera ATP y NADH como productos finales.
- **Transición a ciclo del ácido cítrico:** el piruvato generado en la glucólisis es transportado a la mitocondria, donde se convierte en acetil-CoA por la enzima piruvato deshidrogenasa. Esta conversión es el primer paso hacia el ciclo del ácido cítrico, que tiene lugar en la matriz mitocondrial.

Impacto: el piruvato y el acetil-CoA son intermediarios clave que conectan la glucólisis con el ciclo del ácido cítrico, permitiendo que la energía contenida en la glucosa continúe siendo extraída para la producción de ATP en la cadena de transporte de electrones.

2. Ciclo del ácido cítrico y su papel en la biosíntesis de macromoléculas

El ciclo del ácido cítrico no solo es crucial para la producción de energía, sino que también está involucrado en la biosíntesis de macromoléculas.

- **Intermediarios del ciclo:** los intermediarios del ciclo del ácido cítrico, como el alfa-ceto-glutárico y el oxaloacetato, son utilizados en la síntesis de aminoácidos, nucleótidos y otras biomoléculas.
- **Aminoácidos y otros metabolitos:** el ciclo del ácido cítrico provee precursores para la síntesis de aminoácidos como el glutamato y el aspartato, que son fundamentales para la construcción de proteínas y otros compuestos celulares.

Impacto: los intermediarios del ciclo del ácido cítrico actúan como enlaces entre el metabolismo energético y la biosíntesis de biomoléculas, contribuyendo a la homeostasis celular.

3. Fosforilación oxidativa y su conexión con el metabolismo de lípidos y proteínas

La fosforilación oxidativa, que ocurre en la membrana interna de la mitocondria, es un componente clave de la respiración celular.

- **Oxidación de ácidos grasos:** los ácidos grasos se descomponen en acetil-CoA a través de la β -oxidación. El acetil-CoA producido puede ingresar al ciclo del ácido cítrico para generar NADH y FADH₂, que a su vez alimentan la cadena de transporte de electrones.
- **Catabolismo de proteínas:** las proteínas se descomponen en aminoácidos, algunos de los cuales pueden ser convertidos en intermediarios del ciclo del ácido cítrico.

Impacto: la fosforilación oxidativa conecta la oxidación de ácidos grasos y aminoácidos con la producción de ATP, facilitando la conversión de grasas y proteínas en energía utilizable.

4. Fermentación y su relación con la glucólisis

La **fermentación** es una vía alternativa a la respiración aeróbica que permite la producción de ATP en ausencia de oxígeno.

- **Fermentación láctica:** el piruvato de la glucólisis es reducido a ácido láctico. Este proceso regenera NAD^+ necesario para la glucólisis continua, especialmente en condiciones de baja disponibilidad de oxígeno.
- **Fermentación alcohólica:** el piruvato es convertido en etanol y dióxido de carbono. Esta vía se encuentra en levaduras y algunas bacterias y también regenera NAD^+ para mantener la glucólisis.

Impacto: la fermentación permite a las células continuar produciendo ATP a partir de glucosa cuando el oxígeno no está disponible, lo que es esencial para organismos en condiciones anaeróbicas.

5. Integración de vías metabólicas en el ciclo de Krebs y respaldos energéticos

La integración de vías metabólicas asegura que las células pueden adaptarse a las necesidades energéticas cambiantes.

- **Rutas metabólicas alternativas:** el piruvato, ácidos grasos y aminoácidos pueden ingresar al ciclo del ácido cítrico desde diferentes rutas metabólicas. Además, las interacciones entre las rutas metabólicas permiten ajustar la producción de ATP en respuesta a las condiciones celulares.
- **Balance energético:** el equilibrio entre glucólisis, ciclo del ácido cítrico, y fosforilación oxidativa se ajusta según la disponibilidad de sustratos y oxígeno, permitiendo la adaptación a cambios en la demanda energética.

Impacto: esta integración y ajuste permiten a la célula manejar eficientemente sus recursos para mantener la energía y sintetizar biomoléculas según las necesidades fisiológicas.

6. Vías metabólicas en el contexto de la nutrición y la salud

Las vías metabólicas están también relacionadas con la nutrición y la salud de los organismos.

- **Nutrición y salud:** la capacidad del cuerpo para metabolizar nutrientes y generar energía afecta la salud general, el rendimiento físico y la capacidad de adaptación a diferentes dietas.
- **Enfermedades metabólicas:** trastornos en estas vías metabólicas pueden llevar a enfermedades como la diabetes, enfermedades cardiovasculares y trastornos metabólicos hereditarios.

Impacto: comprender estas conexiones es esencial para el desarrollo de estrategias dietéticas y terapéuticas que apoyen la salud y el bienestar.

La Importancia de las vías metabólicas en radiología e imagenología

En radiología e imagenología, las vías metabólicas juegan un papel crucial en la interpretación de imágenes y en el diagnóstico de diversas patologías. A continuación, se detalla cómo el conocimiento de estas vías metabólicas es fundamental en estos campos:

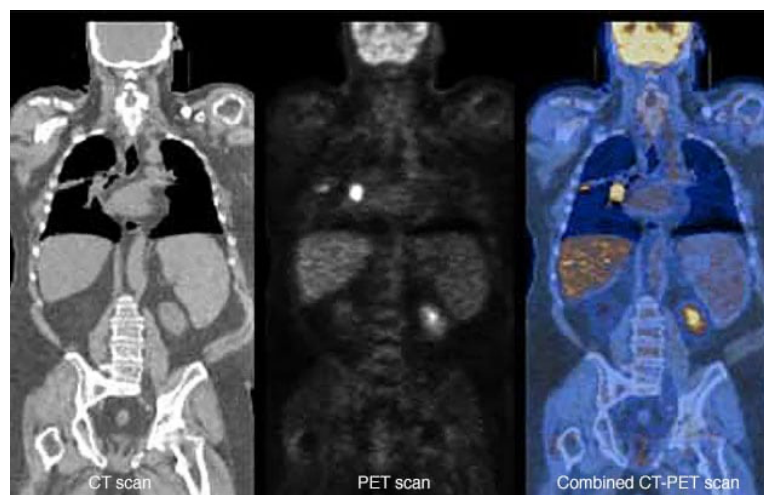
1. Diagnóstico por imágenes en metabolismo celular

Las técnicas de imagen como la Tomografía por Emisión de Positrones (PET) y la Resonancia Magnética (RM), entre otras, dependen de la comprensión de las vías metabólicas para ofrecer diagnósticos precisos.

- **PET (Tomografía por Emisión de Positrones):** utiliza trazadores radiactivos que a menudo están marcados con moléculas metabólicas, como la glucosa radioactiva (FDG). La glucólisis y el metabolismo de la glucosa son cruciales en la identificación de tejidos tumorales, ya que las células cancerosas tienen una alta tasa de glucólisis, conocida como el efecto Warburg. Esto permite a los radiólogos detectar y evaluar la actividad metabólica de los tejidos.

Figura 18

Tomografía por emisión de positrones.



- **RM (Resonancia Magnética):** La espectroscopía por resonancia magnética (MRS) puede analizar metabolitos intracelulares y extracelulares. La información sobre metabolitos como lactato y creatina es esencial en el diagnóstico de enfermedades neuromusculares, enfermedades metabólicas y el seguimiento de tratamientos.

2. Evaluación de enfermedades metabólicas

Conocer las vías metabólicas permite a los radiólogos identificar y evaluar diversas enfermedades metabólicas a través de imágenes médicas.

- **Diabetes Mellitus:** la capacidad de las imágenes PET para evaluar la captación de glucosa puede ayudar a monitorear la progresión de la diabetes y la efectividad de las terapias.
- **Enfermedades mitocondriales:** la resonancia magnética y otros estudios de imágenes pueden revelar alteraciones metabólicas en las mitocondrias, lo que es útil en el diagnóstico de enfermedades mitocondriales.

3. Investigación de tumores y metástasis

El entendimiento de las vías metabólicas ayuda a identificar tumores y su metastatización.

- **Trazadores metabólicos:** la PET utiliza trazadores que detectan el aumento de ciertas vías metabólicas en células tumorales, como la glucólisis. Esto ayuda en la

identificación de tumores primarios, la evaluación de su agresividad y la localización de metástasis.

- **Biopsias y análisis metabólicos:** la correlación entre imágenes y análisis metabólicos puede confirmar el tipo de cáncer y ayudar a determinar el mejor enfoque para el tratamiento.

4. Monitoreo de terapias y tratamientos

La imagenología metabólica es clave en el monitoreo de la eficacia de las terapias.

- **Seguimiento de tratamientos:** la PET permite a los médicos evaluar cómo las terapias están afectando el metabolismo del cáncer. Las disminuciones en la captación de glucosa en las imágenes PET pueden indicar una respuesta positiva al tratamiento.
- **Evaluación de respuestas terapéuticas:** la espectroscopía por resonancia magnética ayuda a observar cambios en metabolitos asociados con el progreso o la regresión de enfermedades.

5. Planificación de procedimientos clínicos

El conocimiento de las vías metabólicas también ayuda en la planificación de procedimientos clínicos.

- **Planificación quirúrgica:** la información metabólica puede guiar a los radiólogos en la planificación de procedimientos quirúrgicos para asegurar que los tumores sean completamente eliminados.

- **Intervenciones guiadas por imagen:** la resonancia magnética puede guiar procedimientos como la biopsia y la ablación, basándose en las características metabólicas del tejido.

6. Desarrollo de nuevas tecnologías de imagen

La investigación en **vías metabólicas** impulsa el desarrollo de **nuevas tecnologías** de imagen.

- **Innovaciones en trazadores:** el desarrollo de nuevos trazadores metabólicos y técnicas de imagen mejora la capacidad para diagnosticar y tratar enfermedades metabólicas.
- **Avances en métodos de imagen:** la investigación en cómo las vías metabólicas afectan a las imágenes fomenta la creación de nuevas técnicas de imagen más sensibles y específicas.

El conocimiento de las vías metabólicas es esencial en radiología e imagenología para el diagnóstico, monitoreo y tratamiento de enfermedades. Las aplicaciones incluyen el uso de trazadores metabólicos en PET, el análisis de metabolitos en RM, la evaluación de enfermedades metabólicas, y la investigación de tumores y metástasis. La comprensión de estas vías también es crucial para la planificación de procedimientos clínicos y el desarrollo de nuevas tecnologías de imagen.

Bibliografía

- Alberts, B., Johnson, A., Lewis, J., Raff, M., Roberts, K., & Walter, P. (2014). *Molecular biology of the cell*. (6^a ed.). Garland Science.
- Becker, W. M., et al. (2018). *The world of the cell*. (9^a ed.). Pearson.
- Berg, J. M., Tymoczko, J. L., & Gatto, G. J. (2015). *Stryer, L. Biochemistry*. (7^a ed.). W.H. Freeman and Company.
- Bertoni, G., & Troyan, A. (2013). *Biology: concepts and applications*. (1^a ed.). McGraw-Hill.
- Brand, M. D., & Nicholls, D. G. (2011). Assessing mitochondrial function. *Biochemical Journal*, 435(2), 297-312. <https://doi.org/10.1042/BJ20110100>
- Campbell, N. A., & Reece, J. B. (2017). *Biología*. (11^a ed.). Pearson.
- Cooper, G. M. (2018). *The cell: a molecular approach*. (8^a ed.). Sinauer Associates.
- DeBerardinis, R. J., & Cheng, T. (2010). How do cancer cells rely on metabolism? *Nature Reviews Cancer*, 10(6), 302-308. <https://doi.org/10.1038/nrc2864>
- Garrett, R. H., & Grisham, C. M. (2016). *Biochemistry*. (6^a ed.). Cengage Learning.
- Hille, B. (2001). *Ion channels of excitable membranes*. (3^a ed.). Sinauer Associates.
- Hoagland, M. B., & Dodson, J. R. (2010). *La vida en la tierra: Características y Adaptaciones*. Oxford University Press.
- Hubbell, S. P. (2001). *The unified neutral theory of biodiversity and biogeography*. Princeton University Press.
- Karp, G. (2013). *Cell and molecular biology: concepts and experiments*. (7^a ed.). Wiley.
- Kimmelman, A. C., & White, E. (2017). Autophagy and metabolism. *Cell Metabolism*, 25(5), 1057-1063. <https://doi.org/10.1016/j.cmet.2017.04.001>

- Lee, J. H., & Lee, C. H. (2015). Fermentation processes and their industrial applications. *Journal of Applied Microbiology*, 118(3), 379-394. <https://doi.org/10.1111/jam.12638>
- Lodish, H., Berk, A., Zipursky, S. L., et al. (2016). *Molecular cell biology*. (8^a ed.). W.H. Freeman.
- Madigan, M. T., et al. (2017). *Brock biology of microorganisms*. (15^a ed.). Pearson.
- Miller, K. R., & Levine, J. S. (2014). *Biology*. (11^a ed.). Pearson.
- Nelson, D. L., & Cox, M. M. (2017). *Lehninger principles of biochemistry*. (7^a ed.). W.H. Freeman and Company.
- Nicholls, D. G., & Ferguson, S. J. (2013). *Bioenergetics*. (4^a ed.). Academic Press.
- Odum, E. P. (2004). *Fundamentals of ecology*. (5^a ed.). Saunders College Publishing.
- Primack, R. B. (2014). *A primer of ecological principles*. (2^a ed.). Sinauer Associates.
- Raven, P. H., & Johnson, G. B. (2017). *Biology*. (11^a ed.). McGraw-Hill Education.
- Starr, C., Evers, C., & Starr, L. (2015). *Biología: la vida en la tierra*. (10^a ed.). Cengage Learning.
- Schaechter, M., et al. (2007). *Mechanisms of microbial disease*. (3^a ed.). ASM Press.
- Sherwood, L., et al. (2015). *Human physiology: from cells to systems*. (8^a ed.). Cengage Learning.
- Somero, G. N. (2004). *Biochemical adaptation: mechanism and process in physiological evolution*. Oxford University Press.
- Tortora, G. J., et al. (2015). *Microbiología*. (11^a ed.). Pearson.
- Voet, D., & Voet, J. G. (2011). *Biochemistry*. (4^a ed.). Wiley.
- Waseem, M., et al. (2016). Techniques in cell biology. *Journal of Cell Science*, 129(12), 2877-2885. <https://doi.org/10.1242/jcs.181682>