

Introducción a la **BIOLOGÍA**

**Cristina Calderón
Santiago Quiroga
Natasha Baer
María Salinas**



CIDE
EDITORIAL

INTRODUCCIÓN A LA BIOLOGÍA

INTRODUCCIÓN A LA BIOLOGÍA

AUTORES

Cristina Gabriela Calderón Tapia

Santiago Andrés Quiroga Quisaguano

Natasha Alexandra Baer Guevara

María Teresa Salinas Aponte

Introducción a la Biología

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 cualquiera otro, sin la autorización previa por escrito al Centro de Investigación y Desarrollo Ecuador (CIDE).

DERECHOS RESERVADOS

Copyright © 2022
Centro de Investigación y Desarrollo Ecuador
Guayaquil, Ecuador
Tel.: + (593) 04 2037524
<http://www.cidecuador.com>

ISBN: 978-9942-844-93-4
Impreso y hecho en Ecuador

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: Julio, 2022



Ecuador - Guayaquil

**La presente obra fue evaluada por pares académicos
experimentados en el área**

Catalogación en la fuente

Introducción a la Biología / Cristina Gabriela Calderón Tapia. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH). Santiago Andrés Quiroga Quisaguano. Universidad Justus-Liebig. Natasha Alexandra Baer Guevara. Centro de Investigaciones de la Biodiversidad y Cambio Climático. Universidad Tecnológica Indoamérica. María Teresa Salinas Aponte. Agyar Agrar- És Élettudományi Egyetem.. -- Ecuador: Editorial CIDE, 2022

199 p.: incluye tablas, cuadros, gráficos; 21 x 29,7 cm.

ISBN: 978-9942-844-93-4

1. Biología

SEMBLANZA DE LOS AUTORES

CRISTINA GABRIELA CALDERÓN TAPIA



Nacida en la ciudad de Riobamba el 18 de febrero de 1990. Ingeniera en Biotecnología graduada en la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE y su Maestría en Genética Molecular y Biotecnología de la Universidad de Sevilla España y formó parte de un proyecto emblema del CSIC. Ha sido técnica en Biotecnología y docente en la Universidad Nacional de Chimborazo-UNACH durante los períodos 2014-2015. En la actualidad se desempeña como docente investigadora en la Facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo-ESPOCH, ha formado parte y ha dirigido proyectos de investigación desde el 2016. Tiene experiencia en recolección, preparación de muestras, análisis microbiológicos en agua y suelo. Ensayos de biología molecular y genética. Ha participado en la elaboración de informes técnicos, protocolos para el muestreo de suelos, y cuenta con varias publicaciones científicas en temas de microbiología, biología molecular y biotecnología, por lo que recibió el reconocimiento como investigadora destacada-2019 por parte de la ESPOCH.

SANTIAGO ANDRÉS QUIROGA QUISAGUANO



Nacido en la ciudad de Quito el 05 de septiembre de 1989. Ingeniero en Biotecnología, por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE (2014) con beca SENESCYT cursó su Máster Universitario en Agrobiotecnología (2020), y actualmente es estudiante de Doctorado en Microbiología (desde 2020) por la Universidad Justus-Liebig en Alemania. Ganador del premio “IFZ Master-Preis 2020” a las mejores tesis de maestría por parte del centro de investigación interdisciplinar (IFZ) por la Universidad Justus-Liebig en Alemania. Tiene experiencia profesional en el área de cultivo de tejidos vegetales, micropropagación, sistemas de inmersión temporal y embriogénesis somática. Investigador por el Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) en Ecuador (2014-2015). Conocimientos en el área de biología molecular, microbiología, secuenciación, metagenómica, y programación (2018-2020). Enfoque al estudio de bacterias promotoras del crecimiento vegetal, interacciones planta-patógeno.

NATASHA ALEXANDRA BAER GUEVARA



Nacida el 08 de octubre de 1998. Ingeniera en Biotecnología de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE, con una Maestría en Biotecnología Agrícola con especialidad en Biotecnología Vegetal de la Universidad Szent István de Hungría. Ha trabajado en el área de agrobiodiversidad en el Departamento de Recursos Fitogenéticos del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Y se ha desempeñado como docente en la carrera de Ingeniería en Biotecnología de la Universidad de las Fuerzas Armadas- ESPE, sede Santo Domingo. Al momento se desempeña como Técnica de Laboratorio de Biología Molecular del Centro de Investigaciones de la Biodiversidad y Cambio Climático de la Universidad Tecnológica Indoamérica, participó en investigaciones relacionadas con el genotipaje de especies de anfibios, reptiles y plantas. Además de investigaciones relacionadas con ADN ambiental. Tiene experiencia como autora de artículos indexados y de capítulos de libros.

MARÍA TERESA SALINAS APONTE



Nacida el 03 de septiembre de 1988. Ingeniera en Biotecnología de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE, con una Maestría en Biotecnología Agrícola con especialidad en Biotecnología Animal de la Universidad Szent István de Hungría. Ha trabajado en el área de sanidad animal en la agencia de regulación y control Fito y zoo sanitario AGROCALIDAD. Y se ha desempeñado como docente en la carrera de tecnología en Biotecnología del instituto emblemático 17 de Julio- Ibarra. Al momento es estudiante de PhD en la escuela de biotecnología animal de la Universidad Nacional de Agricultura Húngara, donde pertenece al grupo de investigación de applied embryology and stem cell biology en Hungría.

DEDICATORIA

A nuestras Familias y a todos los estudiantes que cursen la materia de Biología; este libro motivará a cada alumno para alcanzar sus objetivos y sobre todo demostrarles que la rama de la Biología es muy interesante, es una de las bases de las carreras universitarias donde se explica de manera sencilla, lo complejo del funcionamiento celular y los principios que rigen a los seres vivos.

AGRADECIMIENTO

A Carlos Salinas por su aporte con varias fotografías en el proyecto, a nuestras familias y amigos por brindarnos el soporte diario para la escritura del presente libro.

Semblanza de los autores.....	6
Dedicatoria	10
Agradecimiento	11
Prólogo	15

Unidad 1. Introducción a la biología

1.1. Historia de la biología.....	17
1.2. División de la biología.....	22
1.3. Teorías del origen celular.....	26
1.4. Características de los seres vivos.....	35
1.5. Clasificación de los seres vivos.....	39

Unidad 2. Biomoléculas

2.1. Agua.....	46
2.1.1. Propiedades importantes del agua.....	46
2.1.2. El agua y el pH en organismos vivos.....	50
2.2. Sales minerales.....	53
2.2.1. Funciones bioquímicas de los minerales en humanos y animales.....	56
2.2.2. Toxicidad por minerales.....	57
2.3. Hidratos de carbono.....	58
2.3.1. Azúcares.....	58
2.3.2. Disacáridos.....	61
2.3.3. Polisacáridos.....	62
2.4. Lípidos.....	65
2.4.1. Ácidos grasos.....	65
2.4.2. Grasas.....	66
2.4.3. Fosfolípidos.....	67
2.4.4. Esteroides.....	69
2.5. Proteínas.....	70
2.5.1. Estructura jerárquica de las proteínas	70
2.5.2. Chaperonas.....	77
2.5.3. Degradación de proteínas.....	78
2.5.4. Función de las proteínas.....	79
2.5.5. Problemas en el plegamiento de proteínas.....	81

2.6.	Enzimas.....	81
2.6.1.	Producción o absorción de calor.....	85
2.6.2.	La energía libre y la dirección de una reacción química.....	86
2.6.3.	Catalizadores y enzimas.....	88
2.6.4.	Complejo enzima sustrato.....	91
2.6.5.	Factores que afectan la actividad enzimática.....	92
2.7.	Ácidos nucleicos.....	93
2.7.1.	Estructura de los ácidos nucleicos.....	94
2.7.2.	El enlace fosfodiéster y el sentido de la vida.....	97
2.7.3.	El modelo de Watson y Crick del ADN.....	99
2.7.4.	ADN circular.....	101
2.7.5.	ARN.....	102

Unidad 3. La célula

3.1.	La célula eucariota: generalidades.....	106
3.1.1.	Célula animal.....	110
3.1.2.	Célula somática y célula sexual.....	111
3.1.3.	Célula vegetal.....	112
3.1.4.	Célula fúngica.....	115
3.2.	Organelas célula eucariota.....	116
3.2.1.	Membrana.....	116
3.2.2.	Núcleo.....	123
3.2.3.	Citoplasma.....	127
3.2.4.	Ribosomas.....	128
3.2.5.	Centríolo.....	129
3.2.6.	Lisosomas.....	130
3.2.7.	Aparato de Golgi.....	132
3.2.8.	Retículo endoplasmático.....	135
3.2.9.	Vacuola.....	137
3.2.10.	Pared celular.....	139
3.2.11.	Plastos.....	140
3.3.	La célula procariota: generalidades.....	143
3.4.	Organelas células procariotas.....	146
3.4.1.	Membrana.....	146
3.4.2.	Ribosomas.....	148
3.4.3.	Material genético.....	150
3.4.4.	Pared celular.....	152

Unidad 4. Ciclo celular

4.1.	Generalidades.....	156
4.2.	Interfase.....	157
4.3.	Mitosis.....	159
4.3.1.	Profase.....	159
4.3.2.	Prometáfase.....	160

4.3.3. Metafase.....	160
4.4.4. Anafase.....	161
4.4.5. Telofase.....	162
4.4.6. Citoquinesis.....	162
4.5. Meiosis.....	165
4.5.1. Interfase.....	165
4.5.2. Profase I.....	166
4.5.3. Prometafase I.....	167
4.5.4. Metafase I.....	168
4.5.5. Anafase I.....	168
4.5.6. Telofase I.....	168
4.5.7. Meiosis II.....	169
4.6. Muerte celular.....	170
4.6.1. Necrosis.....	170
4.6.2. Apoptosis.....	171

Unidad 5. Las Plantas

5.1. Clasificación de las plantas.....	175
5.2. Tejidos vegetales.....	177
5.3.1. Tejidos de crecimiento.....	177
5.3.2. Tejidos protectores.....	178
5.3.3. Tejidos fundamentales y de soporte.....	179
5.3.4. Tejidos conductores.....	182
5.3. Los órganos vegetales.....	185
5.3.1. La raíz.....	186
5.3.2. El tallo.....	187
5.3.3. La hoja.....	188
5.3.4. La flor.....	189
5.4. El desarrollo de una planta.....	190
5.5. El transporte en las plantas.....	192
Referencias.....	197

El Libro *Introducción a la Biología*, de los autores Cristina Calderón, Santiago Quiroga, Natasha Baer y María Teresa Salinas es un valioso aporte académico donde se muestran fenómenos encadenados de forma natural y que preparan al estudiante para la explicación científica que se va facilitando en el proceso constructivista de enseñanza-aprendizaje al incluir la narrativa apodíctica, para convencer del valor de la ciencia biológica por su utilidad.

Conformado por 5 capítulos, el texto enseña aprender bajo el modelo del método científico, cómo comprender la naturaleza. Además, contiene elementos semióticos, como frases, imágenes, preguntas, dato curioso, entre otros, que se relacionan entre sí, todo ello de utilidad que conlleva a una formación simbólica en la construcción científica de significados por parte de los estudiantes en el campo de la Biología.

Podemos expresar que este libro es un valioso aporte al mundo académico de las ciencias, pero especialmente que está concebido para motivar e incentivar a todos los interesados en el tema a descubrir este mundo maravilloso: el de los organismos vivos que existen en el planeta

Unidad 1

Introducción a la Biología



Figura 1

Lobos marinos (Zalophus wollebaeki) en San Cristóbal, Galápagos



1.1 Historia de la Biología

La biología es el estudio científico de los organismos vivos y se definen como aquellos que descendieron desde un ancestro común unicelular hace casi 4 mil millones de años, dado que provienen de un solo ancestro, comparten características únicas que no se encuentran en los objetos inanimados.

Los organismos vivos tienen las siguientes características:

- Están constituidas de una o más células.
- Contienen información genética.
- Usan información genética para reproducirse.
- Están genéticamente relacionados o han evolucionado.

- Pueden convertir moléculas del ambiente en nuevas biomoléculas.
- Pueden extraer energía del medioambiente y usarla en sus funciones.
- Pueden regular su ambiente interno.

La biología es la ciencia que se dedica a estudiar todas estas características para cada tipo de organismos vivos que encontramos en el planeta.

¿Pero cuándo surgió el estudio de la biología?

Se podría decir que la biología es tanto una ciencia antigua como una ciencia nueva. Antigua ya que desde la prehistoria los humanos han estado en contacto con otros seres vivos y han realizado observaciones de cómo funcionan. Griegos y romanos describieron numerosas variedades de plantas y animales, mientras que civilizaciones como China y Egipto desarrollaron mucho conocimiento en torno al uso y aplicación de estos organismos vivos. Pero al mismo tiempo, la biología es una ciencia nueva ya que los descubrimientos y avances más importantes han surgido en el último siglo gracias al desarrollo tecnológico como el microscopio y también al avance de técnicas químicas y físicas.

El término biología – del griego *bios*, vida y *logos*, estudio – fue acuñado hace más o menos 200 años por el naturalista alemán Gottfried Treviranus (1776-1837) y el naturalista francés Jean-Baptiste Monet (1744-1829). Antes del siglo XIX no existían las ciencias biológicas como se conoce hoy en día, generalmente la medicina, la anatomía y la botánica eran las más relevantes y los médicos eran los principales investigadores en estas ramas.

El desarrollo de la ciencia de la biología se ha dado a través del tiempo gracias al planteamiento de problemáticas que no necesariamente han sido resueltas de forma lineal ya que la biología no es una ciencia exacta. Pero de todas maneras ha habido hechos históricos que han cambiado su curso de desarrollo.

La pregunta más antigua planteada por la biología es la diversidad de los seres vivos. Los primeros naturalistas limitaban el estudio de la flora y la fauna a las zonas en las que vivían, pero a partir de grandes viajes como el de Marco Polo (1254-1323) y los de Cristóbal Colón (1451-1506), el ser humano es consciente de la gran diversidad de

organismos vivos en el planeta y se plantea recolectar distintos especímenes y se realizan expediciones más detalladas.

Entre estas expediciones que marcaron un hito en la biología está la de Carl von Linné (1707-1778) a Laponia (extremo norte de Suecia) en donde realizó anotaciones muy detalladas y daría lugar a nuevas expediciones en otras partes del mundo. En 1753 Linné publicó dos volúmenes enciclopédicos del *Species Plantarum* en donde se describen todas las plantas conocidas en esa época e introdujo un sistema de clasificación jerárquica y de nomenclatura binomial usados hasta el día de hoy se revisará el mismo más adelante en la sección 1.5.

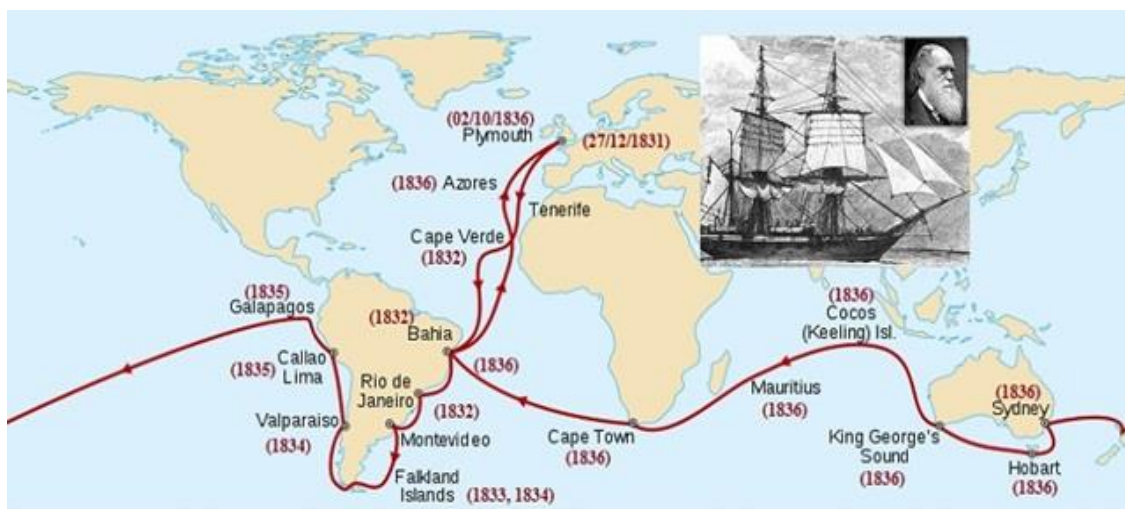
Entre los siglos XVIII y XIX, el trabajo de dos viajeros cambiaron la biología, sentando las bases de los que conocemos hoy como biología moderna. El primero es el geólogo y físico alemán Alexander von Humboldt (1769-1859) quien recorrió desde Europa a América del Sur y del Norte hasta Asia Central. Realizó experimentos y estudios de campo en numerosas áreas como física, zoología, climatología, oceanografía, geología, mineralogía, botánica y vulcanología. Adelantado a su tiempo, fue pionero del pensamiento ecológico, y la primera persona que escribió sobre el cambio climático.

En este mismo orden de ideas, Humboldt inspiró a un joven inglés con sus viajes, Charles Darwin (1809-1882) cambió el rumbo del estudio de la biología con su fantástica expedición a bordo del *Beagle* que duró 5 años e incluyó una visita a las Islas Galápagos. Durante este tiempo, el joven Darwin dedicó la mayor parte de su tiempo a investigaciones geológicas en tierra firme y a recopilar ejemplares. Darwin tomó notas escrupulosamente durante todo el viaje, y enviaba regularmente sus hallazgos a Cambridge.

Darwin redactó varios libros que recopilan las observaciones realizadas en su viaje, pero el más importante sería *El origen de las especies* publicado en 1859 en donde se planteó la teoría de la evolución y la selección natural, convirtiéndose en uno de los pilares de la biología moderna.

Figura 2

Expedición de Charles Darwin



Nota. Adaptado de <https://www.navarrainformacion.es/2015/12/27/tal-dia-como-hoy-de-1831-comenzo-la-expedicion-de-charles-darwin/>

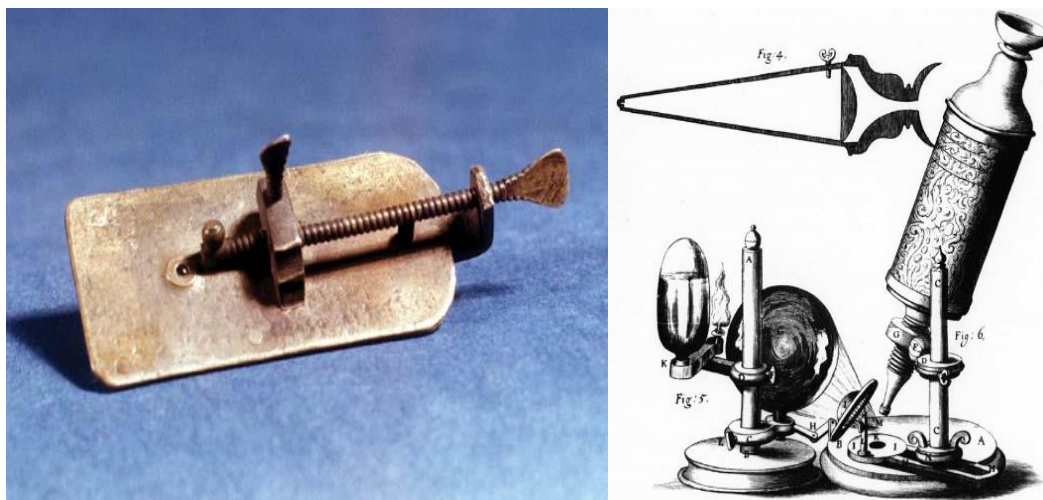
La expedición de Darwin empezó en 1831 y luego de pasar por Cabo Verde llegó a Bahía en Brasil, recorrió las costas de América del Sur en 3 años y medio, en las Islas Galápagos permaneció más de un mes y después se dirigió a Nueva Zelanda y Australia para continuar en Sudáfrica en el Cabo de Buena Esperanza y retornar a Inglaterra en 1836 (Figura 2).

Después de lo planteado por Darwin, entre 1838 y 1858 se estableció la idea de que todos los organismos vivos están compuestos por una o más células y que estas provienen de células preexistentes, a esto se conoce como la *teoría celular* desarrollada gracias a los aportes de Theodor Schwann (1810 - 1882), Matthias Schleiden (1804 - 1881) y Rudolf Virchow (1821-1902).

La teoría celular no podría haber sido desarrollada sin las observaciones de Robert Hooke (1635-1703) quien observó en el microscopio un pedazo de corcho en donde evidenció la presencia de “celdas” que hoy conocemos como célula vegetal. El desarrollo del microscopio fue otro hito importante para la biología, su creador Antón van Leeuwenhoek (1632- 1723), además de probar distintos tipos de lentes realizó varias observaciones, sentando las bases de la microscopía (Figura 3).

Figura 3

De izquierda a derecha: Microscopio de Leeuwenhoek y Microscopio de Hooke



Nota. Imagen 1 Adaptado de <https://proyectoidis.org/microscopio-de-antonie-van-leeuwenhoek/>
Imagen 2 Adaptado de <https://www.alamy.es/imagenes/robert-hooke-microscope.html>

En la segunda mitad del siglo XIX se empezó a estudiar como tal la herencia, la transmisión de características de los progenitores a sus descendientes. Hoy día la genética moderna se debe gracias a los estudios de Gregor Mendel (1822-1884) quien formuló, por medio de los trabajos que llevó a cabo con diferentes variedades del guisante o arveja (*Pisum sativum* L.), llamadas leyes de Mendel.

Así como estos, han existido más acontecimientos que han marcado la historia de la biología, dando paso a la biología moderna que se estudia actualmente y que a lo largo de este libro se profundizará más sobre la vida y todos sus procesos.



Dato interesante: el objetivo de las ciencias es dar explicaciones para los fenómenos observados y establecer principios generales que permitan predecir las relaciones entre uno y otro de estos fenómenos. El método científico es el conjunto de pasos ordenados que nos permiten responder una pregunta que ha sido originada en base a experimentos y observaciones, pero las respuestas también deben desarrollarse en base a observaciones y están sujetas a comprobación por medio de experimentos.

Las principales características de un método científico válido son la falsabilidad, y la reproducibilidad y repetibilidad de los resultados, corroborada por revisión por pares. Algunos tipos de técnicas o metodologías utilizadas son la deducción, la inducción, la abducción, y la predicción, entre otras. El método científico abarca las prácticas aceptadas por la comunidad científica como válidas a la hora de exponer y confirmar sus teorías.

Hipótesis

Una hipótesis (del griego hipo, 'subordinación' o 'por debajo' y tesis, 'conclusión que se mantiene con un razonamiento') es un enunciado no verificado, que se intenta confirmar o refutar. Si es confirmada, la hipótesis se denomina enunciado verificado. La hipótesis es una conjetura que requiere una contrastación con la experiencia. Para ella no son suficientes los argumentos persuasivos, por más elaborados que sean. Nótese que de ciertas hipótesis se pueden deducir otras y, sucesivamente, se puede llegar a ciertos enunciados básicos, de observación directa.

Una hipótesis científica es una proposición aceptable que ha sido formulada a través de la recolección de información y datos, aunque no esté confirmada, sirve para responder de forma alternativa a un problema con base científica.

Si deseas ampliar tu conocimiento en el tema lo puedes encontrar en: <https://stanford.library.sydney.edu.au/archives/sum2019/entries/scientific-method/>

El método científico

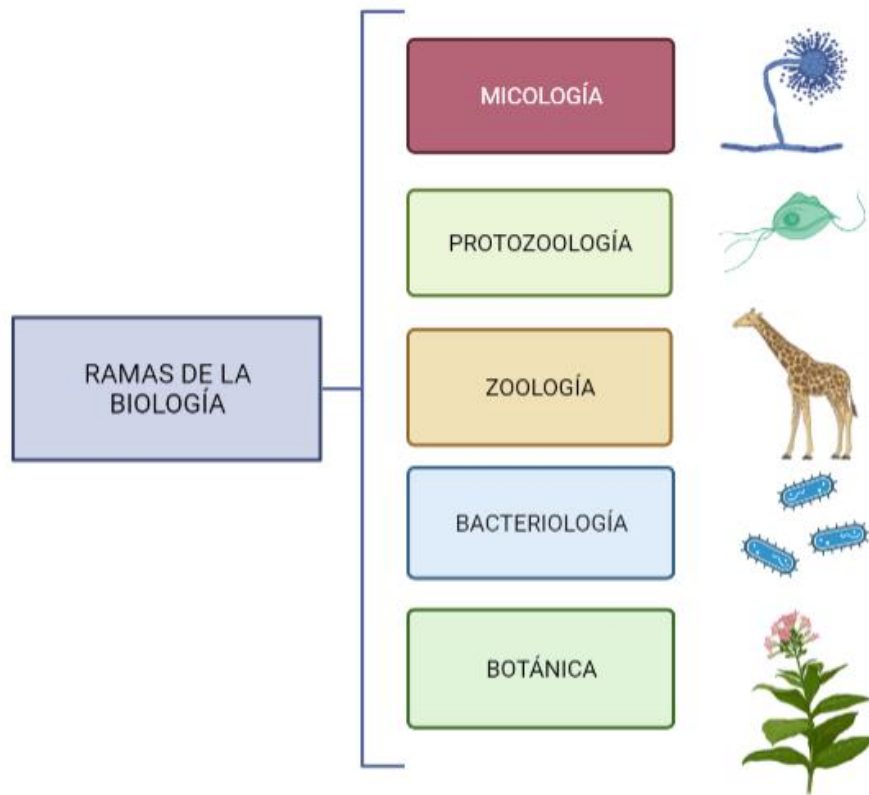
El objetivo de las ciencias es dar explicaciones para los fenómenos observados y establecer principios generales que permitan predecir las relaciones entre uno y otro de estos fenómenos. El *método científico* es el conjunto de pasos ordenados que nos permiten responder una pregunta que ha sido originada en base a experimentos y observaciones, pero las respuestas también deben desarrollarse en base a indagaciones y están sujetas a comprobación por medio de experimentos.

1.2 División de la biología

La biología es la ciencia que abarca el estudio de todos los seres vivos, desde su funcionamiento hasta sus leyes de comportamiento, lo cual se convierte en un universo de conocimiento por descubrir. En un inicio se tenía una clasificación básica de seres vivos propuesta por Aristóteles, sin embargo, con el pasar del tiempo, amplía sus horizontes y ya no era algo tan sencillo como estudiar animales y plantas, es así como, para facilitar su estudio, se divide en varias ramas (Vázquez, 2016). De acuerdo con la diversidad taxonómica la división de la Biología se resume en la Figura 4 y con mayor detalle en la Figura 5.

Figura 4

Ramas de la biología según la diversidad taxonómica



Sin embargo con esta clasificación, los científicos determinaron la necesidad de agregar otras ciencias que parten de la biología, generando otra tipificación para abarcar cada uno de los aspectos de su estudio, y se puede abordar desde la Sistemática que investiga la clasificación del ser vivo, y para profundizar se puede revisar la sección 1.5.

Otras ciencias auxiliares que complementan el estudio de los seres vivos, basándose en su objetivo se puede mencionar a la citología, anatomía e histología (Figura 6). La bioquímica, biología celular y molecular (Figura 7) y la fisiología y patología (Figura 8).

Figura 5

Conceptualización de las ramas de la biología según la diversidad taxonómica

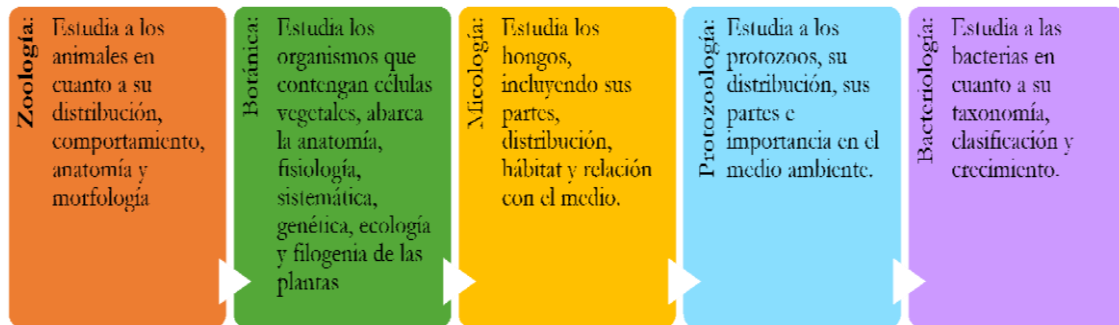



Figura 6

División de la biología según la descripción y partes de un organismo



 **Dato interesante:** Los especialistas en citología analizan la morfología y respuestas de las células a diferentes cambios, lo cuales pueden derivar en un diagnóstico médico. Entre la división de esta se encuentra la de tipo exfoliativa, como su nombre lo indica estudia las células exfoliadas de los epitelios, es decir las células de la piel que se desprenden de forma natural. ¿Y cómo realiza el análisis? Primero obtienen las células mediante un raspado o punción dependiendo la zona, luego las observa por microscopía para encontrar alguna anomalía, por ejemplo, si la membrana nuclear es irregular, si existen múltiples nucléolos o que sean más grandes de lo normal. Y realizan diferentes tinciones para diferenciar organelas y que sea más sencillo analizarlas, también para verificar un cambio en la cromatina, por ejemplo, un tamaño anormal, espacios sin cromatina y un fondo irregular. Todo ello para descubrir células malignas que pueden afectar la salud del individuo. Un diagnóstico temprano puede evitar el tan temido cáncer.

Si deseas ampliar tu conocimiento en el tema lo puedes encontrar en: Palaoro y Mendeluk (2020).

Figura 7

División de la biología según la estructura interna de un organismo

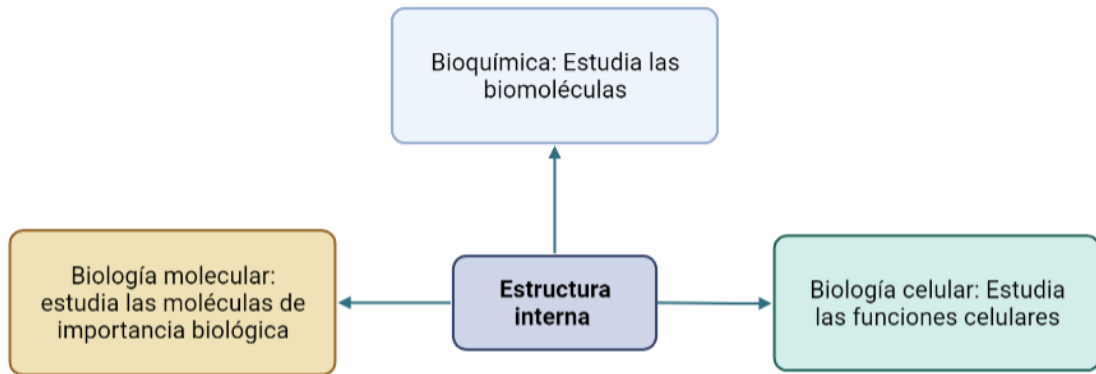
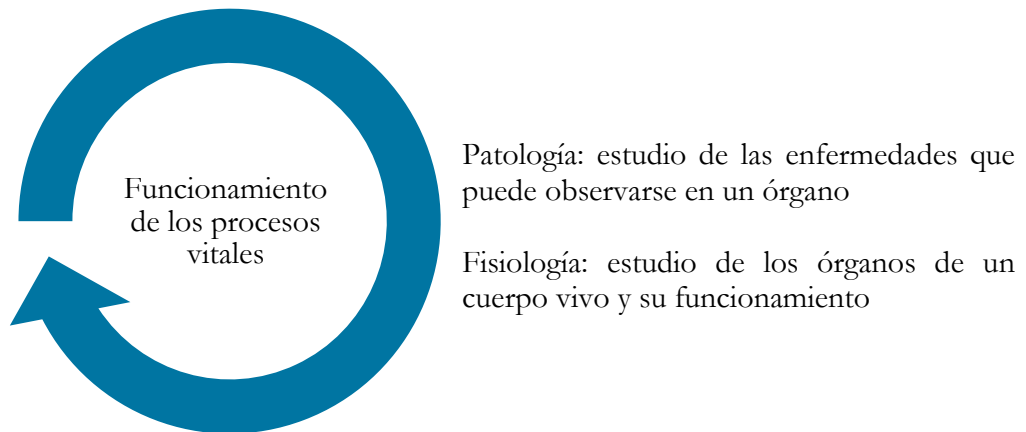


Figura 8

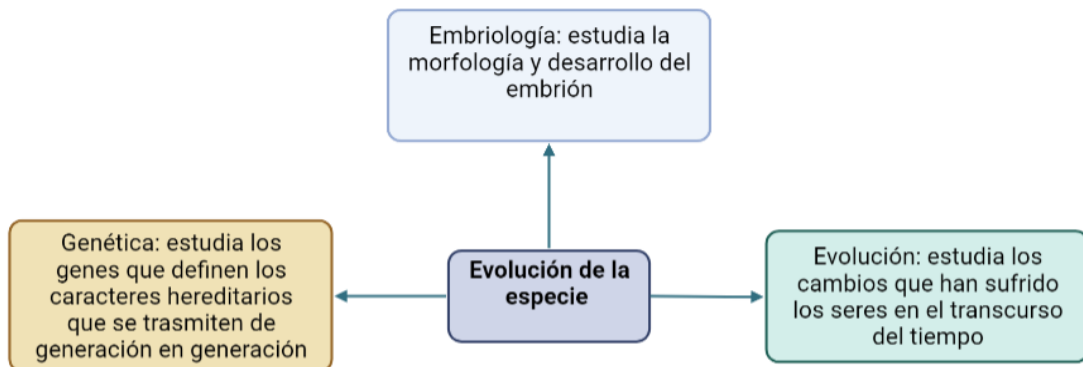
División de la biología según el estudio del funcionamiento de los procesos vitales



Sin olvidarnos de la evolución que es un tema crucial en el estudio biológico de todo ser (Figura 9).

Figura 9

División de la biología según el estudio de la evolución de las especies





Dato interesante: ¿Sabías que existe la fusión de embriones humanos? Hellegers en 1970, mostró que en los primeros días del desarrollo de dos (cigotos) embriones mamíferos, pueden fusionarse entre sí, dando como resultado un solo individuo.

Dicho individuo posee dos poblaciones de células que a nivel genético son diferentes, estos casos se han observado en ratones e incluso humanos, donde los llaman quimeras, y este ha sido un caso de estudio de varias décadas. En humanos puede suceder este fenómeno en los primeros 14 días de desarrollo embrionario, por lo que varios científicos se apoyan de esto para justificar su trabajo en manipulación genética de embriones indicando que no son fetos completamente desarrollados y no merecen consideración alguna, lo cual abre una discusión a nivel bioético.

Si deseas ampliar tu conocimiento en el tema lo puedes encontrar en: Huarte (2014).

1.3 Teorías del origen celular

Hace miles de millones de años, existía una atmósfera muy distinta a la de hoy en día, las condiciones extremas en cuanto a pH, temperatura, humedad y la existencia de gases tóxicos podría dar a pensar que no pudo existir vida. Sin embargo, con el pasar de los años las condiciones ambientales fueron mejorando y con ello aparecieron los primeros sistemas biológicos con la capacidad de reproducirse y adaptarse al medio junto con los cambios que el planeta sufrió.

Y la pregunta que hasta el momento no se llega a contestar de una manera contundente e irrefutable es sobre el origen de la vida, el planeta tiene unos 4600 millones de años, tiempo suficiente para contar un sinnúmero de eventos posibles que pudieron suceder antes de llegar al planeta que disfrutamos actualmente. Según estudios, los primeros habitantes biológicos existentes son las bacterias, o una especie de estas, ya que se han encontrado microfósiles que datan de 3500 millones de años, se desconoce su origen pero lo que podemos afirmar es que la vida tiene sus propiedades provenientes del nivel de organización celular, y con ello nace la teoría celular, la cual fue desarrollada por Theodor Schwann (1810 - 1882), Matthias Schleiden (1804 - 1881) y Rudolf Virchow (1821-1902), donde se estableció los siguientes principios:

- a) Todo organismo vivo se encuentra constituido por una o varias células.
- b) Dentro de las células se producen reacciones químicas vitales como son las reacciones de biosíntesis y procesos de generación de energía.

- c) Toda célula proviene de otra célula preexistente.
- d) La célula alberga la información genética hereditaria que se trasmite desde la célula madre a la célula hija.

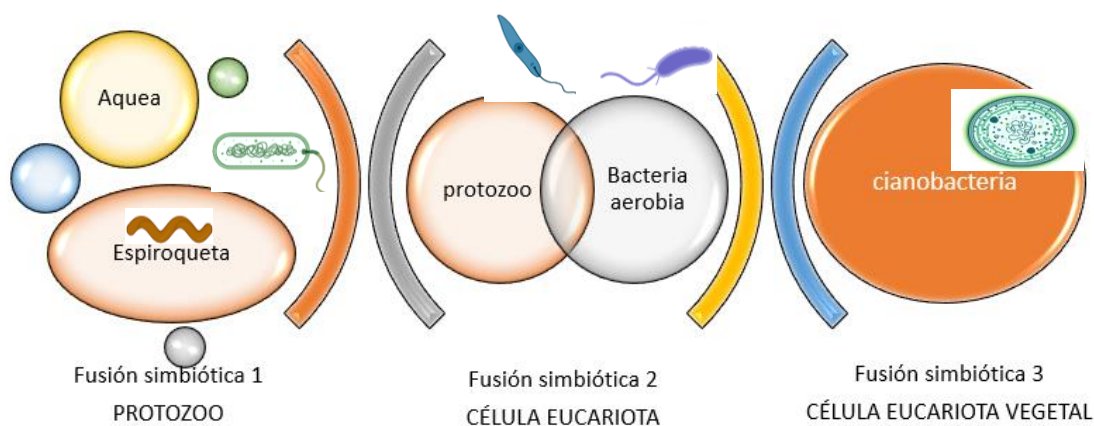
Estos principios son de gran aporte a la ciencia, sin embargo, no responde a la pregunta ¿cómo fue nuestro origen?, pero como se mencionó anteriormente, existe indicios de que la primera célula en habitar el planeta fue la célula procariota, hace 2000 millones de años y que 500 millones de años después apareció la célula eucariota, la cual fue fruto de la evolución de la célula procariota.

Ahora bien, este proceso de desarrollo se conoce a través de la teoría endosimbiótica, la cual fue postulada por la famosa e influyente bióloga, Lynn Margulis en 1967, donde afirma que la primera célula eucariota aparece gracias a la fusión de bacterias. Se destacan tres eventos importantes de fusión por simbiosis: el primero se daría entre la arqueobacteria del tipo *Thermoplasma acidophilum* y una espiroqueta como la Leptospira. De esta fusión se genera el protozoo ciliado de la Clase Mastigophora, en el cual, el núcleo y citoplasma proviene de la arquea, mientras que la espiroqueta proporciona la estructura microtubular para su movimiento, y del cinetosoma se derivan los centríolos que permiten la mitosis meiosis y posterior reproducción sexual.

Además, incluye una segunda simbiosis en el cual el organismo anterior se uniría con una bacteria del tipo aerobia, es sí la debió engullir totalmente y en lugar de eliminarla o digerirla, la adoptó como una nueva organela que se denominaría mitocondria. Finalmente, como último evento endosimbiótico radica en la unión con una cianobacteria fotosintética, para dar lugar a la célula vegetal con la capacidad de realizar la fotosíntesis (Figura 10). Todo esto ocurrió en un lapso de 600 millones de años para que finalmente las células que actualmente se conocen formen parte de organismos complejos (Margulis, 2010).

Figura 10

Representación gráfica de los tres eventos de simbiosis



Dato interesante. En 2011, Lynn Margulis viene de una familia con buenos recursos económicos, fue la primera de cuatro hermanas, la conocían como una estudiante adolescente rebelde, hiperactiva y un tanto mandona, quien a los 16 años ingresa en “University of Chicago Laboratory School”, ella en un inicio quería ser escritora, pero al recibir un curso de matemáticas aplicadas a la biología, leyó sobre Mendel y le encantó sus postulados sobre las leyes de la herencia. Así empieza su amor por la biología y sus estudios posteriores.

Si deseas ampliar tu conocimiento en el tema lo puedes encontrar en: Margulis (2010)

Continuando con el tema del origen del planeta, existen varias teorías y suposiciones, las mismas que inician desde la teoría del origen del Universo; una de las más aceptadas es la del “Big Bang”, la misma afirma que el universo comenzó hace 15000 millones de años con una gran explosión en altas temperaturas provocando que las partículas subatómicas colisionaran de manera violenta unas con otras, con ello se formaron nuevos enlaces, y producto de las colisiones también se liberó una gran cantidad de energía. Luego de dicha explosión y de la expansión de partículas colisionadas, empezó un proceso de enfriamiento donde se formaron los primeros átomos, y luego se desencadenó toda la organización de materia viva e inerte gracias a la evolución (Vázquez, 2016).

La idea de una super colisión fue bien aceptada en un inicio, pero se tenía la duda de como algo inerte como los átomos, llegaron a transformarse en biomoléculas, y peor aún que luego generarían organismos autónomos que crecen, se desarrollan e interactúan con el medio, es por ello que la teoría creacionista responde a la pregunta indicando que Dios creó todo el universo, hasta el siglo XVII era la teoría más aceptada, y no cabía duda que Dios creó las plantas, animales y todo lo que nos rodea en siete días, y existe un libro: la Biblia y en su apartado del Génesis describe lo siguiente:

En el día 1. Dijo Dios: “Sea la luz; y fue la luz, vio que la luz era buena y separó la luz de las tinieblas. Llamando a la luz día, y a las tinieblas noche. Y fue la mañana y la tarde un día”.

Día 2: Dios, “Haya expansión en medio de las aguas, y separe las aguas de las aguas. E hizo Dios la expansión, y separó las aguas que estaban debajo de la expansión, de las aguas que estaban sobre la expansión. Y fue así. Y llamó Dios a la expansión Cielos”.

Día 3: Dios: “Júntense las aguas que están debajo de los cielos en un lugar, y descúbrase lo seco. Y fue así. Y llamó Dios a lo seco Tierra, y a la reunión de las aguas llamó Mares. Y vio Dios que era bueno. Después dijo: Produzca la tierra hierba verde, hierba que dé semilla; árbol de fruto que dé fruto según su género, que su semilla esté en él, sobre la tierra. Y fue así. Produjo, pues, la tierra hierba verde, hierba que da semilla según su naturaleza, y árbol que da fruto, cuya semilla está en él, según su género”.

Día 4: Dios: “Haya lumbreras en la expansión de los cielos para separar el día de la noche; y sirvan de señales para las estaciones, para días y años, y sean por lumbreras en la expansión de los cielos para alumbrar sobre la tierra. Y fue así. E hizo Dios las dos grandes lumbreras; la lumbrera mayor para que señorease en el día, y la lumbrera menor para que señorease en la noche; hizo también las estrellas. Y las puso Dios en la expansión de los cielos para alumbrar sobre la tierra, y para señorear en el día y en la noche, y para separar la luz de las tinieblas”.

Día 5: Dios: “Produzcan las aguas seres vivientes, y aves que vuelen sobre la tierra, en la abierta expansión de los cielos. Y creó Dios los grandes monstruos marinos, y todo ser viviente que se mueve, que las aguas produjeron según su género, y toda ave alada según su especie. Y Dios los bendijo, diciendo: Fructificad y multiplicaos, y llenad las aguas en los mares, y multiplíquense las aves en la tierra”.

Día 6: Dios: “Produzca la tierra seres vivientes según su género, bestias y serpientes y animales de la tierra según su especie. Y fue así. E hizo Dios animales de la tierra según su género, y ganado según su género, y todo animal que se arrastra sobre la tierra según su especie. Entonces dijo Dios: Hagamos al hombre a nuestra imagen, conforme a nuestra semejanza; y señoree en los peces del mar, en las aves de los cielos, en las bestias, en toda la tierra, y en todo animal que se arrastra sobre la tierra. Y creó Dios al hombre a su imagen, a imagen de Dios lo creó; varón y hembra los creó. Y los bendijo Dios, y les dijo: Fructificad y multiplicaos; llenad la tierra, y sojuzgadla, y señoread en los peces del mar, en las aves de los cielos, y en todas las bestias que se mueven sobre la tierra. Y dijo Dios: He aquí que os he dado toda planta que da semilla, que está sobre toda la tierra, y todo árbol en que hay fruto y que da semilla; os serán para comer. Y a toda bestia de la tierra, y a todas las aves de los cielos, y a todo lo que se arrastra sobre la tierra, en que hay vida, toda planta verde les será para comer”.

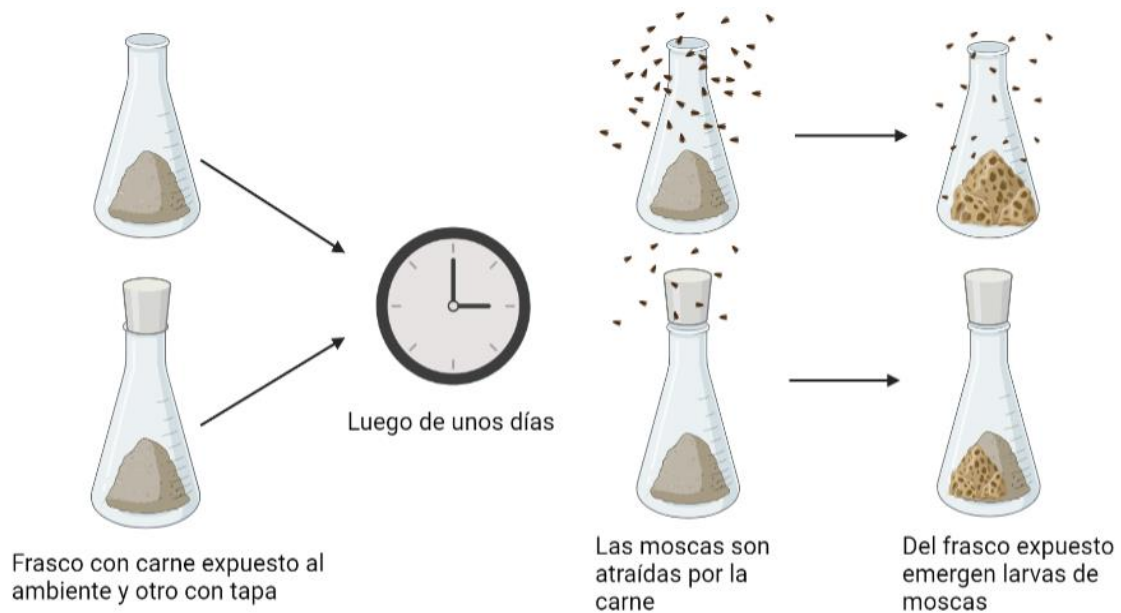
Día 7: “Acabó Dios en el día séptimo la obra que hizo; y reposó el día séptimo de toda la obra que hizo. Y bendijo Dios al día séptimo, y lo santificó, porque en él reposó de toda la obra que había hecho en la creación” (Reina Valera, 1969, Génesis 1:31)

Hubo un grupo de personas que no creían que un Dios en siete días tenga la capacidad de crear por sí solo todo lo que se conoce como planeta, y con ello se puede nombrar otra teoría denominada de la *generación espontánea*, donde se aceptaba que las especies animales surgían al unir materia orgánica con materia inorgánica, por ejemplo: los ratones venían de trapos sucios y granos secos; las moscas del estiércol o carne podrida; las luciérnagas de las chispas al quemar la leña en las hogueras, y cosas por el estilo. El fundador de dicha teoría fue Aristóteles, sin embargo, siglos después existieron personajes que refutan dicha teoría.

Francesco Redi, en 1668 fue el primero en generar duda acerca de la teoría de Aristóteles. Mostró sus experimentos al colocar carne en varios recipientes, unos con tapa y otros expuestos al ambiente. Si la teoría de generación espontánea fuese cierta, deberían aparecer gusanos a los pocos días en todos los frascos, sin embargo, no sucedió así, los gusanos aparecieron en los frascos que estaban abiertos al ambiente, lo que sucedió es debido a que las moscas se posaron en la carne y depositaron sus huevos de los cuales emergieron las larvas observadas, como se muestra en la Figura 11.

Figura 11

Descripción gráfica del experimento de Francesco Redi



Sin embargo, quienes apoyaban a la teoría de la generación espontánea, afirmaban que se requería de más elementos para que pueda generarse los organismos, incluso el mismo Redi sostuvo que hay la posibilidad de que se generen nuevos organismos al cambiar las condiciones, con lo cual las personas seguían creyendo en la generación espontánea.

En 1748, John Needham trabajó con Georges Leclerc en la hipótesis de que los organismos microscópicos se originaban espontáneamente, mientras la materia se descompone. Su experimento consistió en hervir caldo de pollo en un matraz, añadir cenizas y taponarlo con un corcho. Al cabo de unos días, se observó la muestra bajo el microscopio y notaron la presencia de varios microorganismos (Figura 12) con lo cual apoyó a la generación espontánea.

Figura 12

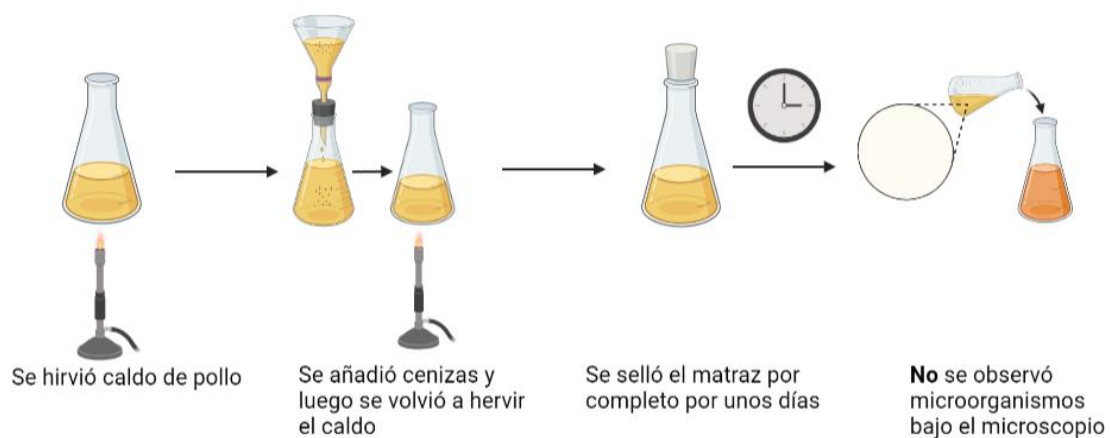
Experimento de Needham



En 1765, Lazzaro Spallanzani modificó los experimentos de Needham al colocar el caldo dentro de matraces y luego sellarlos por completo para asegurarse que no ingrese ningún organismo externo, incluso luego los hervía para eliminar cualquier microorganismo, dejó reposar los matraces por unos días y al tomar una muestra y observar bajo el microscopio no hubo presencia de microorganismo alguno (Figura 13). Ésta sería una prueba de que la generación espontánea no existe, sin embargo, quienes la apoyaban sugirieron que el aire es un elemento fundamental para la generación de organismos, dejando en tela de duda la presente teoría.

Figura 13

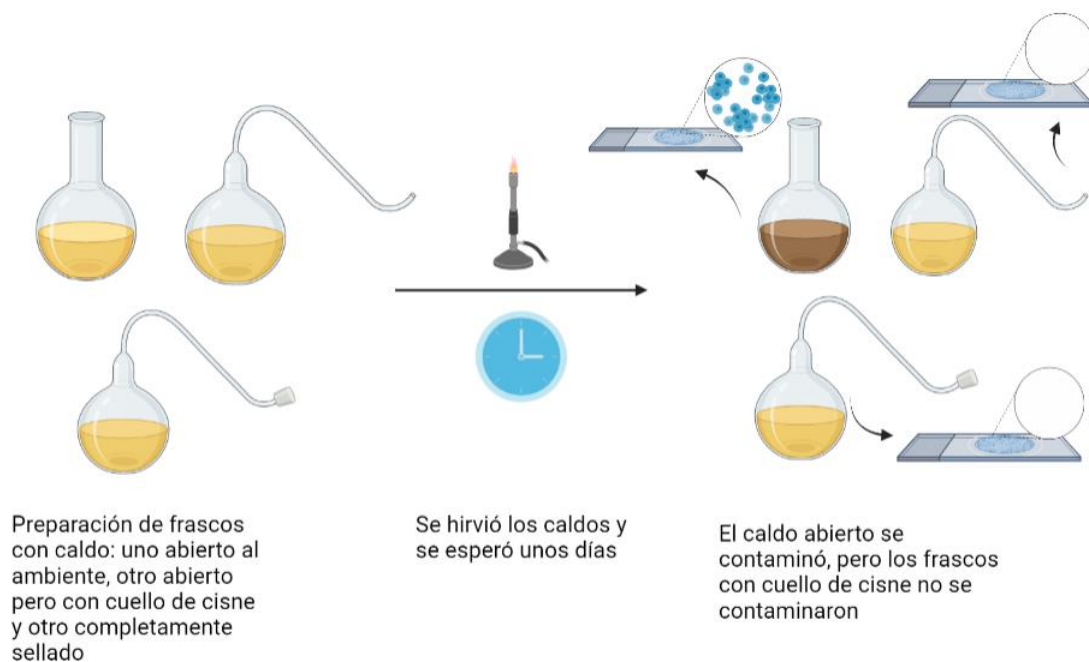
Experimento de Spallanzani



Pasó el tiempo y la Academia de Ciencias Francesa lanzó un concurso para el mejor experimento que avale o refute la teoría de la generación espontánea, fue así como Louis Pasteur mostró su brillante experimento que consistía en colocar el caldo en un matraz, luego calentar el cuello de este hasta darle una forma de “S” que se les denominó “cuello de cisne”, luego hirvió el caldo, en otro matraz colocó más caldo, lo hirvió y lo dejó al aire libre, y en otro hirvió el caldo en un matraz completamente sellado. Al final del experimento se observó la presencia de microorganismos en el caldo abierto al aire libre, y en los otros dos no hubo presencia de microorganismos, pese a que en el matraz “cuello de cisne” podía ingresar el aire. Se dieron cuenta que los microorganismos se quedaban al inicio del cuello del matraz. Con ello comprobaron de manera irrefutable que la teoría de generación espontánea no era correcta, y que un organismo vivo, viene siempre de otro organismo vivo y no de materia en descomposición, la cual fue validada por la comunidad científica (Figura 14).

Figura 14

Experimento realizado por Pasteur que desmiente la generación espontánea

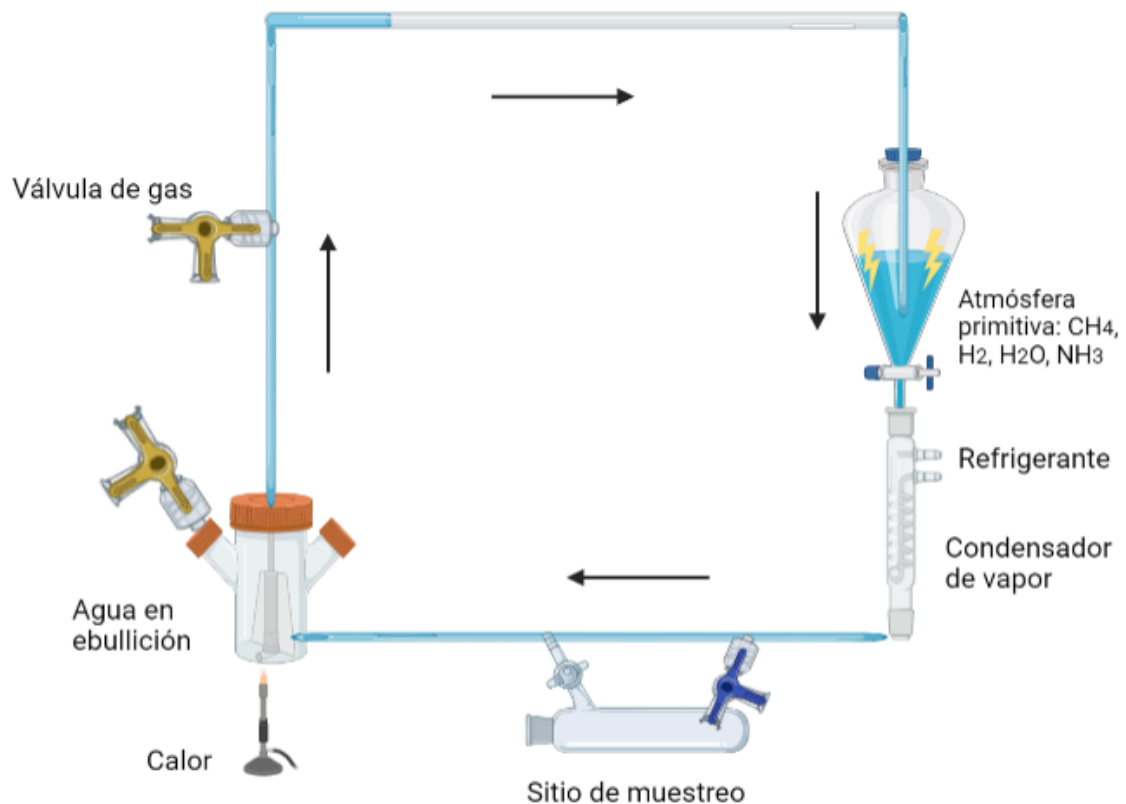


Finalmente, vale la pena citar a los estadounidenses Stanley Miller y Harold Urey, quienes desarrollaron experimentos únicos para simular las condiciones atmosféricas primitivas y de alguna manera demostrar lo que sucedió hace millones de años. Ellos mostraron cómo se formaron las primeras moléculas indispensables para la vida, para lo

cual realizaron un experimento que consiste en colocar en un matraz, el agua que simula un océano primitivo; este matraz se conecta a otro que simula la atmósfera primitiva con una mezcla de gases (H_2 , CH_4 , NH_3) que se fusiona con los vapores del océano primitivo, se añaden descargas eléctricas mediante electrodos y luego ocurre un evento de condensación utilizando un refrigerante, que simularía el proceso de tormentas eléctricas y lluvia, luego se conecta al matraz del océano primitivo, cerrando el ciclo, entre los tramos se tiene una ingeniosa abertura que permite extraer muestras del resultado de la condensación. Luego de varias semanas, obtuvieron muestras que le denominaron “caldo primitivo” en el cual se detectó la presencia de hasta 10 aminoácidos y ácidos orgánicos, con lo que se comprobó cómo fue el inicio de las primeras biomoléculas, esta teoría es la más aceptada por los científicos y la representación gráfica se puede observar en la Figura 15

Figura 15

Representación del experimento de Milley y Urey





Dato interesante: ¿Sabías que los átomos de nuestro planeta se originaron por la muerte de estrellas? En Chile el 24 de febrero de 1987 se observó la primera supernova (término astrónomo para describir una estrella que explota antes de “morir”), fue la primera en registrarse en 383 años. Existe la posibilidad que una estrella con un tamaño veinte veces más grande que el Sol y de una edad promedio de 10 millones años, durante su vida desarrolló reacciones termonucleares donde el hidrógeno se convierte en helio, y de éste se desencadena el carbono y oxígeno, e incluso estos pudieron fusionarse obteniendo elementos más complejos. Hace 170 mil años aproximadamente dicha estrella se quedó sin combustible, se enfrió y por gravedad implosionó, producto de esta implosión se generaron los átomos que constituyen cada parte de la materia que hoy conocemos.

Si deseas ampliar tu conocimiento en el tema lo puedes encontrar en: Burrows et al. (2020).

1.4 Características de los seres vivos

El planeta tierra se encuentra abarrotado de vida, la cual ha logrado surgir, adaptarse y establecerse inclusive en los ambientes más extremos. Frente a estas condiciones, el ser humano se encuentra habituado y reconocerla no implica aparentemente mayor esfuerzo. Sin embargo, determinar qué características son exclusivas de los seres vivos, ha sido por largo tiempo motivo de debate. Si se enfoca a una escala microscópica, responder esta interrogante podría resultar compleja, y si se mira más allá del mundo, la pregunta adquiere gran relevancia. Por lo tanto, conocer qué características son propias de los seres vivos permitirá identificarlos, y más aún determinar si estas son intrínsecas independientemente de donde surja la vida. Los seres vivos pueden ser definidos como “sistemas autónomos con capacidad evolutiva abierta” (Ruiz-Mirazo et al., 2004). Esta corta definición abarca varias características que son comunes a todos los seres vivos, desde los organismos más simples hasta los más complejos, y entre ellas se encuentran:

Organización celular: del mismo modo que el átomo es considerado la unidad básica de la materia, la célula es la unidad fundamental de cualquier forma de vida, ya que en ella se producen las reacciones necesarias para sustentarla de manera autónoma (Ruiz & Umerez, 2018). Se denominan organismos **unicelulares** a los organismos constituidos por una sola célula (ejemplo bacterias, protistas), mientras que los organismos constituidos por dos o más células se denominan **pluricelulares** (ejemplo animales y plantas). Estos a su vez están conformados por diferentes tipos de células (ver apartado 2.1).

Metabolismo: conjunto de reacciones bioquímicas que tienen lugar en las células y a partir de las cuales los seres vivos utilizan los nutrientes y energía de su entorno para producir compuestos que permitan mantener su estructura, así como diversos procesos celulares. La principal molécula energética para llevar a cabo estas reacciones es el nucleótido adenosín trifosfato o ATP, el cual está constituido por una base nitrogenada (adenina), un azúcar de 5 carbonos (ribosa) y tres grupos fosfato (PO₄). A grandes rasgos, dos procesos han sido descritos:

- ❖ **Anabolismo:** proceso de **síntesis** de moléculas complejas a partir de moléculas más simples mediante el **consumo** de energía (ATP). Ejemplos: fotosíntesis, síntesis de proteínas a partir de aminoácidos, síntesis de glúcidos a partir de glucosa.
- ❖ **Catabolismo:** proceso de degradación de moléculas complejas tales como azúcares, lípidos o proteínas en moléculas más simples mediante la **liberación** de energía (ATP). Ejemplos: fermentación, Oxidación-β, ciclo de Krebs.

Un estado lejos del equilibrio: al mantener su estructura mediante los diversos procesos metabólicos, los seres vivos reducen su entropía incrementando la de su entorno (Ruiz y Umerez, 2018).

Respuesta a los estímulos: los seres vivos poseen la capacidad de reaccionar frente a los cambios físicos o químicos (estímulos) de su entorno. Por ejemplo, las estomas presentes en las hojas de las plantas son los encargados de regular la pérdida de agua, así como el intercambio de gases como respuesta a diversos estímulos tales como: luz solar, oscuridad, concentración de CO₂ y agua, las cuales provocan su apertura o cierre.

Crecimiento: Todo ser vivo es capaz de aumentar su número y masa celular mediante el empleo y asimilación de los recursos disponibles en su entorno. En los organismos unicelulares (ejemplo *Saccharomyces cerevisiae*) el crecimiento estará determinado por el incremento de su masa celular, mientras que en organismos pluricelulares el aumento en el número de células dará como resultado la formación de estructuras más complejas tales como tejidos, órganos, aparatos o sistemas.

Reproducción: proceso por el cual los seres vivos crean nuevos organismos, transmitiendo su información genética con el fin de permitir su supervivencia y perpetuarse a través del tiempo. Existen dos tipos de reproducción claramente distinguibles y son: reproducción sexual y asexual (Tabla 1).

Tabla 1

Características de la reproducción sexual y asexual

Reproducción sexual	Reproducción Asexual	Reproducción Sexual y Asexual
Biparental	Uniparental	Emplean ADN para generar un nuevo individuo
Posee células sexuales o gametos	No posee células sexuales	
Existe variación genética	No existe variación genética	
Descendientes parecidos pero no genéticamente idénticos	Descendientes genéticamente idénticos al progenitor	Producen descendencia, la cual crece y se desarrolla, perpetuándose en el tiempo
Lenta, energéticamente más costosa	Rápida, energéticamente eficiente	
Generalmente en organismos pluricelulares	Generalmente en organismos unicelulares	

Evolución: son las modificaciones en los rasgos de una especie que permiten su transformación (mutaciones) y adaptación a los diversos cambios que ocurren en su entorno (selección natural) a lo largo del tiempo.



Dato interesante: ¿Los virus son organismos vivos?

Los virus son partículas compuestas por ácidos nucleicos ya sea ADN o ARN, los cuales comparten algunas características descritas en los seres vivos tales como su capacidad para mutar, replicarse y evolucionar. Esto ha llevado a considerar a los virus como vivos. Sin embargo, estos argumentos no son lo suficientemente robustos para considerarlos como tales.

El asunto se vuelve más complejo, por ejemplo, cuando se analizan los virus informáticos, los cuales pueden ser programados para producir copias de sí mismos (replicarse) con ligeras variaciones (mutaciones) y así evolucionar para evadir los distintos software antivirus. Basado en estos criterios, los virus informáticos podrían ser considerados también como entes vivos. No obstante, hay que tener en cuenta un punto crucial, y es que los virus ni se replican ni evolucionan por sí solos, son las células a las cuales infectan las que proporcionan los genes que permiten su replicación y evolución. Esto sumado al hecho de que todos los virus carecen de un ancestro en común. Este debate se ha llegado a esclarecer en los últimos años, estableciendo que los virus son solamente “materia orgánica compleja inanimada”. Una idea mucho más clara se visualiza cuando comparamos a los virus con la unidad básica de los seres vivos: la célula.

Tabla 1.2 Comparación de las características celulares y virales

Característica	Célula	Virus
Información genética	Si	Si
Auto mantenimiento	Si	No
Autorreplicación	Si	No
Evolución	Si	Por medio de las células
Ancestro común	Si	No
Genes involucrados en el metabolismo del carbono	Si	Origen celular
Genes involucrados en el metabolismo energético	Si	Origen celular
Genes involucrados en la síntesis de proteínas	Si	Origen celular

Si deseas ampliar tu conocimiento en el tema lo puedes encontrar en: Moreira y López-García (2009).

1.5 Clasificación de los seres vivos

Figura 16

(European green lizard) en Szögliget, Hungría



Autor: María Salinas.

Durante muchos años, el ser humano sintió la necesidad de estudiar y tratar los diferentes seres vivientes con los que se rodeaba. Ya sea por curiosidad, por seguridad, por un beneficio alimenticio o medicinal, los primeros biólogos encontraron rasgos y características en común que les permitió formular nuevas teorías sobre el origen de la vida, evolución, el esencialismo, el creacionismo, el catastrofismo, entre otras.

Aristóteles fue un filósofo y científico griego que observó que los seres vivos compartían ciertas afinidades, características que servían para agruparse y formar una escalera, donde cada forma de vida tenía su peldaño.

Carlos Linneo era un médico sueco y amante de las plantas. Implementó un sistema binomial para clasificar y nombrar a los seres vivos, sistema que hasta la actualidad se utiliza en la rama de la biología llamada Taxonomía.

Inicialmente, el sistema desarrollado por él, describía especies creadas y no evolucionadas. Sin embargo, años más tarde Darwin incluyó al sistema de Linneo, la teoría de la adaptación como mecanismo de la evolución de las especies.

Sistema de Clasificación Taxonómica

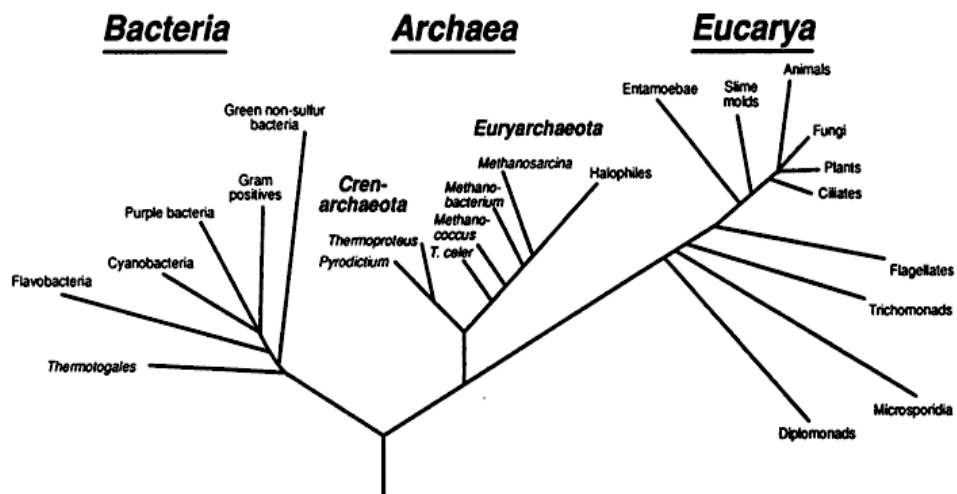
Aunque en años pasados la observación fue un pilar importante, la forma de ver similitudes y diferencias a veces resultaba muy subjetiva. A medida que la tecnología y el conocimiento han ido avanzando, varias herramientas son utilizadas para clasificar a los seres vivos. Actualmente, el sistema de clasificación se basa en el estudio de las relaciones genealógicas o filogenéticas entre organismos. Un estudio filogenético requiere metodologías de reconstrucción incluyendo: métodos basados en distancia, métodos de máxima similitud y métodos bayesianos.

La bioinformática es una herramienta esencial para reconstruir relaciones genealógicas, la comunidad científica ha desarrollado gran cantidad de información en forma de base de datos, que en cada estudio se realizan miles de millones de comparaciones buscando similitudes genéticas.

En 1990, varios investigadores liderados por Woese secuenciaron ARN ribosomal 16S y 18S, luego de varios análisis y observaciones fenotípicas, concluyeron su investigación con el primer árbol que incluía dominios. Este árbol fue conocido como el árbol de la vida (Figura 17).

Figura 17

Árbol filogenético universal enraizado que muestra los tres dominios, obtenido a partir de la comparación de ARNr 16S (Woese, 1990)



Los descubrimientos llevados a cabo arrojan nuevas formas de clasificar, cada vez los rasgos o criterios son más detallados y específicos. Según los resultados obtenidos hasta ahora (2021), existen tres dominios que agrupan a todos los organismos existentes: Arquea, Bacteria y Eucarya. Por debajo de los dominios se encuentran cinco reinos conocidos como: Eubacteria, Archaeobacteria, Protista, Fungi, Plantae y Animalia.

Woese et al. (1990) afirma que los tres dominios provienen de un ancestro común. Arquea y Eucarya formaron un grupo diferente al de las bacterias, sin embargo, por mecanismos evolutivos se separaron formando dos grandes dominios.

En la Tabla 2 se puede observar algunos de los criterios que hacen que estos dominios se encuentren separados.

Tabla 2

Comparación entre los dominios Bacteria, Arquea y Eucarya

Criterio	Bacteria	Arquea	Eucarya
Membrana nuclear	Ausente	Ausente	Presente
Membrana en organelos	Ausente	Ausente	Presente
Pared celular con peptidoglicanos	Ausente	Ausente	Presente
Membrana de lípidos	Ligado a ésteres no ramificado	Ligado a ésteres ramificado	Ligado a ésteres ramificado
Tamaño ribosomal	70S	70S	80S
ARNt iniciador	Formilmetionina	Metionina	Metionina
Operones	Presente	Presente	Ausente
Plásmidos	Común	Ocasional	Raro
ARN polimerasa	Una	Algunas	Tres
Sensibilidad a antibióticos (cloranfenicol y estreptomina)	Presente	Ausente	Ausente
Metanogénesis	Ausente	Presente	Ausente
Fijador de nitrógeno	Presente	Presente	Ausente
Fotosíntesis basada en clorofila	Presente	Ausente	Presente

Debido a la gran cantidad de organismos que necesitaron ser clasificados, se creó una nomenclatura para nombrarlos y categorizarlos. Los organismos se agrupan y se ordenan en una jerarquía, empezando desde los niveles superiores donde están aquellos individuos con menor grado de similitud entre ellos, hasta los niveles inferiores donde se encuentran aquellos con mayor grado de parecido. Cada grupo se denomina Taxón, los individuos del mismo comparten características comunes y un solo ancestro común.

Las categorías taxonómicas ordenadas jerárquicamente son: Dominio, Reino, Filo o División, Clase, Orden, Familia, Género y Especie. Cada taxón puede tener categorías intermedias como por ejemplo subespecie y superorden.

El sistema de clasificación taxonómica utiliza una nomenclatura binomial estandarizada para nombrar los diferentes organismos. Consiste en dos nombres, el primer nombre hace referencia al género y se escribe con mayúscula y el segundo nombre describe la especie y se escribe en minúscula. Además, es obligatorio resaltar el nombre de la especie ya sea subrayándolo, colocándolo en letra cursiva o con negrita. En la Tabla 3 se detalla los sufijos de cada taxón en los diferentes reinos.

Tabla 3
Sufijos empleados en el sistema de clasificación de los seres vivos

Taxón	Monera	Protista	Plantae	Fungi	Animalia
División/filo (Phylum)		phyta			
Clase		-phyceae	-opsida		
Orden	-ales				
Familia	-aceae				-idae
Género					
Especie	Varias terminaciones				

Nomenclatura del sistema de jerarquía (Pachés, 2019)



Dato interesante: Ecuador es rico en su biodiversidad y tiene la oportunidad de bautizar nuevas especies.

Según el Ministerio de Ambiente, Ecuador es conocido como el destino verde líder del mundo. La biodiversidad ecuatoriana y sus microclimas dan la oportunidad a que nuevas especies sean descubiertas.

Solamente en el 2018 se descubrieron 3 nuevas especies:

Colibrí estrella de Garganta azul: *Oreotrochilus cyanolaemus*

Lagartija: *Anolis Dracula*

Rana: *Hyloscirtus hillisi*

Si deseas ampliar tu conocimiento en el tema lo puedes encontrar en: La página web del Ministerio de Turismo del Ecuador, 2022.

Unidad 2

Biomoléculas



Figura 18

Laguna del Parque nacional Cayambe-Coca



Autor: Natasha Baer

Figura 19

Laguna Mapahuiña-Achupallas-Ecuador



Autor: Cristina Calderón

2.1 Agua

El agua es una molécula aparentemente simple, sin embargo, es una molécula química y físicamente sorprendente formada por dos átomos de hidrógeno que se unen al átomo de oxígeno mediante enlaces covalentes polares.

Esta molécula es polar debido a que el oxígeno tiene una carga negativa parcial y los hidrógenos tienen una carga positiva parcial; y mediante una atracción eléctrica, el agua atrae a otras moléculas polares, es decir, el hidrógeno que está levemente positivo es atraído hacia el oxígeno que es levemente negativo, las dos moléculas se mantienen unidas por un enlace de hidrógeno. Además, las moléculas de agua en estado líquido están cambiando constantemente, en un determinado momento muchas moléculas de agua tendrán múltiples enlaces de hidrógeno.

2.1.1 Propiedades importantes del agua

Cohesión

Es el fenómeno químico donde los enlaces de hidrógeno del agua son los responsables de mantener a la sustancia unida, esto debido a que se sabe que los enlaces de hidrógeno son muy frágiles y cambian constantemente, un enlace de hidrógeno dura unos pocos billones de segundos pero las moléculas están formando nuevos enlaces constantemente.

Gracias a esta propiedad, los árboles más altos son capaces de transportar agua desde el suelo hacia la copa, debido a la evaporación de las hojas, el agua sube desde las raíces a través de las células conductoras de agua, la cohesión producida por el enlace de hidrógeno mantiene unida la columna de agua dentro de las células además, la adhesión de agua a las paredes celulares ayudan a resistir la gravedad (Vilée et al., 1988).

Tensión superficial

Se conoce como tensión superficial a la medida de la dificultad para estirar o romper la superficie de un líquido. Existe algunos insectos que son capaces de caminar sobre el agua debido a la tensión superficial que ésta posee, entre el agua y el aire se encuentran moléculas de agua ordenadas, unidas por enlaces de hidrógeno entre sí y a las moléculas de agua por debajo formando una película invisible, capaz de soportar el peso de un insecto (Figura 20).

Figura 20

Araña que camina sobre el agua por la tensión superficial



Nota. tomada <https://pixabay.com/es/photos/araña-insecto-agua-naturaleza-1401262/>

Regulación de la temperatura

El agua posee un elevado calor específico debido a la presencia de enlaces o puentes de hidrógeno en la molécula.

Es decir, cuando el agua absorbe calor los puentes de hidrógeno se rompen y cuando libera calor los enlaces de hidrógenos se forman entre las moléculas de agua. Al tener un elevado calor específico el agua necesita más calorías para provocar un cambio

en la temperatura del agua. Esto principalmente porque el calor se utilizará para romper enlaces de hidrógeno antes de incrementar la energía cinética entre moléculas. Gracias a esta propiedad, los grandes cuerpos de agua como océanos y mares mantienen las fluctuaciones de temperatura sobre la tierra dentro de los límites que permiten la vida Villedo et al. (1988).

Enfriamiento por evaporación

El agua posee un calor de vaporización elevado, es decir que para evaporar un gramo de agua a 25° C se requiere alrededor de 580 calorías de calor (casi el doble de calorías que se necesitan para evaporar alcohol o amoníaco). El alto calor de vaporización del agua permite regular el clima en el planeta tierra. A medida que un líquido se evapora, la superficie del líquido que queda se enfría. Esto se lo conoce como enfriamiento por evaporación y se debe a que las moléculas que adquirieron más calor se evaporan y las moléculas que quedan y que no alcanzaron a recibir esta energía se enfrían o pierden energía cinética.

El enfriamiento por evaporación del agua controla la estabilidad de la temperatura en los lagos. Además, evita que los organismos terrestres se sobrecalienten, como por ejemplo el agua de las hojas de una planta, el agua de la superficie se evaporará dejando moléculas de agua fría que evitarán que los tejidos en las hojas se calienten demasiado a la luz del sol. La evaporación de la transpiración en un humano también es considerada como método de protección, la transpiración que se encuentra de forma líquida absorberá la energía del calor y se evaporará protegiendo así a los tejidos de la piel. Cuando en un ambiente existe humedad genera incomodidad en ciertas personas debido a que la alta concentración de vapor en el aire inhibe la evaporación de la transpiración.

Expansión del agua

El agua es una sustancia que es menos densa cuando está en estado sólido que cuando está de forma líquida, en otras palabras el hielo flota en el agua líquida. Una de las características de los del estado físico de la materia es que las sustancias cuando se contraen se solidifican, esto no sucede con el agua que cuando se solidifica se expande.

La causa de este comportamiento se debe a los enlaces de hidrógeno, mientras la temperatura supere los 4° C el agua se comporta como otros líquidos, expandiéndose cuando se calienta y contrayéndose a medida que se enfría. Cuando el agua comienza a congelarse sus moléculas ya no se mueven y cuando la temperatura cae hasta 0° centígrados el agua forma una red cristalina y cada molécula de agua está unida por 4 moléculas más, es decir, que los enlaces de hidrógeno mantienen a las moléculas suficientemente separadas para que el hielo sea 10% menos denso que el agua líquida. A 4° C cuando la temperatura sube nuevamente así los enlaces de hidrógeno entre las moléculas se rompen y el cristal se deshace, el hielo se funde y las moléculas quedan libres para acercarse a otras moléculas más cerca entre sí, el agua es más densa a 4° centígrados y luego comienzan a expandirse a medida que las moléculas se mueven más rápidamente.

Esta propiedad del agua tiene una importancia en la actividad del medio. Si el hielo llegara a hundirse, los estanques, lagos e incluso los océanos se solidificarían y sólo en verano la superficie de los océanos se descongelaría, en invierno los cuerpos de agua forman una capa de hielo flotante que evita que el agua debajo de este se congele permitiendo la vida acuática.

El agua como solvente

Aunque se ha dicho que el agua es un solvente universal, las propiedades del agua no le permiten ser capaz de disolver todas las sustancias existentes, por ejemplo el agua y el aceite son sustancias que no se pueden mezclar. Sin embargo, el agua es muy versátil y compatible con varias sustancias debido a la polaridad de su estructura molecular.

Una solución es un líquido que contiene una mezcla homogénea de 2 o más sustancias. Se denomina solvente a aquella sustancia en la que se disuelve el soluto; y soluto es la sustancia disuelta en el solvente. Se denomina solución acuosa aquella en la que el solvente es agua.

Para que el agua pueda formar una solución acuosa con el soluto, este debe ser iónico o compuesto por moléculas polares no iónicas como por ejemplo los azúcares. Existen otras moléculas muy grandes como las proteínas que tienen regiones iónicas y

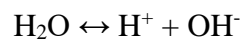
polares que pueden disolverse en agua. Además de las proteínas, existen otros tipos diferentes de compuestos polares que pueden diluirse en agua como la sangre, la savia de las plantas, y el líquido que está dentro de las células.

Una sustancia hidrófila es aquella que tiene afinidad por el agua. La palabra hidrófila viene del griego hydor que significa agua y philos que significa amante de. Sin embargo, hay moléculas formando componentes celulares que son hidrófilas, pero por su tamaño y propiedades no se disuelven en agua y se mantienen suspendidos, cuando esto sucede es una mezcla coloide una suspensión estable de moléculas finas en un líquido.

Existen otras sustancias que no tienen afinidad por el agua, estas sustancias denominadas hidrófobas (palabra griega que significa miedo al agua). Existen este tipo de sustancias muy importantes en la célula, por ejemplo, las membranas celulares deben tener tal capacidad hidrófoba para no disolverse en el medio y guardar todo el contenido celular.

2.1.2 El agua y el pH en organismos vivos

Recordemos que el agua está compuesta por dos átomos de hidrógeno y un átomo de oxígeno, su formación está basada en la siguiente reacción:



H^+ Ion hidrógeno

OH^- Ion hidróxido

La flecha doble de la reacción indica que la reacción es reversible. Cuando la molécula de agua se disocia el átomo de hidrógeno abandona su electrón y se queda con un protón de carga positiva. La molécula de agua es ahora un Ion hidróxido que tiene una carga negativa.

Cuando hablamos de un volumen de agua pura, las moléculas se encuentran en abundancia y en equilibrio (pH neutro igual concentración de H y OH), sin embargo, si agregamos ciertos solutos ácidos o básicos se rompe el equilibrio y consecuentemente cambia el pH. Para clasificar la solución como ácida o básica es necesario utilizar la escala de pH.

El pH de una solución es el logaritmo negativo en base 10 de la concentración de iones de hidrógeno:

$$\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$$

La escala de pH relaciona el intervalo de las concentraciones H^+ y de OH^- empleando logaritmos, por ejemplo, para una solución acuosa neutra el cálculo sería el siguiente:

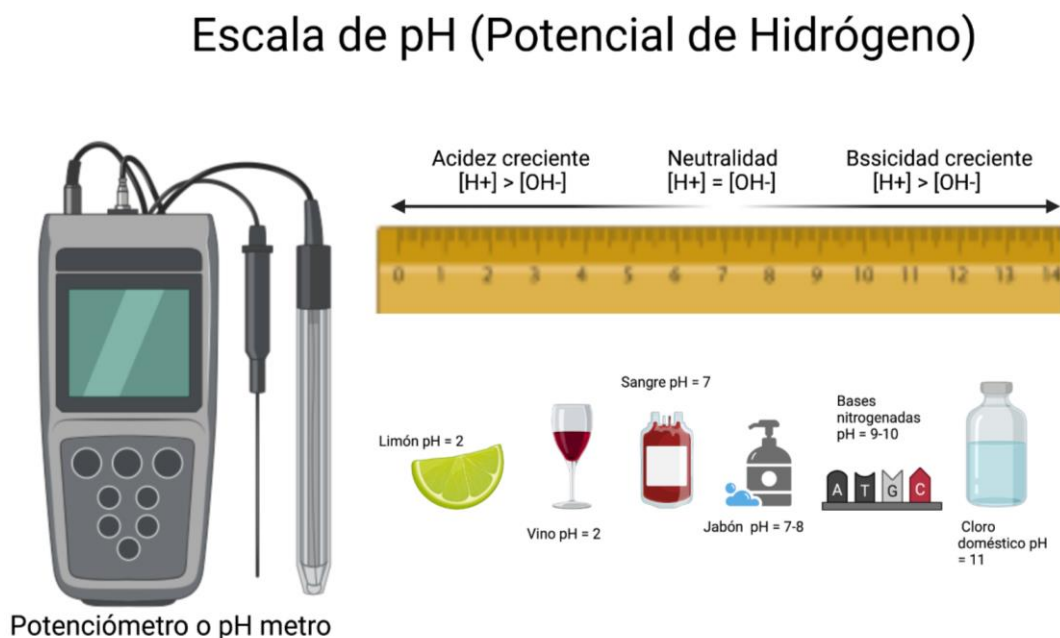
$$-\log 10^{-7} = -(-7) = 7$$

Donde 10^{-7} es la concentración de H^+ . Una unidad de pH representa una diferencia de 10 veces en la concentración de H^+ y OH^- , por ejemplo una solución de pH 3 no es el doble de ácida que una solución de pH 6 sino 1000 veces más ácida.

En la siguiente escala de pH se puede observar que si la concentración de H^+ aumenta el pH disminuye y la solución es ácida. Mientras que cuando la concentración de OH^- aumenta y la concentración de hidrógeno disminuye, el pH aumenta y es una solución básica.

Figura 21

Escala de pH y valores de soluciones acuosas. Potenciómetro o pH metro es un instrumento diseñado para medir el pH de soluciones



Buffers

La célula es muy sensible a los cambios de pH del medio. La mayoría de las células pueden verse afectadas por el aumento de iones de hidrógeno e hidroxilo producidos en las reacciones químicas. Los buffers o soluciones amortiguadoras son soluciones que minimizan los cambios de las concentraciones de iones hidrógeno y de iones de hidróxido por lo que mantienen un pH adecuado para la célula. Un buffer retiene los iones de hidrógeno cuando están en exceso y donan dichos iones a la solución cuando el medio lo necesite o cuando esté muy básico. La mayoría de soluciones buffers contiene una forma ácida y una forma básica en su estructura molecular para poder aceptar y ceder según la necesidad del medio celular.

2.2 Sales minerales

Las sales minerales son sustancias inorgánicas y están presentes en todos los tejidos. Su presencia y su abundancia forman parte de los procesos normales biológicos.

Los minerales pueden ser clasificados como macro, micro y ultra microelementos. Los *macrominerales* están presentes en cantidades mayores a 100 mg/dl y los micro minerales son necesarios en cantidades menores a 100 mg/dl. Los ultra microelementos o elementos que están en trazas incluyen el boro, el arsénico y el níquel.

Las proteínas, grasas, carbohidratos y vitaminas son considerados nutrientes esenciales, además muchos estudios han demostrado la importancia de los minerales para la nutrición de humanos y de animales considerándose como micronutrientes por su diferencia de abundancia con respecto a los nutrientes esenciales.

Un problema de salud pública es la deficiencia de micronutrientes principalmente de hierro que involucra menor capacidad para trabajar, deficiencia en el sistema inmunológico, complicaciones en el embarazo, problemas cognitivos, complicaciones en el aumento de peso en recién nacidos y mortalidad materna en casos severos de anemia. La presencia de elementos minerales en la nutrición de humanos, animales y plantas es vital para los procesos metabólicos y se tiene la gran evidencia de los problemas causados por la deficiencia de estos micronutrientes.

Por ejemplo, los forrajes usados para alimentar animales generalmente usan minerales del suelo, en muchas zonas tropicales los suelos no poseen micronutrientes necesarios o su acidez dificulta su absorción y los animales que consumen ese forraje crecen con problemas reproductivos.

El calcio está relacionado con la firmeza de las frutas y su requerimiento está relacionado con la integridad de la membrana celular y estabilidad de la pared celular.

El selenio actúa como antioxidante e incrementa la función inmune. Además, el zinc es altamente recomendado para pacientes con VIH ya que el zinc mejora el sistema inmunológico y aumentan los niveles bajos de calcio (Soetan, 2010).

Existen varios factores que afectan directa o indirectamente los niveles de los minerales en plantas y consecuentemente las cantidades disponibles para humanos y animales que dependen de las plantas como alimento.

Además, las consecuencias de la deficiencia de elementos minerales son variadas y se resume algunos ejemplos en las Tablas 4 y 5, respectivamente.

Tabla 4
Cuadro Funciones y deficiencias de macroelementos en plantas

Elemento	Forma Disponible en la planta	Función principal	Síntomas de deficiencia
Carbono	CO ₂	Componente orgánico principal de plantas	Crecimiento retardado
Oxígeno	CO ₂	Componente orgánico principal de plantas	Enanismo de plantas
Hidrógeno	H ₂ O	Componente orgánico principal de plantas	Enanismo de plantas
Nitrógeno	NO ₃ , NH ₄ ⁺	Componente de ácidos nucleicos, proteínas, hormonas, coenzimas y clorofila.	Hojas débiles y amarillentas
Azufre	SO ₄ ²⁻	Componente de proteínas, vitaminas y coenzimas	Crecimiento reducido y hojas amarillentas
Fósforo	H ₂ PO ₄ ⁻ , HPO ₄ ²⁻	Componente de ácidos nucleicos, fosfolípidos, adenosín trifosfato y coenzimas	Crecimiento reducido en frutos, hojas moradas y escasa producción de semillas.
Potasio	K ⁺	Cofactor para la síntesis de proteínas, activación de enzimas y osmosis.	Hojas pequeñas curvadas con manchas quemadas en los márgenes raíces y tallos débiles
Calcio	Ca ²⁺	Formación de las paredes celulares y mantenimiento de la estructura de la membrana y su permeabilidad, activa enzimas y regula respuestas a estímulos.	Hojas deformadas, tejidos quemados y raíces reducidas
Magnesio	Mg ²⁺	Componente de la clorofila y activador de enzimas	Caída prematura de hojas
Carbono	CO ₂	Componente orgánico principal de plantas	Crecimiento retardado

Tabla 5*Cuadro Funciones y deficiencias de microelementos en plantas*

Elemento	Forma Disponible en la planta	Función principal	Síntomas de deficiencia
Cloruros	Cl ⁻	Funciones en el balance de agua, función de la raíz y en la fotólisis	Clorosis, marchitez de hojas y muertes de hojas
Hierro	Fe ³⁺ , Fe ²⁺	Componente de citocromos, interviene en el transporte de electrones, activa algunas enzimas e interviene en la síntesis de la clorofila	Clorosis y líneas verdes y amarillas en forrajes
Boro	H ₂ BO ₃	Cofactor en la síntesis de clorofila, intervienen en la floración, germinación, producción de frutas, división celular y nitrógeno del metabolismo	Ramas laterales muertas, hojas delgadas y curvadas
Manganeso	Mn ²⁺	Intervienen en la formación de aminoácidos, activación enzimática, tiene actividad en coenzimas, interviene en la fotosíntesis y en la síntesis de la clorofila.	Hojas verdosas claras con venas verdes hojas blanquecinas y caída prematura de hojas
Zinc	Zn ²⁺	Interviene en la formación de la clorofila, activación enzimáticas, formación de auxinas, cloroplastos y almidones	Clorosis, raíces anormales
Cobre	Cu ⁺ , Cu ²⁺	Componente de enzimas redox	Clorosis, puntos muertos en hojas, crecimiento reducido, tejidos terminales muertos necrosis en hojas jóvenes
Molibdeno	MoO ₄ ²⁺	Componente esencial en la fijación del nitrógeno, cofactor enzimático en la reducción de nitratos y componente enzimático del metabolismo del nitrógeno	Posible deficiencia de nitrógeno, hojas de color verde pálido y enrollados, hojas punteadas y necrosadas
Níquel	Na ²⁺	Cofactor enzimático en el metabolismo del nitrógeno	
Cloruros	Cl ⁻	Funciones en el balance de agua, función de la raíz y en la fotólisis	Clorosis, marchitez de hojas y muertes de hojas
Hierro	Fe ³⁺ , Fe ²⁺	Componente de citocromos, interviene en el transporte de electrones, activa algunas enzimas e interviene en la síntesis de la clorofila	Clorosis y líneas verdes y amarillas en forrajes

2.2.1 Funciones bioquímicas de los minerales en humanos y animales

Aproximadamente existen 20 elementos minerales que son esenciales para los vertebrados y muchos invertebrados. En las Tablas 6 y 7 se resumen algunas funciones de los nutrientes minerales más importantes (FAO, 2010).

Tabla 6
Macronutrientes, función biológica y absorción

Macronutriente	Función biológica	Absorción
Calcio	Componente de huesos, cartílagos y exoesqueletos, coagulación de la sangre, activador enzimático, contracción muscular e impulso nervioso, permeabilidad de la membrana celular, absorción <i>de vitamina B12</i> .	El calcio se absorbe a través del tracto gastrointestinal con la ayuda de la vitamina D3. En caso de peces y crustáceos la absorción se da por las branquias.
Fósforo	Componente esencial de huesos, cartílagos y exoesqueleto, componente de fosfolípidos, ácidos nucleicos, fosfoproteínas, ésteres de fosfato enzimas.	Absorción a través de la piel, aletas, branquias de peces y camarones, sin embargo para absorber cantidades considerables se necesita una ingesta de cereales y oleaginosas.
Magnesio	Componente de huesos, cartílagos y exoesqueletos, activador de varios sistemas enzimáticos. Estimulador del músculo y contracción muscular, metabolismo de carbohidratos, proteínas y lípidos.	Es absorbido a través del tracto gastrointestinal branquias piel y aletas de peces y crustáceos.
Sodio potasio y cloro	Se encuentran en los fluidos y tejidos blandos del cuerpo, intervienen en el control de la presión osmótica y en el equilibrio ácido base. El potasio cargado positivamente regula la presión osmótica intracelular. El potasio y el sodio tiene un efecto estimulante en la irritabilidad muscular El cloro interviene en el transporte de oxígeno hidróxido de carbono y también se encuentra en los ácidos digestivos.	Son absorbidos a través del tracto gastrointestinal a través de la piel aletas y branquias de peces y crustáceos.
Azufre	Componente esencial de aminoácidos vitaminas y hormonas.	Son absorbidos por el tracto gastrointestinal en peces y camarones

Tabla 7*Micronutrientes, función biológica y absorción*

Micronutriente	Función biológica	Absorción
Hierro	<p>Componente esencial de pigmentos respiratorios hemoglobina y mioglobina.</p> <p>Componentes de citocromos, catalasas y peroxidasas.</p> <p>Transporte de electrones y oxígeno.</p>	El hierro es absorbido a través del tracto gastrointestinal, branquias, aletas y piel de peces y crustáceos.
Zinc	<p>Componente de metalo enzimas, cofactor de enzimas, metabolismo de lípidos proteínas y carbohidratos.</p>	El zinc es absorbido a través del tracto gastrointestinal a través de branquias aletas y piel de peces y crustáceos
Manganeso	<p>Activador enzimático en actividades de transferencia de grupos fosfatos.</p> <p>Componente esencial de la enzima piruvato carboxilasa.</p> <p>Esencial en la formación de huesos regeneración de células sanguíneas metabolismo de carbohidratos y el ciclo reproductivo.</p>	El manganeso es absorbido del tracto gastrointestinal a través de branquias aletas y piel de peces y crustáceos
Cobre	<p>Componente de sistemas enzimáticos que realizan oxidación y reducción.</p> <p>Componentes de la enzima Ferroxidasa.</p> <p>Metabolismo del hierro en la síntesis y mantenimiento de células de la sangre.</p> <p>Intervienen la pigmentación de la piel.</p>	Es absorbido por el tracto gastrointestinal por las branquias aletas y piel de peces y crustáceos

2.2.2 Toxicidad por minerales

El principal peligro de la ingesta de minerales es la potencialidad que poseen algunos elementos en bioacumularse, por ejemplo, el cobre, plomo, cambio, mercurio, arsénico, molibdeno y vanadio.

Además, en los desechos de algunas producciones pueden contener metales contaminantes como por ejemplo en la producción de aves se puede encontrar arsénico, en los desechos de la pulpa del café se puede encontrar plomo y en la harina de pescado se puede encontrar mercurio, selenio, arsénico, cadmio y plomo.

Varias investigaciones han demostrado que la ingesta elevada de componentes como zinc, cobre, selenio, cadmio, plomo, cromo y hierro en una dieta para peces y camarones produce síntomas como crecimiento reducido, mortalidad elevada, escoliosis, hiperactividad y anemia.

2.3 Hidratos de carbono

Son los azúcares y almidones que se consumen como alimento, considerados como los mayores proveedores de energía, por su fácil aprovechamiento, aunque en realidad no son esenciales porque el organismo puede obtener energía de grasas y proteínas.

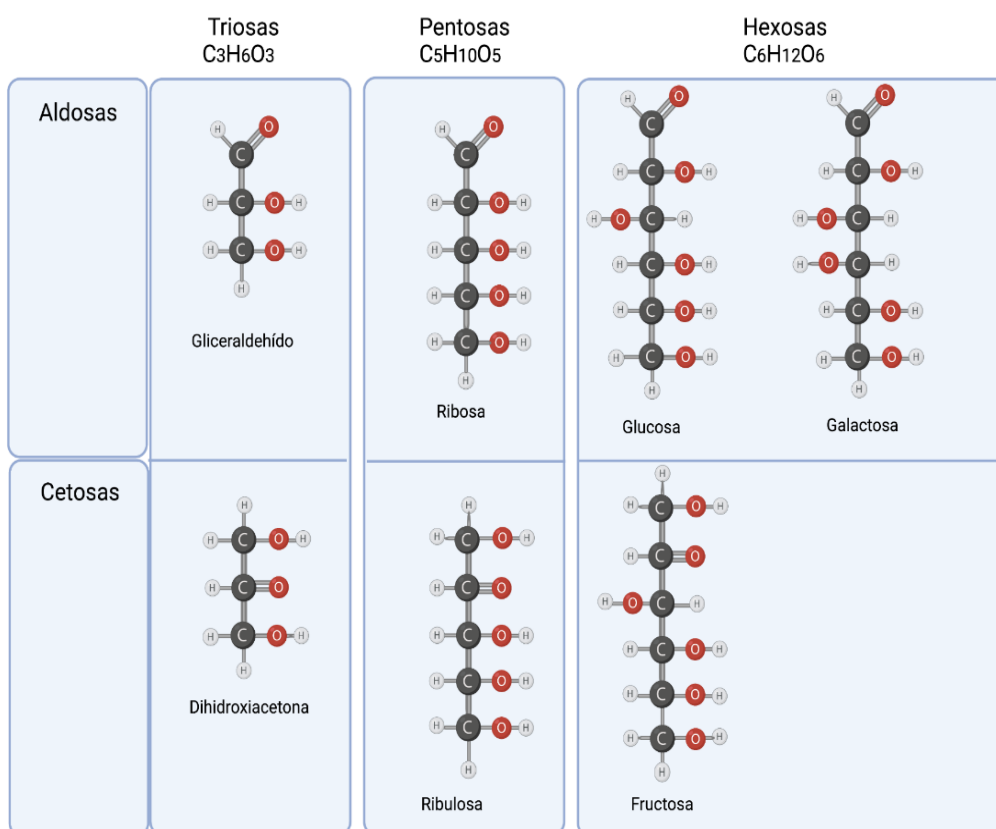
Estructuralmente los carbohidratos pueden ser monosacáridos o azúcares simples, disacáridos que son azúcares dobles compuestos por dos monosacáridos, y polisacáridos que son macromoléculas compuestos de varios componentes químicos de azúcar.

2.3.1 Azúcares

Su estructura química está constituida por carbono, hidrógeno y oxígeno, esta combinación se logra por la unión covalente de carbono y agua en una proporción de 1 a 1 es decir $(CH_2O)_n$ por dicha razón, se los conoce también como carbonos hidratados, en donde n puede ser igual a 3, 4, 5, 6 o 7. Los monosacáridos más comunes son las hexosas $n=6$ y las pentosas $n=5$ pero también se pueden encontrar triosas. Además, todos los monosacáridos contienen un grupo hidroxilo y un grupo aldehído (CHO) o cetona (CO), según el grupo funcional se las conoce también como aldosas o cetosas.

Figura 22

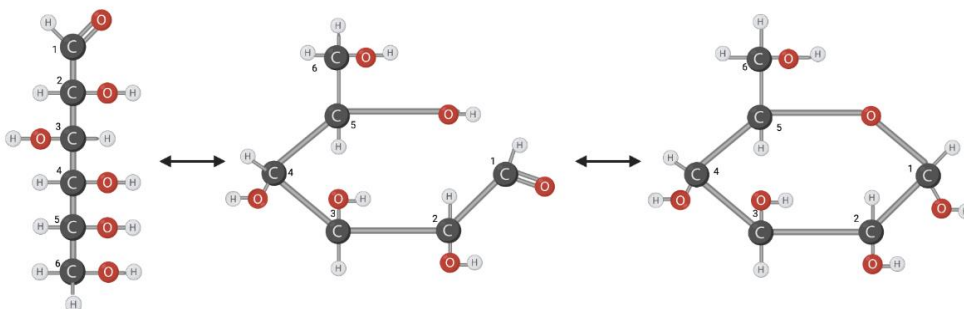
Estructura y clasificación por grupo funcional y por longitud de la cadena de carbonos



La glucosa es un monosacárido simple más conocido por ser considerado como una molécula importante en la química de la vida, ya que es la principal fuente externa de energía. La estructura molecular de la glucosa es $C_6H_{12}O_6$ y puede encontrarse en la naturaleza en forma lineal y cíclica.

Figura 23

Estructura molecular lineal y cíclica de la glucosa



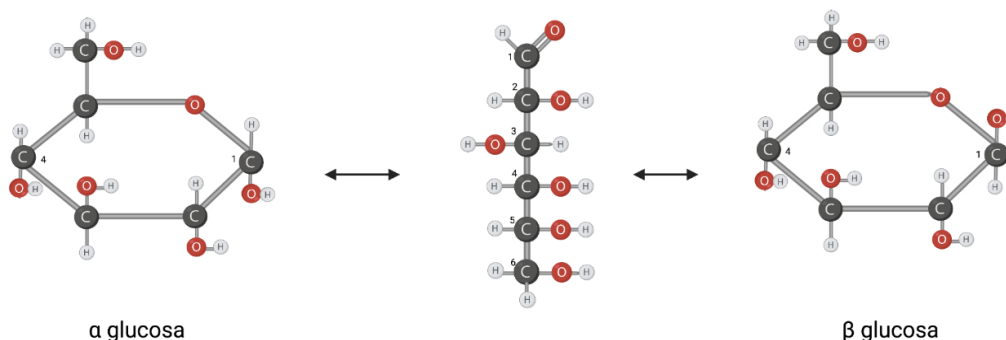
Para formar el ciclo de 5 carbonos de la glucosa, el carbono 1 reacciona con el grupo hidroxilo del carbono 5 formando así el hemiacetal de glucosa llamado glucopiranososa.

La mayoría de azúcares biológicamente importantes contienen 6 carbonos y están relacionados con la glucosa. En la estructura molecular de los monosacáridos hay un centro de asimetría que genera los isómeros D y L. La mayoría de los azúcares encontrados en la naturaleza son de configuración D.

Además, la posición física del grupo hidroxilo del carbono 1 genera una molécula Alfa si el grupo hidroxilo está en la parte inferior o una molécula beta si el grupo hidroxilo está en la parte superior. La configuración estructural de las moléculas tiene importancia biológica, ya que muchas de las enzimas actúan específicamente a una posición del grupo funcional de la molécula.

Figura 24

Estructura molecular lineal y cíclica de la glucosa



2.3.2 Disacáridos

Los disacáridos son dímeros compuestos por dos azúcares unidos por un enlace covalente glucosídico mediante una reacción de deshidratación.

Figura 25

Maltosa formada por la Unión de 2 moléculas de glucosa

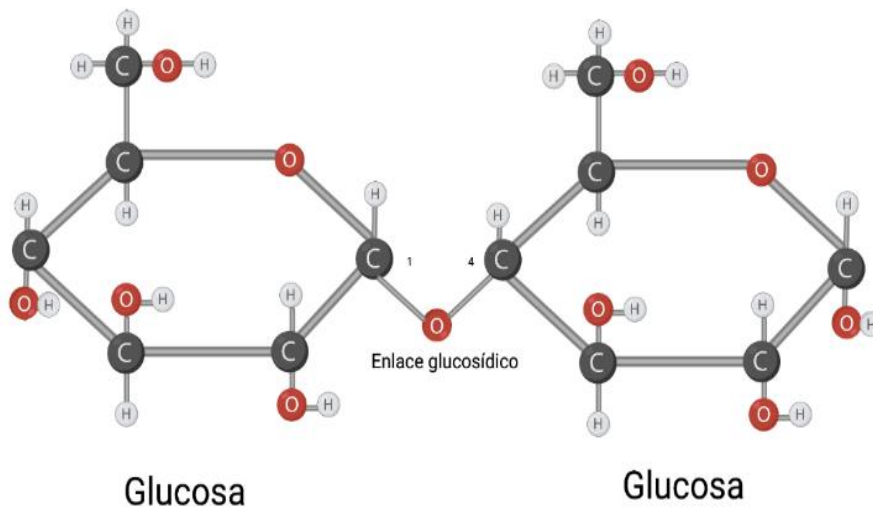


Figura 26

Sacarosa formada por la unión de una glucosa y fructosa

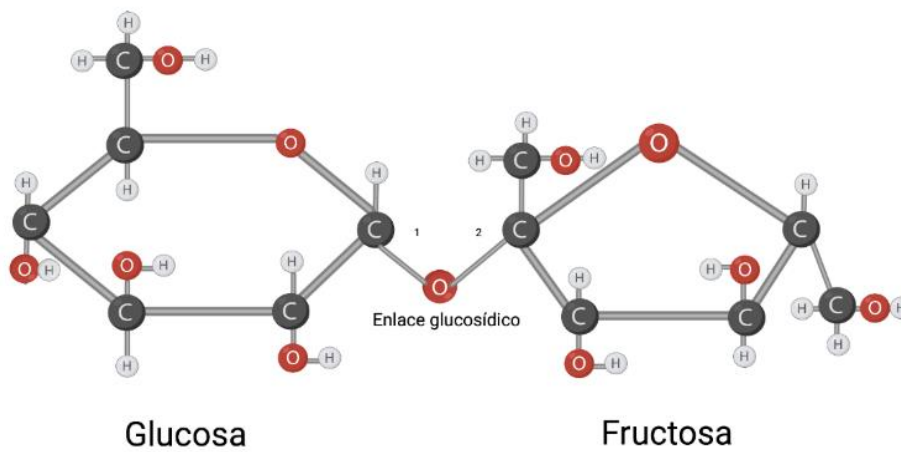
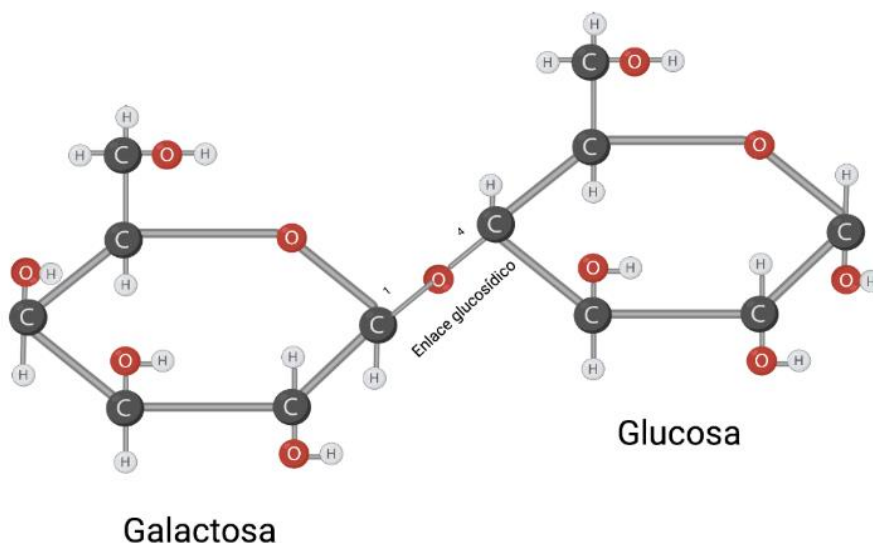


Figura 27

Lactosa formada por una molécula de glucosa y una molécula de galactosa



2.3.3 Polisacáridos

Son macromoléculas o polímeros formados por miles de monosacáridos unidos covalentemente por enlaces glucosídicos. Biológicamente la función de los polisacáridos es básicamente de almacenamiento, cuando la célula adquiere más glucosa de la que necesita forma los polisacáridos que serán hidrolizados cuando las células necesitan azúcar simple como fuente de energía. También existen otros polisacáridos que forman estructuras ya sea de soporte o de protección y otros polisacáridos forman adhesivos que ayudan a mantener unidas las células en los tejidos.

El glucógeno es un polímero de glucosa muy largo y ramificado, es un polisacárido de reserva en células animales, es almacenado principalmente en células hepáticas y musculares, considerado como un combustible temporal ya que las reservas pueden ser consumidas muy rápidamente.

El almidón es un polímero de glucosa y tiene dos formas, una no ramificada que se denomina amilosa y otra ramificada parcialmente denominada amilopectina. Las uniones entre las moléculas de glucosa se dan mediante enlaces entre el carbono 1 y 4 en el caso de la amilosa, mientras que la amilopectina tiene enlaces entre los carbonos 1 y 4 de las moléculas de glucosa y en puntos de ramificación las glucosas están unidas entre los carbonos 1 y 6. El almidón es almacenado en gránulos dentro de las estructuras

celulares denominados plastidios que incluyen los cloroplastos. La célula vegetal almacena glucosa a modo de almidón, la mayoría de los animales tienen enzimas que pueden hidrolizar el almidón vegetal para obtener glucosa disponible como fuente de energía celular.

La celulosa es otro polisacárido vegetal formando el monómero beta de la glucosa y forma parte de las paredes celulares de las plantas, existen enzimas digestivas humanas capaces de hidrolizar enlaces glucosídicos Alfa pero no los enlaces glucosídicos beta. Algunos rumiantes poseen microorganismos que pueden digerir la celulosa, descomponiéndose en monómeros de glucosa por ejemplo en el ganado vacuno estas bacterias se encuentran en el primer compartimiento de su estómago.

Figura 28

Enlaces glucosídicos entre los carbonos 1 y 4 de monómeros de Alfa glucosa en la amilosa del almidón

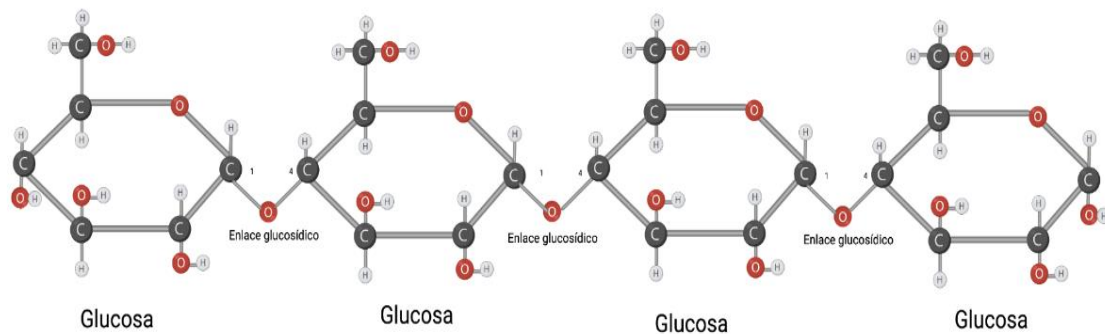
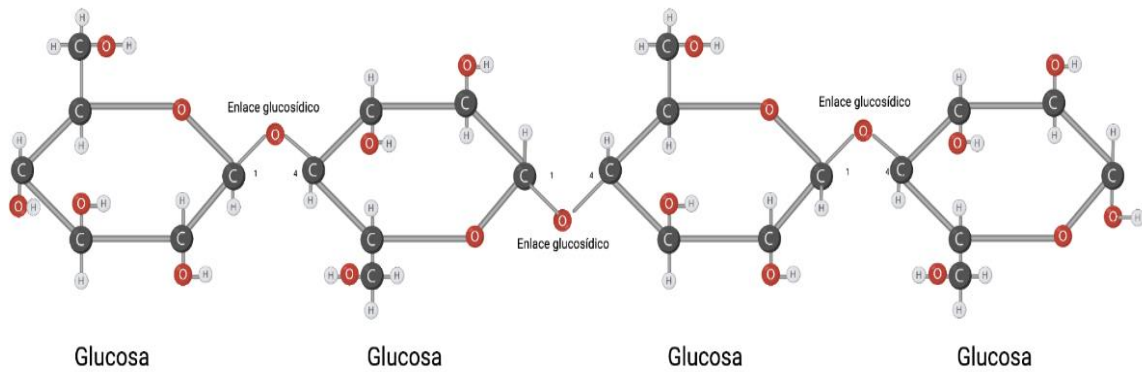


Figura 29

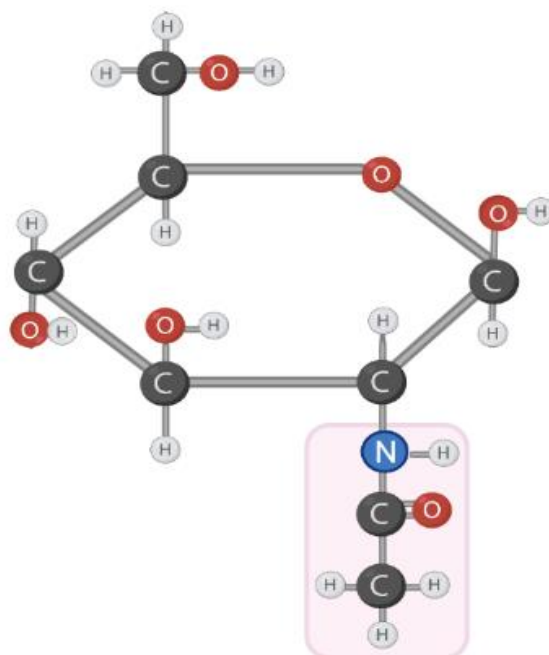
Enlaces glucosídicos entre los carbonos 1 y 4 de monómeros de beta glucosa en la celulosa



La quitina es un polisacárido estructural utilizado por artrópodos para construir sus exoesqueletos que sirven de soporte y de protección. La quitina es blanda, pero se endurece cuando sus moléculas se cubren de carbonato de calcio. La quitina es similar a la celulosa con la diferencia de que el monómero tiene un nitrógeno en su estructura.

Figura 30

Monómero de quitina



2.4 Lípidos

Los lípidos o ácidos grasos son macromoléculas que al igual que los polisacáridos son una fuente de energía importante para muchas células. Además, los ácidos grasos también son precursores de los fosfolípidos y otros lípidos con diferentes funciones en las células. Se encuentran almacenados en forma de triacilgliceroles dentro del tejido adiposo. Los lípidos son un grupo de moléculas altamente variables en función y estructura. A diferencia de los polímeros, los ácidos grasos no están compuestos por monómeros. Los lípidos están constituidos principalmente por una cadena hidrocarbonada unida a un grupo carboxilo (-COOH).

La principal propiedad de estas moléculas es su poca afinidad por el agua, los lípidos y los ácidos grasos son moléculas hidrófobas y aumenta su hidrofobicidad según la longitud de su cadena de hidrocarburos.

2.4.1 Ácidos grasos

Los ácidos grasos pueden tener enlaces simples y se llaman ácidos grasos saturados, aquellos ácidos grasos que poseen al menos un doble enlace son denominados ácidos grasos insaturados y aquellos ácidos grasos que poseen más de un doble enlace se denominan poliinsaturados, por ejemplo, el ácido linoleico y el ácido linolénico que son ácidos no sintetizables por los mamíferos.

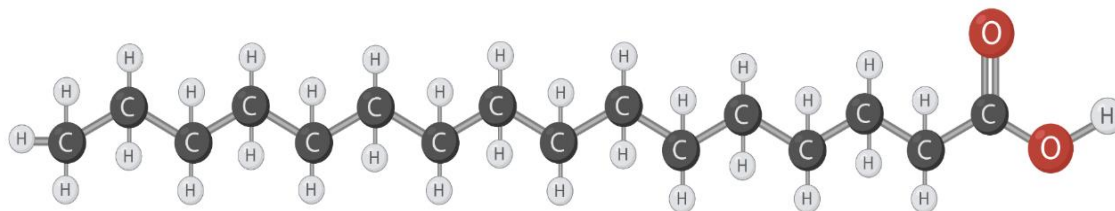
La Figura 31 muestra la configuración de un ácido graso de 16 carbonos (ácido palmítico), nótese el grupo carboxilo.

Existen dos posibles configuraciones estereoisoméricas para los ácidos grasos: la configuración *cis* y la configuración *trans*. Generalmente, los ácidos grasos insaturados en sistemas biológicos solamente contienen dobles enlaces en la configuración *cis*. Esta configuración en ácidos grasos insaturados es la explicación de su forma líquida en temperaturas ambientes. La configuración *cis* evita que las grasas se empaqueten y evita que se solidifiquen.

Según las funciones biológicas de los ácidos grasos, se pueden clasificar en grasas, fosfolípidos y esteroides.

Figura 31

Estructura molecular de un ácido graso, denominado ácido palmítico

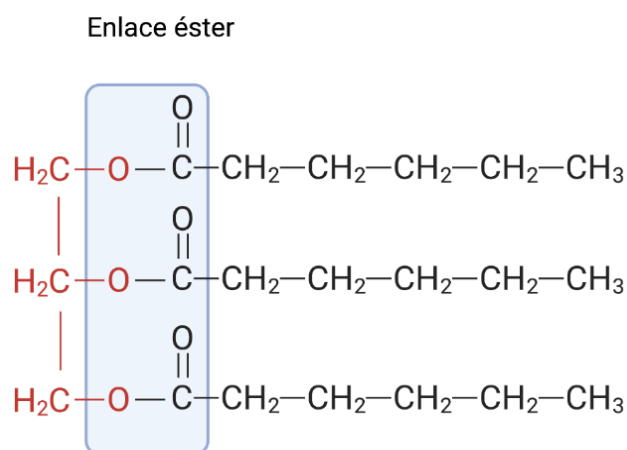


2.4.2 Grasas

También son conocidos como triacilgliceroles. Son moléculas grandes que se ensamblan a partir de moléculas más pequeñas como producto de una reacción de deshidratación (Figura 32). Una grasa está conformada por dos moléculas: el glicerol y los ácidos grasos unidos por un enlace éster entre un grupo hidroxilo (glicerol) y un grupo carboxilo (ácido graso).

Figura 32

Estructura molecular de una grasa, triglicérido o triacilglicerol



Los 3 grupos hidroxilos del glicerol se unen mediante un enlace éster con los grupos carboxilo de 3 ácidos grasos correspondientemente, los ácidos grasos que forman parte de la grasa pueden ser ácidos grasos iguales o diferentes.

Las grasas saturadas provienen de ácidos grasos saturados que forman parte de su estructura, al igual que los ácidos grasos insaturados forman grasas insaturadas, la mayoría de las grasas producidas por animales son saturadas es decir carecen de enlaces dobles lo que provoca su estado sólido en temperatura ambiente, como la manteca de cerdo y la mantequilla. La mayoría de las grasas producidas por plantas y peces son insaturadas es decir poseen ácidos grasos con dobles enlaces y correspondientemente adoptan una configuración *cis* que a temperatura ambiente se encuentran en estado líquido como por ejemplo el aceite de oliva y el aceite de bacalao.

La hidrogenación de grasas insaturadas provoca la solidificación de la grasa que industrialmente es una actividad común para la fabricación de la margarina.

Desafortunadamente, la hidrogenación de grasas insaturadas no sólo genera grasas saturadas sino también generan grasas insaturadas con dobles enlaces con configuración *trans*; las cuales son sumamente peligrosas por ser grasas saturadas que contribuyen a la aterosclerosis y otros problemas graves.

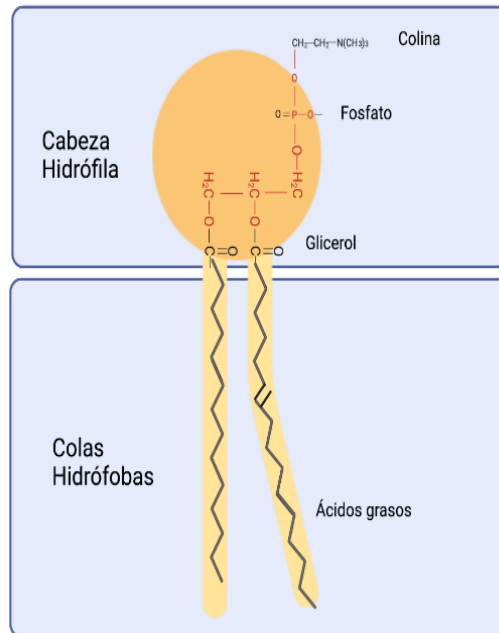
La principal función de las grasas es el almacenamiento de la energía. Las grasas pueden almacenar más energía que un polisacárido como el almidón. La grasa compacta en animales sugiere una facilidad de su transportación, mientras que las plantas permanecen inmóviles pueden almacenar su energía o grasa “líquida” en espacios más grandes. Además, en los animales el tejido adiposo donde se almacenan las grasas sirve de amortiguadores y ayuda al aislamiento del cuerpo a temperaturas frías.

2.4.3 Fosfolípidos

La estructura de un fosfolípido contiene un esqueleto de glicerol, un grupo fosfato y dos ácidos grasos de cadena larga que pueden ser saturados o insaturados. Los ácidos grasos no polares se unen mediante un enlace éster a grupos polares como los grupos hidroxilo del glicerol y un grupo hidroxilo que se une un fosfato, además el grupo fosfato está esterificado con un grupo hidroxilo de otro compuesto hidrófilo. Esta estructura muestra una mezcla de propiedades hidrofóbicas e hidrófilas, formando moléculas anfipáticas. Es decir, que los fosfolípidos tienen una estructura combinada, una cadena hidrofoba y una cabeza hidrófila (Figura 33).

Figura 33

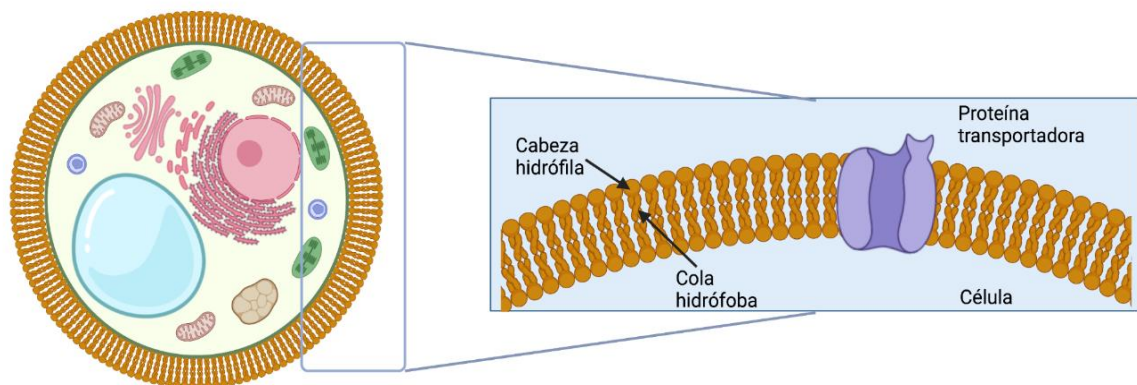
Estructura de un fosfolípido



Las moléculas de fosfolípidos forman biomembranas largas altamente flexibles, que están limitando a la célula del exterior e interior. La bicapa lipídica o membrana celular (Figura 34) está formada por fosfolípidos ordenados de tal forma que las cabezas hidrófilas están en contacto con el agua del interior y exterior de la célula, mientras que las cadenas hidrófobas están en contacto unas con otras sin contacto con el agua.

Figura 34

Bicapa fosfolipídica de una membrana celular

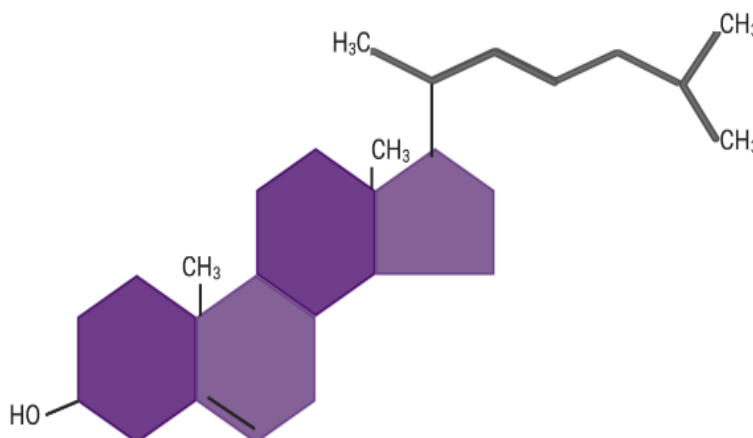


2.4.4 Esteroides

Estructuralmente son lípidos que poseen un esqueleto de carbono formado por 4 anillos unidos, también puede contener oxígeno y nitrógeno aparte del carbono e hidrógeno. Al igual que los fosfolípidos los esteroides tienen componentes hidrofílicos e hidrofóbicos. Tienen diferentes funciones como reguladora estructural y hormonal. Los esteroides se sintetizan a partir del colesterol y hay diversas formas de esteroides, pero tienen en común que pueden atravesar libremente la membrana plasmática que activa y modula genes y su transcripción (Figura 35).

Figura 35

Estructura de un esteroide



Hidrogenación de ácidos grasos insaturados

Los ácidos grasos insaturados son líquidos y algunos son inestables. La industria alimenticia ha logrado técnicas que convierten los ácidos grasos insaturados en saturados. La hidrogenación consiste en inyectar gas hidrógeno, de esta forma el aceite vegetal líquido se convierte en margarina sólida que es mucho más estable a la oxidación que en su estado líquido. También se les conoce como grasas trans y existe evidencia de su efecto negativo a la salud. Las grasas trans pueden aumentar el colesterol en las arterias generando problemas cardiovasculares y obesidad. Muchas legislaciones obligan a las industrias a etiquetar en sus productos el contenido de grasas trans, de esta forma es decisión del consumidor si ingerir grasas trans o no.

2.5 Proteínas

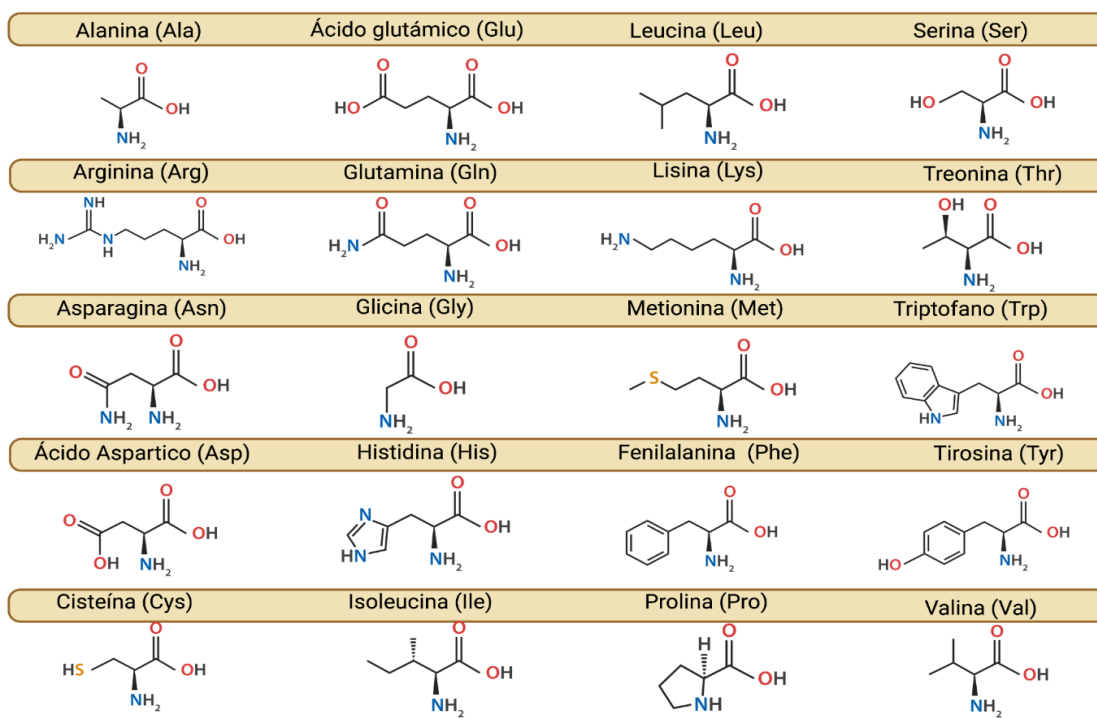
La palabra proteína proviene del griego *proteios* que significa primer lugar. Las proteínas son macromoléculas orgánicas que se encuentran de forma abundante en los sistemas vivos, además son moléculas diversas en estructura y función. Uno de los aspectos más interesantes de las proteínas es que forman parte de un sistema coordinado básicamente por genes, cada proteína fue codificada a partir de un gen en un tiempo determinado lo que quiere decir que la producción de proteínas está regulada por las necesidades de la célula.

2.5.1 Estructura jerárquica de las proteínas

Las proteínas están formadas por cadenas largas de aminoácidos también conocidas como cadenas polipeptídicas o polímero lineal de aminoácidos (Figura 36). Aunque exista diversidad en proteínas presentes en la célula, los aminoácidos que las forman son solamente 20.

Figura 36

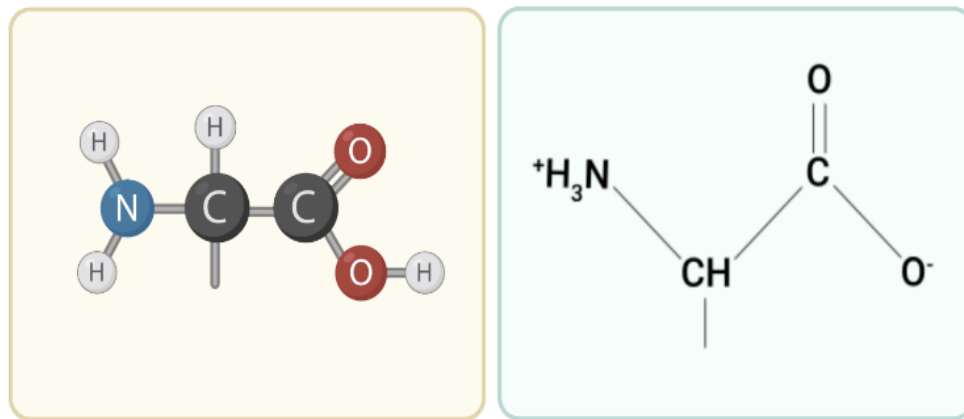
Aminoácidos esenciales que componen las proteínas



La estructura de un aminoácido contiene un grupo amino, un grupo carboxilo y un esqueleto de carbonos. El grupo amino de un aminoácido se une por medio de una condensación con el grupo carboxilo de otro aminoácido, formando así un enlace peptídico y los grupos amino y carboxilo de los extremos se encuentran ionizados (Figura 37).

Figura 37

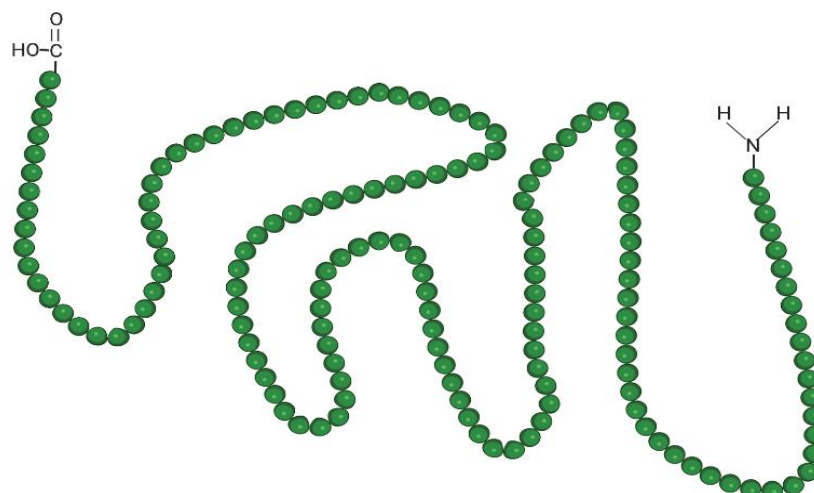
Componentes estructurales de un aminoácido



Se conoce como estructura primaria de la proteína, aquella secuencia larga de aminoácidos. Según el número de aminoácidos que conforman la cadena, pueden recibir el nombre de péptidos si tiene de 20 a 30 residuos de aminoácidos y polipéptidos hasta 4000 residuos de aminoácidos (Figura 38).

Figura 38

Estructura primaria de una cadena de aminoácidos



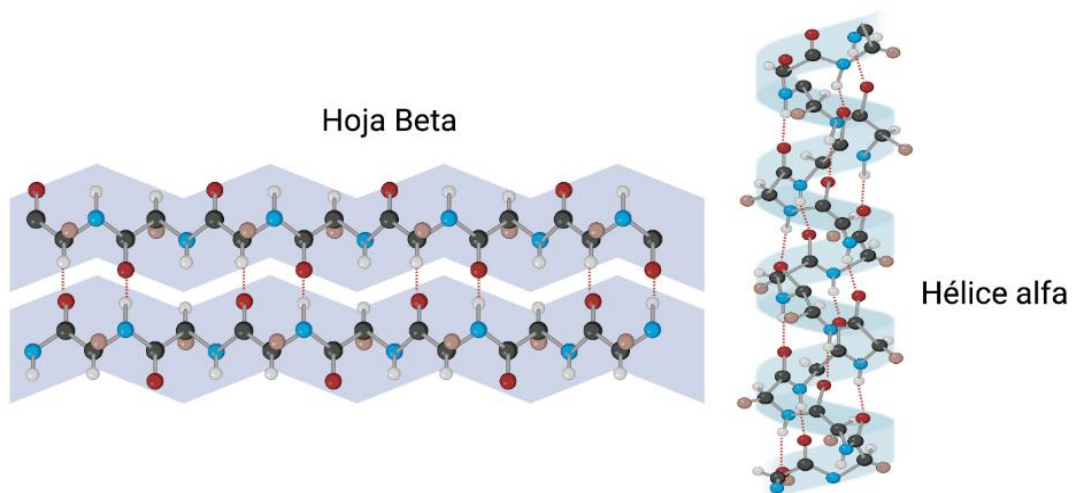
El tamaño de una proteína está basado en su masa en Dalton (unidad de masa atómica), también puede ser determinado según su peso molecular, que es un número adimensional, según estos valores se puede definir la abundancia de las proteínas en las células.

A partir de la estructura primaria, la proteína puede adoptar diferentes estructuras más complejas. Se conoce como estructura secundaria aquella cadena de aminoácidos que forman puentes de hidrógeno entre los grupos amino y carboxilo plegando de esta forma a la cadena. Una cadena polipeptídica puede tener múltiples tipos de estructuras secundarias en su misma secuencia. Además, las repeticiones de estos plegamientos de la estructura secundaria pueden formar hélices alfa, hojas beta o giros en forma de U, incluso parte de la cadena polipeptídica puede estar enrollada al azar. Casi 60% de la cadena de las proteínas se encuentran en forma de hélice alfa y hojas beta por lo que se afirma que estos dos elementos forman parte del sostén de la proteína y favorece a la formación de estructuras más complejas.

La formación de la hélice Alfa confiere estabilidad a la cadena principal que adopta una forma de cilindro y con cualidades hidrófobas o hidrófilas ya que los grupos polares de la hélice están formando puentes de hidrógeno en conformación de la hélice. La hoja beta se forma mediante enlaces de hidrógeno entre átomos de la cadena principal plegándola lateralmente y formando la hoja (Figura 39).

Figura 39

Estructura secundaria, hojas beta y hélice Alfa



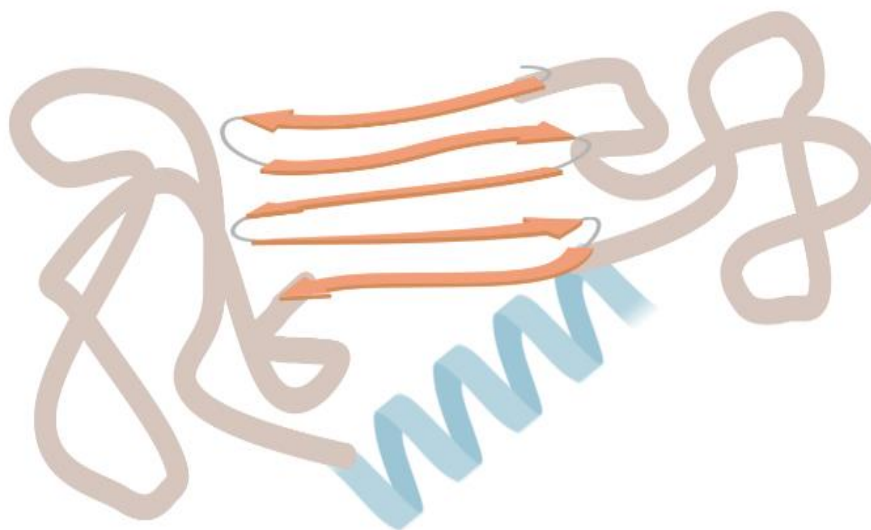
Existe otra estructura que forma un giro, se logra mediante el enlace de hidrógeno entre los residuos terminales que forman una U, es común encontrar glicina interactuando con prolina en los giros. Los giros facilitan a las proteínas grandes plegarse para formar estructuras compactas. Además, similar a esto también se pueden encontrar estructuras en forma de bucles con el mismo principio, la diferencia entre los bucles y los giros es que los bucles se pueden formar de muchas maneras diferentes y los giros exhiben pocas estructuras bien definidas.

Una estructura terciaria confiere el plegamiento global de una cadena polipeptídica o la disposición tridimensional de todos los aminoácidos de la proteína. En la estructura terciaria las fuerzas estabilizadoras se basan principalmente en interacciones hidrófobas, a diferencia de la estructura primaria y secundaria que las interacciones eran puentes de hidrógeno. Las interacciones hidrófobas de la estructura terciaria son débiles por lo que la estructura no es fija y varía junto con el funcionamiento y la regulación de la proteína.

Las estructuras terciarias de las proteínas son variadas y específicas para cada tipo sin embargo se pueden encontrar formas que ayudan a representar esta conformación molecular como trazado de la cadena principal, cintas, esferas y bastones; y superficies con acceso a solventes (Figura 40).

Figura 40

Estructura terciaria de una cadena de aminoácidos

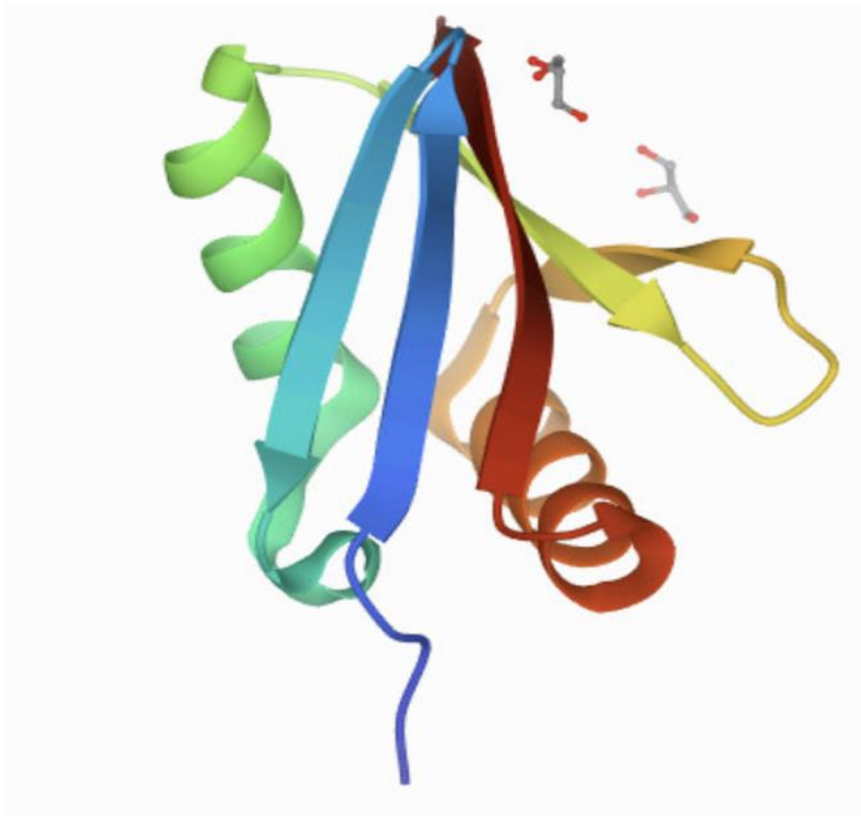


Las diferentes combinaciones de las estructuras secundarias son denominadas motivos o plegamientos y llegan a conformar una estructura terciaria, por ejemplo, la combinación de una hélice bucle hélice es un motivo que se caracteriza por tener residuos hidrófilos en posiciones importantes del bucle formando una unión a calcio.

Otro motivo que se encuentran abundantemente es el denominado dedos de zinc (Figura 41), consiste en una hélice alfa y dos hojas beta con orientación antiparalela, este motivo se encuentra en las proteínas que se unen al RNA o al DNA.

Figura 41

Dedos de zinc de la proteína 2BKF

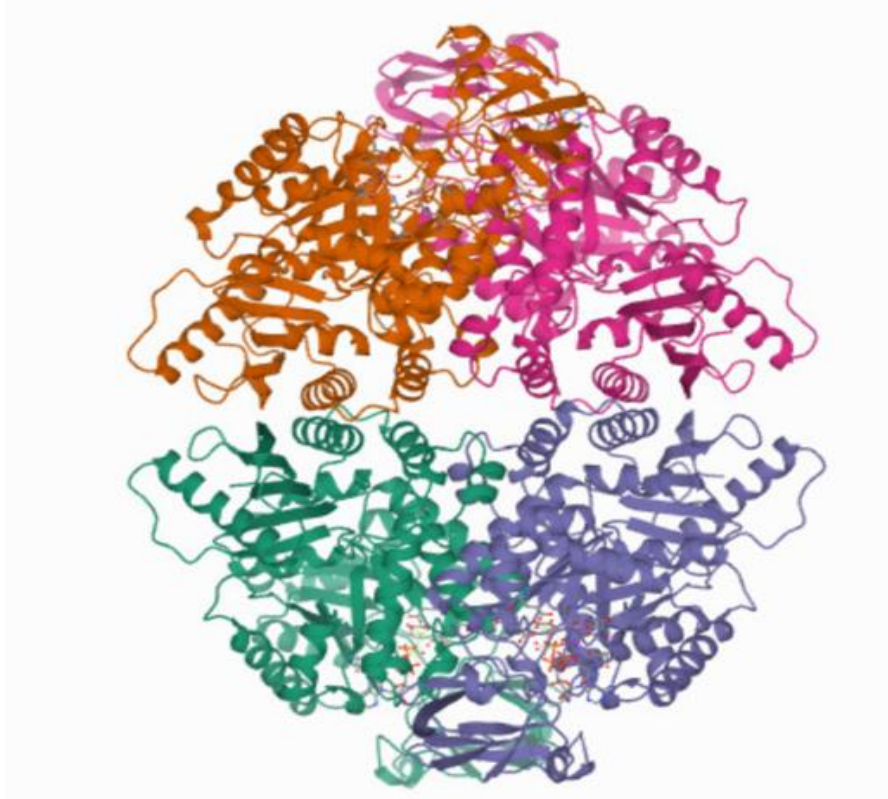


Nota. Adaptado de Sehnal et al. (2021).

Dominios: cuando una proteína es altamente compleja, se pueden diferenciar algunas regiones de la estructura total de la proteína, llamadas dominios. Es así que un dominio es una región de un polipéptido que se encuentra plegado de forma compacta formado por alrededor de 150 residuos o aminoácidos en diversas combinaciones, generalmente un dominio posee alguna importancia o particularidad estructural (Figura 42).

Figura 42

Dominios de complejo de oxalato de una piruvato quinasa de músculo de conejo

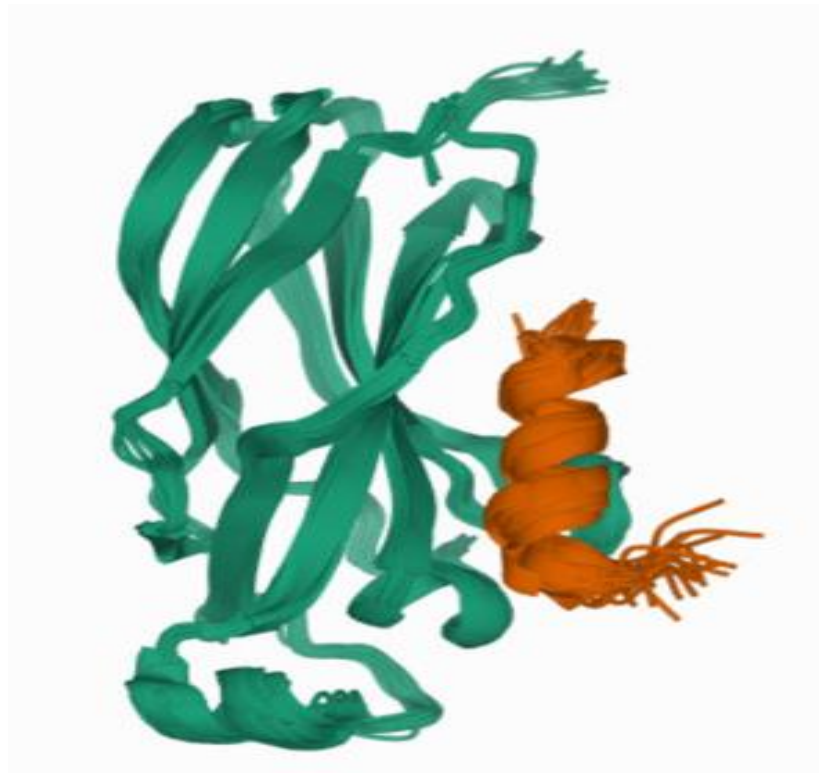


Nota. Adaptado de Larsen, et al.(1998).

Una estructura cuaternaria consiste en dos o más cadenas polipeptídicas que actúan recíprocamente formando estructuras más complejas (Figura 43). También se les conoce como proteínas multiméricas, debido a la diversidad de combinaciones resulta complicado describir en general esta conformación estructural. Por ejemplo, la hemaglutinina posee 3 proteínas o subunidades que se mantienen unidas mediante enlaces no covalentes, existen otras proteínas que se encuentran ensambladas en una estructura cuaternaria supramolecular con cadenas diferentes o similares de aminoácidos formando máquinas moleculares (Tabla 8).

Figura 43

Estructura cuaternaria de 2 cadenas de aminoácidos (ASF1A e Histona H3)



Nota. Adaptado de Agez et al. (2007).

Tabla 8

Cuadro maquinarias proteicas (supramoleculares)

Motor	Componentes principales	Localización celular	Función
Replisoma	Helicasa, primasa, ADN polimerasa	Núcleo	Replicación del ADN
Complejo de iniciación de la transcripción	Proteína fijadora de promotor, helicasa, factores generales de transcripción, ARN polimerasa, complejo mediador de subunidades múltiples.	Núcleo	Síntesis de ARN
Espalmosoma	Pre ARNm, ARN nucleares pequeños, factores proteicos	Núcleo	Eliminación de intrones
Complejo del poro nuclear	Núcleopurinas de 50 a 100 unidades	Membrana nuclear	Importación y exportación nuclear
Ribosoma	Proteínas ribosómicas y 4 moléculas de ARNr organizadas en subunidades grandes y pequeñas asociadas con ARNm y factores proteicos	Citoplasma membrana del retículo endoplasmático	Síntesis de proteínas

Motor	Componentes principales	Localización celular	Función
Chaperonina	GroEL, GroES	Citoplasma mitocondria retículo endoplasmático	Plegamiento de proteínas
Proteasoma	Proteínas nucleares y proteínas regulatorias	Citoplasma	Degradación de proteínas
Fotosistema	Complejos captadores de luz centros de reacción proteínas con pigmentos y transportadores de electrones asociados	Membrana tilacoides en los cloroplastos, membrana plasmática de bacterias fotosintéticas	Fotosíntesis fase inicial
Cascadas de cinasas	Proteínas plataforma múltiples proteínas cinasas diferentes	Citoplasma	Transducción de señales
Sarcómero	Filamentos gruesos miosina, filamentos delgados actina, línea Z, titina/nebulina	Citoplasma de células musculares	Contracción

Esta organización espacial de 3 dimensiones está directamente relacionada con la función de las proteínas. Una vez que la proteína conforme su estructura tridimensional será capaz de funcionar eficientemente.

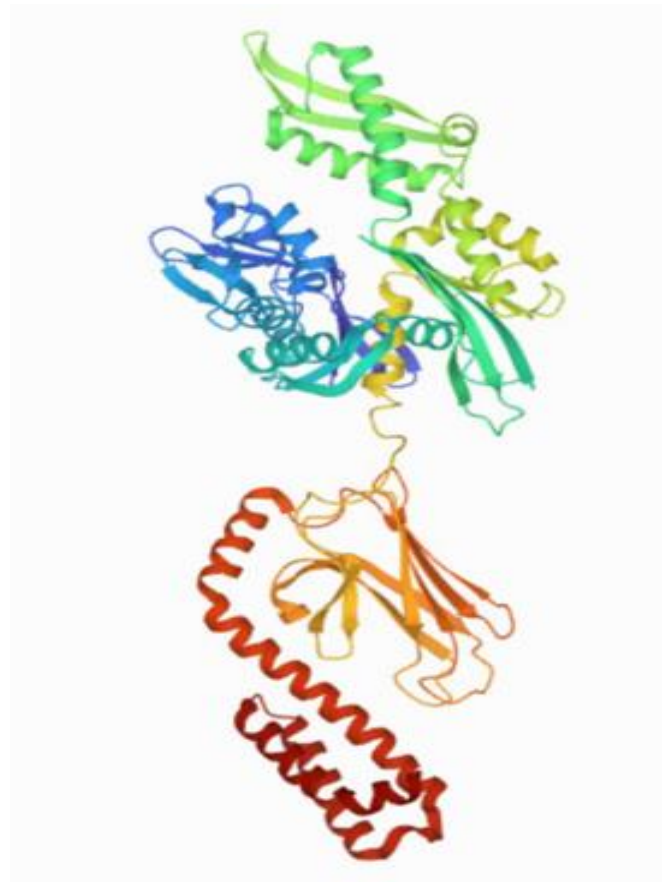
Las estructuras de las proteínas se han estandarizado a lo largo de la evolución lo que implica que aquellas interacciones son específicas, diferencias en el plegamiento de las proteínas podrían desencadenar enfermedades y mal funcionamiento de la célula.

2.5.2 Chaperonas

Las chaperonas son una clase de proteínas que se han hallado en varios organismos vivos, estas proteínas se encuentran en compartimentos celulares y participan en el mecanismo de plegamiento de las proteínas. Sin estas proteínas, el plegamiento de las proteínas resultaría en un proceso con gasto energético considerable. Existen dos tipos de chaperonas: las chaperonas moleculares que al unirse estabilizan a la proteínas desplegadas o parcialmente plegadas, evitando que las proteínas se agrupen y sean degradados; y las chaperoninas que son proteínas que actúan en el plegado de las proteínas (Figura 44).

Figura 44

Estructura de una chaperona de E. coli con ADP y sustrato



Nota. Adaptado de Bertelsen et al. (2009).

2.5.3 Degradación de proteínas

Las proteínas generadas en una infección viral o propias de la célula son degradadas a partir de la adición covalente de una cadena de poliubiquitina, luego se degradan dentro del proteosoma que tienen forma de cilindro y que contienen proteasas. Las proteínas que son degradadas mediante la ubiquitina entran dentro de 2 categorías generales; la primera son proteínas citosólicas nativas cuya duración de vida está controlada por las células y la segunda son proteínas que se pliegan con errores durante la síntesis en el retículo endoplasmático y debe ser desechadas rápidamente (Figura 45).

Figura 45

Estructura tridimensional de una tetra ubiquitina



Nota. Adaptado de Cook et al. (1994).

2.5.4 Función de las proteínas

Son las macromoléculas que intervienen en casi todos los procesos de los organismos vivos. Las proteínas se encuentran altamente coordinadas mediante un programa genético de la célula, esto implica la necesidad de muchos tipos diferentes de proteínas. Las primeras proteínas primitivas eran moléculas rudimentarias que facilitaban un número limitado de reacciones químicas evolutivamente, estas proteínas primitivas lograron transformarse en un amplio número de proteínas con la capacidad de llevar a cabo reacciones químicas específicas dentro y fuera de la célula, las llamadas enzimas, proteínas que merecen un apartado especial.

Adicionalmente muchas proteínas adquirieron capacidades especializadas diversas que actualmente, pueden ser categorizadas en proteínas estructurales, proteínas transportadoras, proteínas reguladoras, proteínas señalizadoras y proteínas motoras.

Actualmente los avances en bioinformática han permitido estudiar el proteoma humano, que recopila en conjunto todas las proteínas de la célula en un determinado tiempo. Estos avances han permitido conocer que existen alrededor de 32000 proteínas

diferentes. Del mismo modo, el proteoma de una levadura por ejemplo consta de 6000 proteínas diferentes y a continuación en la Tabla 9 se observa algunos tipos de proteínas con sus funciones.

Tabla 9

Cuadro panorama general de las funciones de las proteínas

Tipo de proteína	Función ejemplos	Ejemplos
Proteínas enzimáticas	Aceleración selectiva de reacciones químicas catalizador.	Las enzimas digestivas catalizan la hidrólisis de los polímeros en los alimentos.
Proteínas estructurales proteínas de transporte	Sostén	Los insectos y las arañas producen fibras de seda para construir sus capullos y telarañas. Además, el colágeno y la elastina proporcionan fibras en tejidos conectivos de animales, la queratina es otra proteína que se encuentra abundantemente en el pelo, cuernos, plumas y en la piel.
Proteínas de transporte	Transporte de sustancias	Existe una proteína en la sangre llamada hemoglobina que contiene hierro y se encarga principalmente del transporte de oxígeno desde los pulmones hacia otras partes del cuerpo.
Proteínas hormonales	Coordinación de actividades control de función celular	La insulina actúa en la regulación de la concentración de azúcar en la sangre de los vertebrados.
Proteínas receptoras	Respuesta a estímulos químicos	Los receptores se encuentran mayoritariamente en las membranas de las células nerviosas se encargan de detectar señales químicas segregadas por otras células nerviosas.
Proteínas motoras y contráctiles	Movimiento	La actina y la miosina son proteínas que intervienen en el movimiento de los músculos, además algunos microorganismos contienen cilios y flagelos.
Proteínas defensivas	Protección contra enfermedades	Las proteínas del sistema inmunológico llamados anticuerpos o inmunoglobulinas son las encargadas de combatir contra bacterias y virus.
Proteínas de almacenamiento	Almacenamiento de aminoácidos	La clara del huevo posee albúmina que es una reserva de aminoácidos para el desarrollo embrionario. La caseína es una proteína que se encuentra en la leche y sirve como fuente de aminoácidos en los mamíferos.

2.5.5 Problemas en el plegamiento de proteínas

Como se vio anteriormente el plegamiento de las proteínas es específica y energéticamente favorable para la célula. Sin embargo, existe evidencia que comprueba que el plegamiento de una proteína puede conducir a una estructura tridimensional alternativa, este plegamiento alternativo o erróneo conduce a la pérdida de funciones de las proteínas además de la degradación proteica. Durante la degradación proteica, se produce una acumulación de fragmentos de proteínas que forman placas proteicas insolubles en distintos órganos como el hígado y el cerebro, lo cual puede conducir a la generación de enfermedades. La enfermedad de Alzheimer y la enfermedad de Parkinson son un ejemplo de enfermedades causadas por el plegamiento erróneo de las proteínas.



Dato interesante: Descubren una proteína que protege al cerebro de la enfermedad de Alzheimer gracias a la investigación del Instituto de Neurociencias UMH-CSIC, dicho estudio se especializa en averiguar una proteína denominada LRP3, de la cual existe poca información, tiene como función controlar los niveles de beta amiloide APP por sus siglas en inglés, esta es una proteína que se acumula en el cerebro de las personas con Alzheimer y como consecuencia forma las placas que caracterizan a esta enfermedad.

La investigación analizó la expresión de la proteína LRP3 en personas de mediana edad sanas y con Alzheimer mediante muestras de su corteza frontal que fueron tomadas del del Banco de tejidos del Instituto de Neuropatología del Hospital Universitario de Bellvitge,.

Lo interesante es que en las muestras de pacientes con Alzheimer, los niveles de LRP3 estaban disminuidos al comienzo de la neurodegeneración y presumen que dicha proteína interviene en funciones de neuroprotección, lo cual abre una nueva vía de investigación que puede llevar al descubrimiento de nuevas dianas terapéuticas más efectivas para lograr modificar o frenar el curso de la enfermedad de Alzheimer.

Si deseas ampliar tu conocimiento en el tema lo puedes encontrar en: Cuchillo-Ibañez et al. (2021).

2.6 Enzimas

Las enzimas son un tipo de proteínas que se encargan de facilitar las reacciones de la célula. Antes de entrar a sus funciones es primordial revisar conceptos sobre energía celular, reacciones químicas y catálisis.

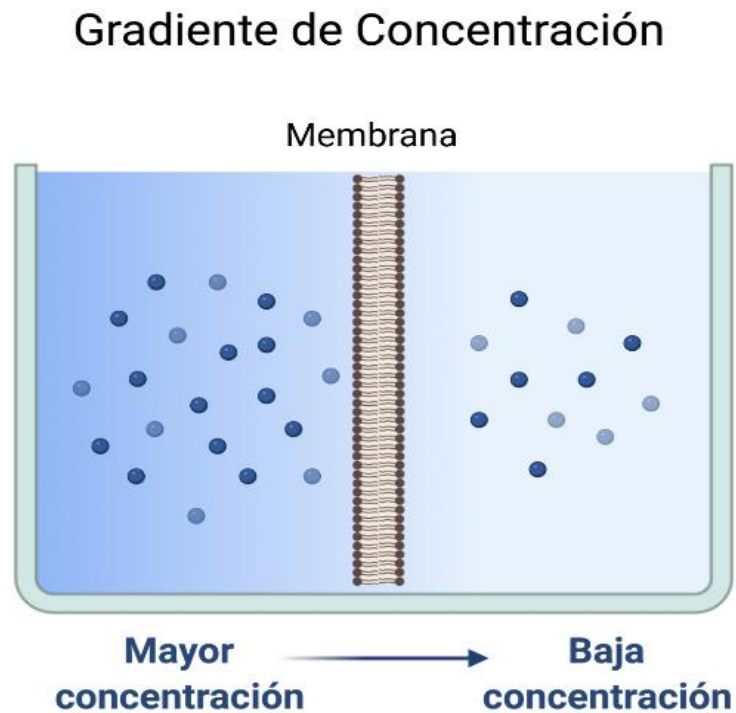
Se debe comprender que la energía es la capacidad de generar un trabajo y puede estar en forma de calor, luz, electricidad, movimiento o energía química. La energía se encuentra en varias formas y en los sistemas biológicos se necesitan de algunas de ellas (energía potencial, energía mecánica, energía eléctrica).

La *energía potencial* es la capacidad que tiene un objeto para realizar un trabajo debido a su posición o estado. La energía química potencial es aquella que se encuentra almacenada en los enlaces que unen los átomos de las moléculas. Por ejemplo; en la combustión de la glucosa, este tipo de energía es liberada cuando existe una reacción sobre los enlaces covalentes de la glucosa y la energía es aprovechada por la célula en sus distintas funciones.

Otra forma de energía potencial biológicamente relevante es la energía de un gradiente de concentración. Un gradiente de concentración se da cuando existe una diferencia de concentración entre 2 sustancias similares separadas por una membrana. Los gradientes de concentración están presentes en todas las células entre líquidos internos y externos donde existe un intercambio de iones, nutrientes y productos de desecho. Cuando se genera un gradiente de concentración, como se observa en la Figura 46, las partículas de la sustancia con mayor concentración pasarán a la sustancia con menor concentración de partículas hasta que las dos sustancias se encuentren en equilibrio, el movimiento de las partículas en este fenómeno se debe a la energía del gradiente.

Figura 46

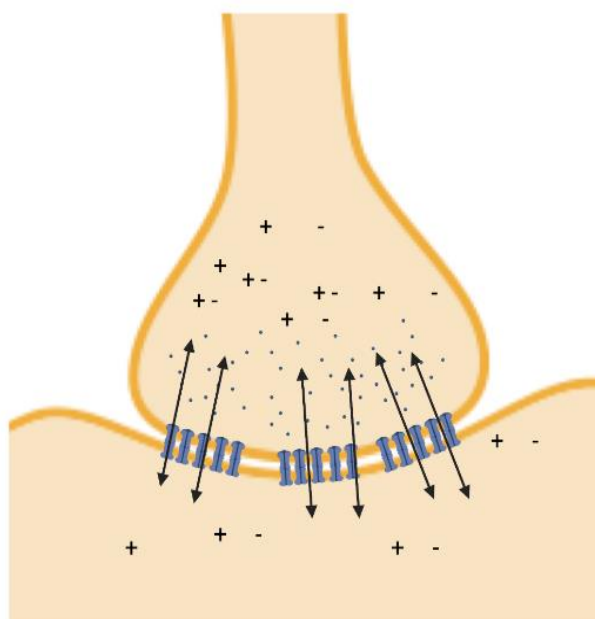
Representación del gradiente de concentración



El potencial eléctrico es otra forma de energía potencial presente en las células, se le conoce como la energía de separación de cargas. Como se observa en la Figura 47, en la célula, la membrana lipídica es la responsable de separar cargas entre el interior de la célula y el exterior, o incluso separar dos células. Los electrolitos que también son llamados iones cargados se encuentran disueltos en líquidos de forma asimétrica. La diferencia entre la carga positiva (cationes) y la carga negativa (aniones) separados por la membrana, se conoce como voltaje, la diferencia de cargas genera un flujo de electrones (o corriente eléctrica) que se trasladan desde el lado con mayor potencial hacia el lado con menor potencial. Por ejemplo, las neuronas se comunican con impulsos eléctricos basados en el potencial eléctrico.

Figura 47

Representación gráfica del potencial eléctrico de una membrana



La *energía cinética* es la energía que posee una partícula en movimiento, como la energía térmica, que es la energía del movimiento de las moléculas. La energía fluye de mayor temperatura o menor temperatura y en los animales de sangre caliente es utilizada básicamente para mantener constante la temperatura del organismo. Este concepto es de suma importancia ya que para el correcto funcionamiento celular se necesita una temperatura adecuada.

En los sistemas biológicos podemos encontrar energía cinética en 3 tipos: radiante, mecánica y eléctrica.

La energía radiante es aquella energía cinética de los fotones u ondas de luz. En la fotosíntesis la luz es absorbida por moléculas especializadas llamadas clorofila, posteriormente esta energía lumínica mediante la reacción de la fotosíntesis en la que interviene materia inorgánica del suelo se convertirá en energía química formando hidratos de carbono.

La *energía mecánica* es producida por una conversión de la energía almacenada, este tipo de energía se encuentra en los cambios en la longitud de los filamentos del citoesqueleto que generan un tipo de fuerza que empuja o tiran de las membranas y los orgánulos.

La *energía eléctrica* o también conocida como energía del movimiento de los electrones o de otras partículas cargadas. Las interacciones eléctricas juegan un papel importante en casi todos los procesos biológicos.

Según la primera ley de la termodinámica, la energía no se crea ni se destruye pero puede convertirse en los diferentes tipos de energía. En los sistemas biológicos celulares todas las formas de energía son intercambiables por ejemplo, la energía química potencial de los enlaces covalentes es transformada en energía cinética de contracción muscular y energía eléctrica de la transmisión nerviosa. En la respiración celular existe una transformación de energía química de los carbohidratos a un tipo de energía que es biológicamente útil. En la Tabla 10 se proponen más ejemplos de transformaciones de energía en la célula.

Todas las formas de energía pueden ser expresadas en las mismas unidades. Generalmente se utiliza el Joule y la caloría (1 joule=0,239 caloría).

2.6.1 Producción o absorción de calor

Una reacción exotérmica ocurre cuando en el proceso se libera calor y una reacción endotérmica ocurre cuando en el proceso se absorbió calor. Mientras que una reacción isotérmica es un proceso que no tiene una diferencia importante de temperatura. La mayoría de las transformaciones de energía que ocurren en la célula son isotérmicas ya que no existen componentes que se encuentren a diferentes temperaturas.

La segunda ley de la termodinámica define que los procesos físicos y químicos se efectúan de tal modo que la entropía del sistema se convierte en máxima, siendo la entropía la medida de aleatoriedad o desorden, en casi todas las transformaciones de energía existe una pérdida de calor y ese calor supone el movimiento de moléculas al azar. Tales pérdidas de calor aumentan la entropía del entorno. En los sistemas celulares la entropía es muy baja debido a los componentes altamente organizados, sin embargo, en el medio circundante la entropía tiende a subir.

Tabla 10*Transformaciones de energía en las células*

Transformación	Tipo de célula
Energía química en energía eléctrica	Nervio y cerebro
Luz en energía química	Cloroplasto
Luz en energía química	Cloroplasto
Energía química en energía radiante	Órgano luminiscente con luciérnaga
Energía química en energía eléctrica	Órganos sensoriales del gusto y olfato
Energía química energía osmótica	Riñón
Sonido energía eléctrica	Oído interno

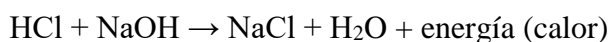
La energía libre se considera como aquel componente de la energía total de un sistema que puede utilizarse para hacer trabajo en condiciones isotérmicas. En los procesos biológicos celulares la energía libre (G) es un parámetro termodinámico de mayor interés.

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

La entropía (S) y la energía libre (G) se relacionan inversamente; es decir cuando aumenta la proporción de la entropía en un proceso irreversible la energía libre se reduce. La entalpía (H) es el contenido calórico total. T es la temperatura. En resumen, la energía libre es energía útil y la entropía es energía degradada e inútil.

2.6.2 La energía libre y la dirección de una reacción química

Una reacción química es un proceso de modificación de la estructura molecular de una o varias sustancias que se transforman a otras y que ahora poseen propiedades y características nuevas, esto ocurre gracias a la liberación o absorción de energía.



En la reacción anterior, el ácido clorhídrico interactúa con una base de hidróxido de sodio, esta interacción produce cloruro de sodio (una sal), agua y se libera energía en forma de calor. Los productos son totalmente diferentes a los reactivos, sin embargo, el número de átomos de cada componente son los mismos a un lado de la flecha que del otro.

Josiah Willard Gibbs (1876) demostró que los sistemas cambian de tal modo que la energía libre se minimiza, en otras palabras en la redacción dada por:

Reactivos \Leftrightarrow productos

La energía libre será igual a la energía libre de los productos menos la energía libre de los reactivos.

$$(\Delta G = G_{\text{productos}} - G_{\text{reactivos}}).$$

Los cambios en la entropía y la entalpía determinan si la ΔG para una reacción es positiva o negativa, o espontánea o no espontánea.

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

En una reacción exergónica los productos contienen menos energía potencial de enlace que los reactivos. Por lo tanto, la energía liberada se convierte en calor y ΔH es negativa. Es decir, la reacción será espontánea en condiciones estándar de presión y temperatura. Aunque la reacción será espontánea la velocidad con la que se hace la reacción puede ser rápida o sumamente lenta.

En una reacción endergónica los productos contienen más energía de enlace que los reactivos, se absorbe calor y ΔH es positiva. Por lo tanto, se trata de una reacción desfavorable o no espontánea en condiciones estándar de presión y temperatura.

La mayoría de las reacciones químicas son reversibles y además para cada reacción existe una constante denominada equilibrio termodinámico K que expresa el equilibrio químico alcanzado por el sistema. La constante de equilibrio para cualquier acción es determinada por la tendencia de los componentes de la reacción a alcanzar entropía máxima o energía libre mínima.

Cuando el ΔG es cero la reacción está en equilibrio y ambas reacciones directa e inversa tienen lugar a la misma velocidad.

Para la siguiente reacción $A + B \Leftrightarrow C + D$ la constante de equilibrio termodinámico K sería calculada con la siguiente fórmula:

$$A = \frac{C * D}{A * B}$$

Cuando la constante de equilibrio K es alta el cambio estándar de energía libre es negativo, dicha reacción avanzará con reducción de la energía libre, además cuando la constante de equilibrio es menor de 1 la reacción no avanza mucho hasta su terminación y el cambio de energía libre es positivo. Cuando la constante de equilibrio es 1, el cambio de energía libre es cero la reacción es reversible.

La velocidad de las reacciones químicas depende de varios factores, uno de los más importantes es la temperatura, se conoce que el aumento de 10° centígrados duplica la velocidad de la mayoría de las reacciones en procesos biológicos y experimentales. Las enzimas y los catalizadores solamente intervienen en el aumento de la velocidad con la que el sistema se acerca al equilibrio, pero no cambian ni afectan el punto de equilibrio del mismo.

2.6.3 Catalizadores y enzimas

Un catalizador es el responsable de regular con rapidez una reacción química sin modificar el punto final de la reacción y sin consumirse durante la misma.

En la industria se utilizan metales en cantidades muy pequeñas como el hierro, níquel, platino, paladio entre otros; son usados en la hidrogenación del aceite de algodón para preparar margarina o el crack del petróleo para preparar gasolina.

Toda reacción química posee una barrera de energía denominada energía de activación. La energía de activación es aquella energía mínima que debe estar presente para que comience una reacción química. Incluso aquellas reacciones que se creería que se generan de forma espontánea necesitan esta energía de activación.

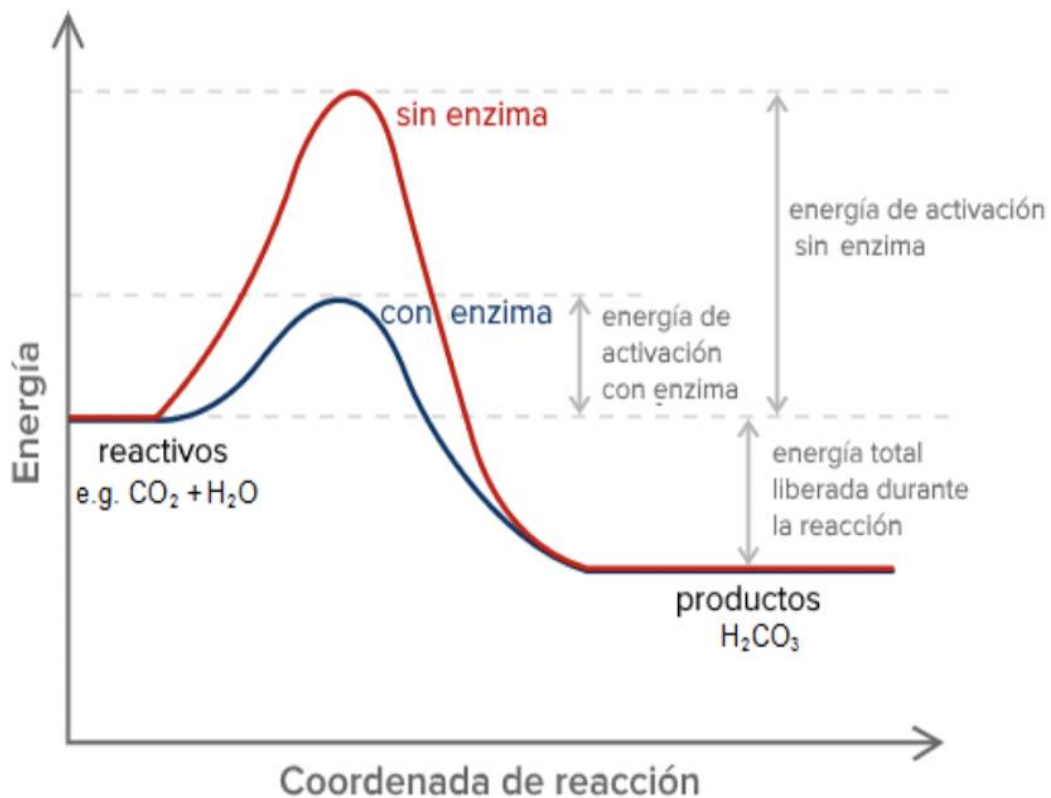
Para aumentar la velocidad de una reacción es necesario aumentar el contenido energético de las moléculas de modo que supere la barrera de energía de activación, esto se puede lograr aumentando la temperatura ya que el calor absorbido por las moléculas incrementa su energía interna y su movimiento aumentando de esta forma la probabilidad de que choquen y reaccionen. Otra forma de aumentar la velocidad de una reacción es agregando un catalizador, el catalizador reduce la energía de activación de la reacción y hace posible que un mayor porcentaje de moléculas con carga energética suficiente reaccionen en cualquier momento.

El catalizador funciona en dos tiempos: primero forma un complejo intermedio inestable con el sustrato. El complejo intermedio se descompone generando el producto y consecuentemente liberando el catalizador para que pueda reaccionar con una segunda molécula de sustrato.

Por ejemplo, al representar la energía de la reacción entre el dióxido de carbono y el agua para formar ácido carbónico (Figura 48), se puede observar que la línea azul representa una reacción con un catalizador, y su energía de activación es menor que la de la línea roja que representa una reacción sin catalizador. La energía de los reactivos y los productos es la misma en las dos reacciones y la energía total liberada durante la reacción no cambia.

Figura 48

Energía reacción entre el dióxido de carbono y el agua para formar ácido carbónico



Las enzimas son proteínas que tienen actividad de catalizadores que regulan y controlan la rapidez y especificidad de las reacciones químicas dentro de las células. Es decir, las enzimas como catalizadores modifican la rapidez de las reacciones químicas,

pero no su equilibrio químico, son bastante eficaces y específicas, están sujetos a la influencia de activadores e inhibidores y cada enzima se encuentra regulada por un gen específico.

Generalmente las enzimas están presentes en el citoplasma sin embargo también se relacionan con otros organelos celulares. Todas las reacciones químicas son reguladas por enzimas y son fundamentales en el funcionamiento celular. La mayoría de las enzimas son solubles en agua o en soluciones salinas, aunque existen otras enzimas que están unidas a lípidos y son insolubles en agua.

Pueden estar compuestas solo por proteínas, otras pueden estar constituidas por una parte proteica o apoenzima y una coenzima que suele formarse de una base de fosfato. Muchas vitaminas como la tiamina, niacina, riboflavina, piridoxina y otras, están formando parte de las coenzimas.

Las enzimas trabajan específicamente sobre su sustrato, algunas enzimas son más flexibles mientras que otras como la ureasa no actúa sobre ninguna otra sustancia que no sea urea.

Por ejemplo, la peroxidasa que descompone varios peróxidos distintos incluso el hidrógeno este tipo de enzimas están muy presentes y en abundancia en los tejidos y su especificidad no es tan estricta. La apoenzima o la coenzima por separado no son capaces de catalizar una reacción, la actividad catalítica sólo es posible cuando ambos elementos se encuentran juntos.

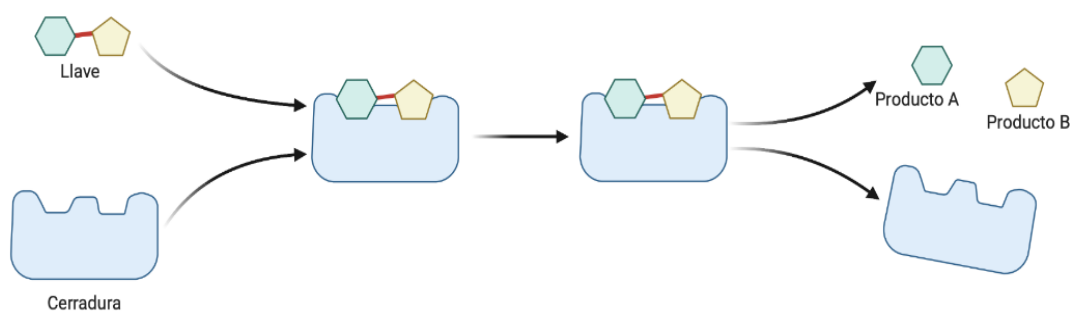
Además, existen otras enzimas que necesitan iones como el manganeso, cobre, cobalto, zinc y hierro; estos elementos funcionan como activadores enzimáticos y forman parte estructural de la molécula enzimática.

2.6.4 Complejo enzima sustrato

El químico alemán Emil Fisher propuso la teoría donde indicaba que la enzima y el sustrato debían encajar una en la otra tal como lo hace la llave en su cerradura (Figura 49).

Figura 49

Modelo llave cerradura de Emil Fisher



Además, la enzima puede asegurar la orientación adecuada en el espacio de los grupos que reaccionan aumentando así la especificidad del producto.

Estudios sobre la estructura y la topografía de los sitios activos de las enzimas han mostrado la presencia de aminoácidos o iones metálicos que participan en la catálisis, ya sea como dadores de protones o aceptores de protones o como agentes nucleófilos (donadores de electrones) o electrófilos (atraen electrones). Cuando un Ion metálico se encuentra en el lugar activo de la enzima puede fijarse con algunos grupos de la molécula del sustrato y forma un compuesto intermedio quelado.

2.6.5 Factores que afectan la actividad enzimática

Temperatura

Las enzimas se inactivan a una temperatura de 50 a 60° C. La inactivación por temperatura es irreversible. Existen algunas plantas primitivas algas que pueden soportar temperaturas altas. Además, existen otras algas que pueden soportar temperaturas muy bajas. Las enzimas presentes en estos organismos han adoptado capacidades de soportar temperaturas extremas.

Acidez

El pH del medio afecta directamente a las enzimas que son muy sensibles, por ejemplo la pepsina es una enzima que digiere proteínas, es secretada por la mucosa gástrica y actúa en un medio muy ácido, a diferencia de la tripsina que es otra enzima que digiere proteínas pero es producida por el páncreas y actúa en un pH de 8.5. Además, la mayoría de las enzimas actúan en un medio neutral de pH y los cambios en el medio inactivan irreversiblemente a las células.

Concentración de enzima sustrato y cofactor

Si en un sistema enzimático existe exceso de sustrato, la intensidad de la reacción es directamente proporcional a la cantidad de enzima presente (considerando que el pH y la temperatura se mantienen constantes).

La intensidad inicial de la reacción es proporcional a la cantidad de sustrato hasta un valor límite. Si el sistema enzimático requiere una coenzima o un activador la concentración de dicha sustancia podría ser la que determine la intensidad global de la reacción.

Venenos enzimáticos

Algunas enzimas presentan sensibilidad a ciertos componentes, como el cianuro que inactiva la actividad enzimática, el envenenamiento por cianuro inactiva las reacciones en el citocromo. Además, cuando están presentes en lugares inadecuados pueden actuar como venenos, por ejemplo un miligramo de tripsina que se coloca en el torrente sanguíneo puede matar a una rata.

Más ejemplos de actividad enzimática se detallan en la Tabla 11.

Tabla 11

Ejemplos de enzimas y su actividad catalítica

Enzimas	Acciones
Sacarasa	Produce glucosa y fructosa a partir de la sacarosa
Lipasas	Desintegran los triglicéridos
Deshidrogenasa	Transfiere iones de hidrógeno de un compuesto a otro
Catalasa	Desdobla moléculas de peróxido de hidrógeno
Ureasa	Descompone la urea en amoníaco y bióxido de carbono
Amilasa	Hidrólisis del almidón en maltosa
Maltaza	Transforma la maltosa en glucosa

2.7 Ácidos nucleicos

Los ácidos nucleicos son macromoléculas que componen el ADN, son de gran importancia por las siguientes 3 razones:

- 1) Los ácidos nucleicos contienen información que determinan la secuencia de aminoácidos y por lo tanto también controlan la estructura y la función de las proteínas que están presentes en las células.
- 2) Forman parte de las estructuras celulares que seleccionan y alinean aminoácidos en un orden correcto en la síntesis de una cadena polipeptídica
- 3) Catalizan la formación de enlaces peptídicos entre aminoácidos durante la síntesis de proteínas.

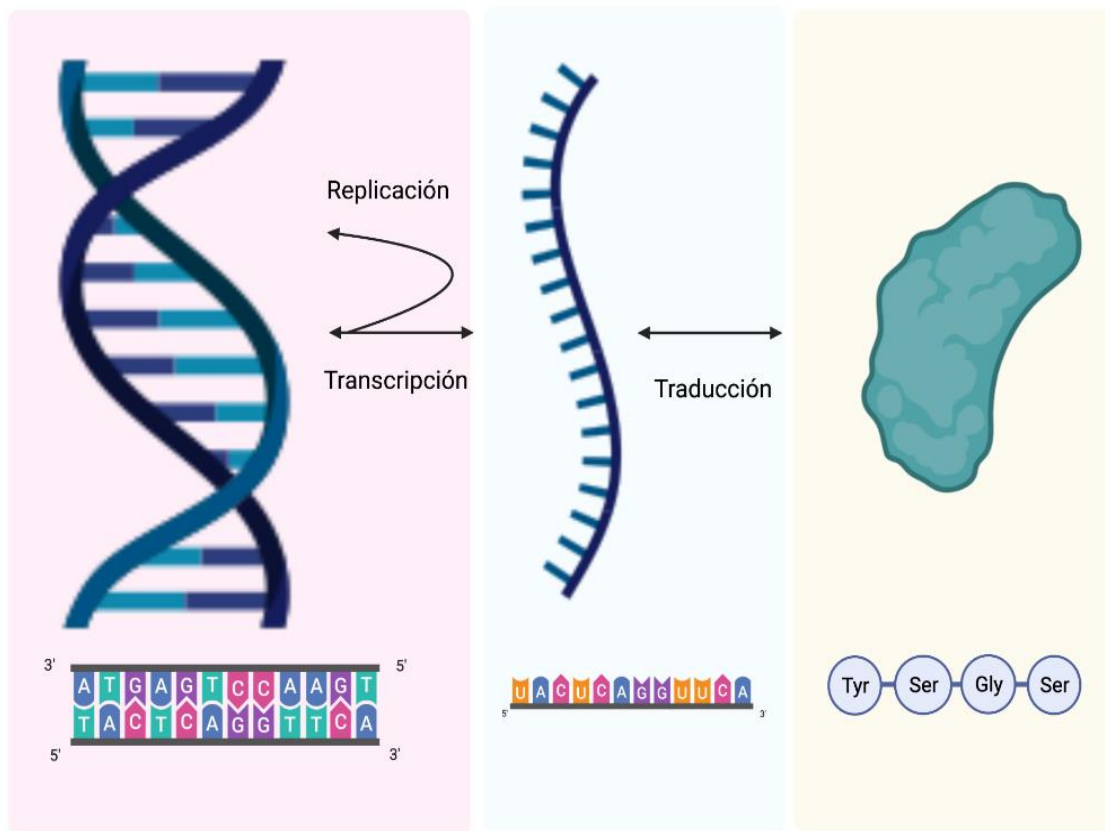
El ADN y el ARN son dos moléculas similares que son formadas por dos tipos ácidos nucleicos, el ADN compuesto por ácido desoxirribonucleico y el ARN compuesto por ácido ribonucleico. Al ser componentes similares, sus cualidades químicas también se parecen.

El ADN guarda toda la información de una célula, esta información es transportada en forma de ARN mensajero hasta los ribosomas, los cuales decodifican la información produciendo proteínas que van a cumplir una función específica. Al proceso que inicia con un gen hasta la producción de la proteína por medio de un ARN mensajero se lo conoce como dogma central.

El material genético es hereditario que asegura la continuidad genética de la especie, los genes que se encuentran en el núcleo, contienen toda la información de la célula, esta información es transportada hacia el citoplasma en forma de RNA mensajero que será decodificada por los ribosomas y su maquinaria de traducción (Figura 50).

Figura 50

Dogma central de la biología



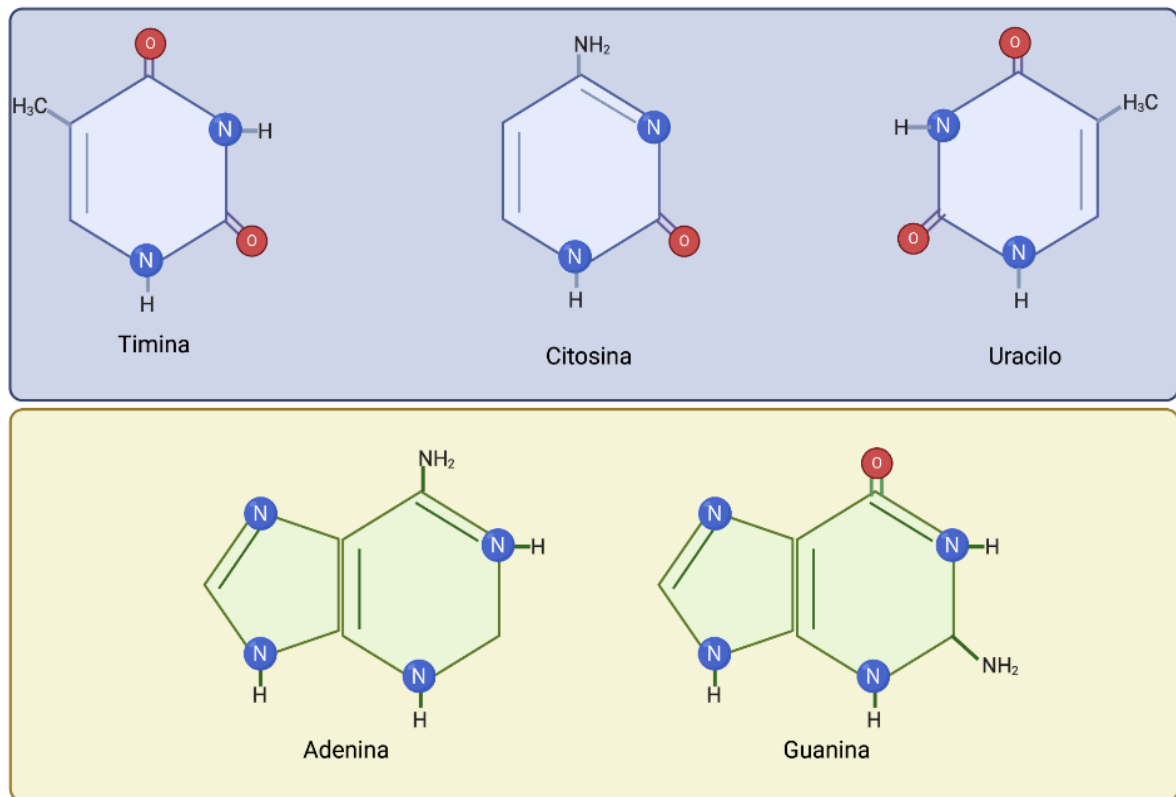
2.7.1 Estructura de los ácidos nucleicos

Los ácidos nucleicos son considerados también como polímeros denominados polinucleótidos. Cada polinucleótido se forma de monómeros denominados nucleótidos. Un nucleótido se compone de 3 partes: una base de nitrogenada, un azúcar de 5 carbonos o también llamada pentosa y un grupo fosfato. Cuando el nucleótido no tiene el grupo fosfato se lo denomina nucleósido.

Existen dos familias de bases nitrogenadas: las pirimidinas y las purinas. Las pirimidinas son aquellas que poseen un anillo y las purinas poseen dos anillos fusionados. Se las conoce como bases nitrogenadas porque en su estructura, los átomos de nitrógeno tienen la capacidad de incorporar hidrógeno de la solución. La citosina, la timina y el uracilo son bases nitrogenadas que pertenecen al grupo de las pirimidinas mientras que la adenina y la guanina son miembros de la familia purina (Figura 51).

Figura 51

Estructura molecular de las bases nitrogenadas

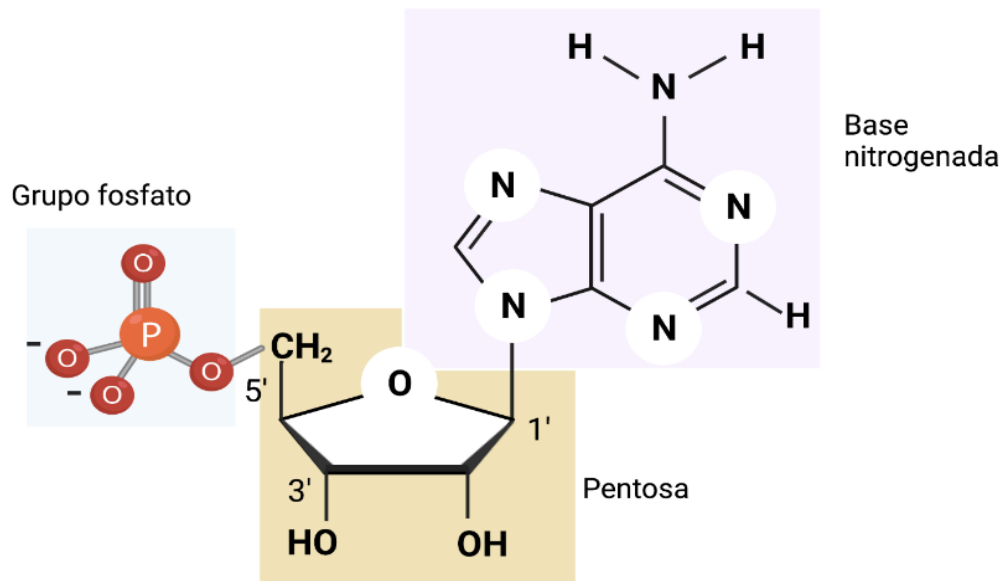


El azúcar de 5 carbonos o pentosa se conecta a la base nitrogenada. Existen dos tipos de pentosas, la ribosa y la desoxirribosa. La única diferencia entre estas dos pentosas es el oxígeno que no se encuentra presente en el segundo carbono de la desoxirribosa.

Los nucleótidos que poseen una ribosa forman el ARN mientras que los nucleótidos que poseen una desoxirribosa están formando el ADN. Además, si hablamos de una molécula que contiene un grupo fosfato, una base nitrogenada y una pentosa estaríamos hablando de un nucleósido monofosfato o nucleótido (Figura 52).

Figura 52

Nucleótido de adenina o nucleósido monofosfato de adenosina



Monofosfato de Adenosina

Por lo tanto, un ácido nucleico estará constituido por dos nucleótidos unidos entre las bases nitrogenadas por medio de enlaces de hidrógeno. Las bases nitrogenadas pueden formar enlaces solamente con su respectiva pareja de la siguiente forma (Figura 53):

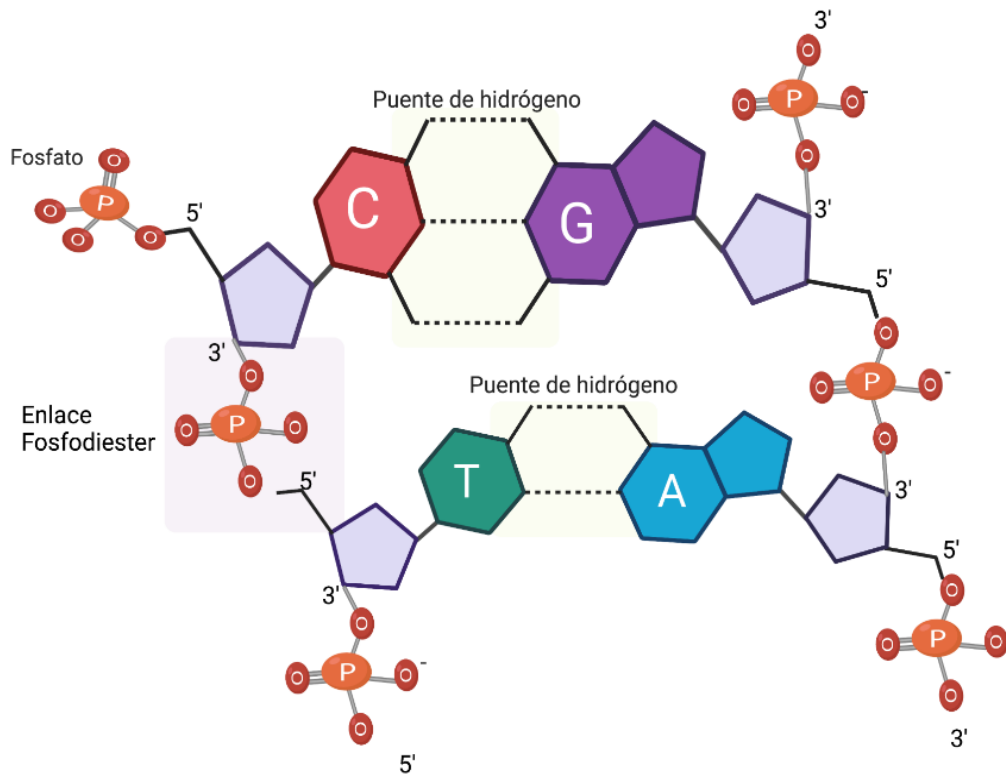
Adenina y timina por medio de dos enlaces de hidrógeno.

Guanina y citosina por medio de tres enlaces de hidrógeno.

En el caso del uracilo, que es una base nitrogenada que solamente se encuentra presente en el ARN que es una cadena simple, no se une de forma definida con ninguna otra. Mientras que la timina sólo se encuentra presente en el ADN.

Figura 53

Ácidos nucleicos y estructura molecular de las bases nitrogenadas unidas mediante enlaces de hidrógeno

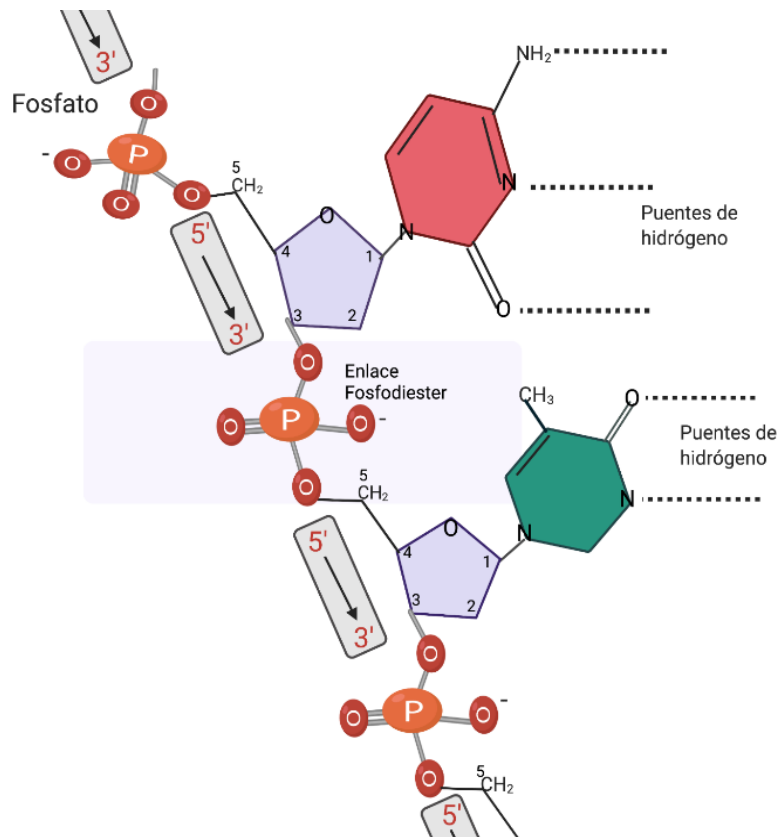


2.7.2 El enlace fosfodiéster y el sentido de la vida

La estructura principal o el esqueleto de los ácidos nucleicos consiste en la unión química entre la pentosa y el fosfato de los nucleótidos adyacentes por medio de un enlace fosfodiéster, que en realidad son dos enlaces fosfoéster. El enlace fosfodiéster une un grupo fosfato y dos pentosas, el grupo fosfato se une a los grupos hidroxilos del carbono 5 de la pentosa de abajo y al grupo hidroxilo del carbono 3 de la pentosa de arriba, uniendo de esta forma a dos nucleótidos en forma casi paralela (Figura 54).

Figura 54

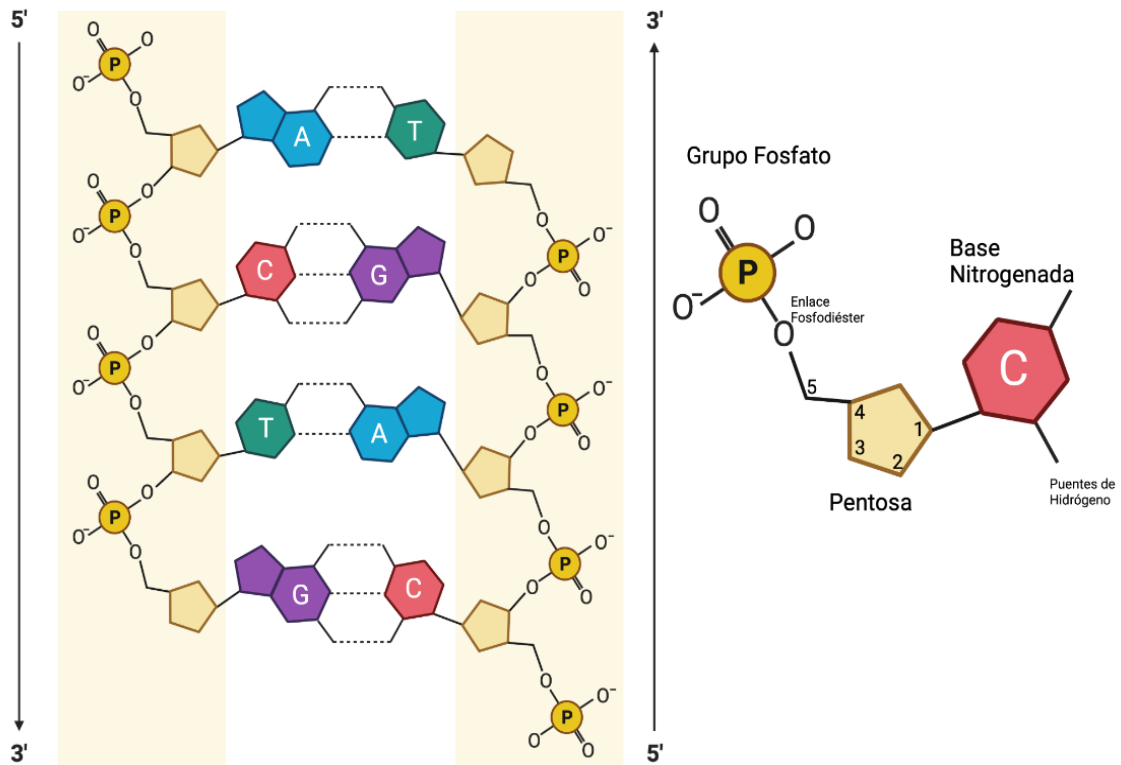
Enlace fosfodiéster



Como cualquier otro polímero, una hebra de ácido nucleico tiene una orientación química. Para entender esto, es necesario numerar los átomos de carbono de las pentosas. Una vez entendido los carbonos que forman parte del enlace fosfodiéster, es posible comprender que el esqueleto del ADN está compuesto por dos hebras o cadenas, una que tendrá dirección 5'-3' (por los carbonos que intervienen en la unión de nucleótidos) y su hebra complementaria que tendrá dirección 3'-5' al igual que la cadena simple de ARN (Figura 55). Esta característica de la molécula de ADN hace posible que su copia sea exacta y que los genes pueden ser heredados.

Figura 55

Estructura molecular del DNA de doble hélice



Durante la división celular, la cadena con dirección 5'-3' es aquella que se utiliza como molde para ordenar los nucleótidos en una nueva cadena complementaria, el resultado son dos copias idénticas de la molécula de ADN que son distribuidas entre las células hijas.

2.7.3 El modelo de Watson y Crick del DNA

En 1953 Watson y Crick propusieron un revolucionario modelo del ADN. La propuesta se basó en el análisis de patrones de difracción de rayos X. Este estudio reveló que el ADN consta de 2 hebras de polinucleótido asociados que se entrelazan entre sí para formar una doble hélice. Además, pudieron observar que cada hélice tiene un esqueleto de azúcar fosfato, que se ubica en la parte externa. Mientras que, las bases nitrogenadas se proyectan hacia el interior. Las bases adyacentes de cada hebra se apilan una sobre la otra. La orientación de las 2 hélices es antiparalela, es decir una hebra tendrá dirección 5'-3' y la otra, la dirección opuesta.

Watson y Crick comprobaron también, que las hélices mantienen un registro exacto debido a que las bases de cada hélice se aparean específicamente. Esta complementariedad de las bases es una consecuencia del tamaño, forma y composición química de las bases.

La estabilidad de la doble hélice se debe principalmente a los enlaces hidrógeno que abundan en la molécula. También existen interacciones hidrófobas y de Van der Waals entre los pares de bases adyacentes. La paridad entre bases nitrogenadas será siempre entre una purina y una pirimidina, es decir una molécula más grande y una más pequeña. Esto fue denominado pares de bases de Watson y Crick.

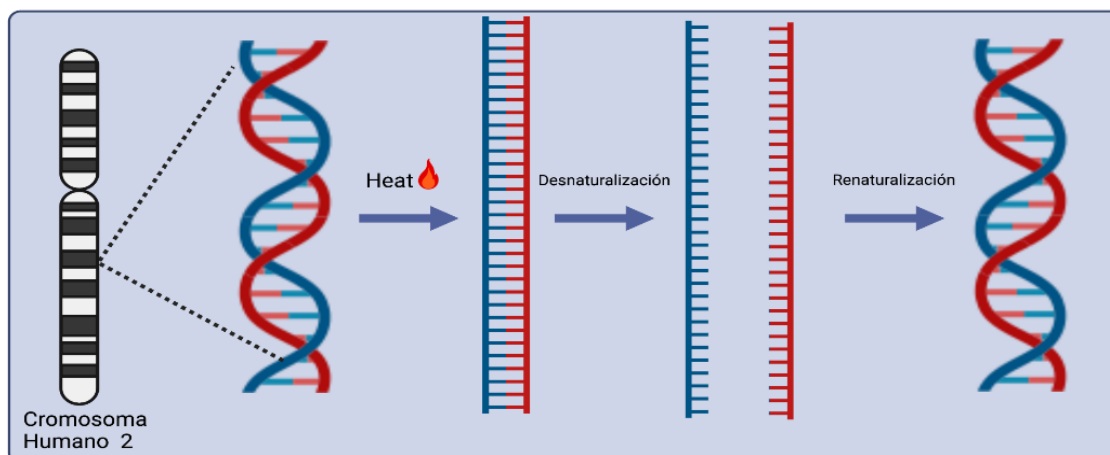
Las bases nitrogenadas que están unidas por enlaces de hidrógeno son separadas durante la replicación y transcripción del ADN permitiendo que una maquinaria ingrese por la mitad de la doble hélice para realizar las copias correspondientes.

Se conoce como desnaturalización al proceso de desarrollar y separar las hebras de ADN. Experimentalmente, es posible realizar una desnaturalización *in vitro* mediante el aumento de la de temperatura, a medida que la energía térmica se incrementa, el movimiento molecular llega a romper los enlaces de hidrógeno y otras fuerzas que estabilizan la doble hélice y de esta forma las hebras se separan.

Esta temperatura de fusión o de desnaturalización depende de varios factores es así que las moléculas de ADN que poseen gran proporción de pares de guanina y citosina requieren una mayor temperatura para su desnaturalización porque los enlaces hidrógeno entre estos pares de bases son 3, mientras que la temperatura necesaria para romper los enlaces de hidrógeno entre adenina y timina será menor porque sólo será necesario romper dos enlaces de hidrógeno. Cuando la temperatura vuelve a bajar, es posible que la doble hélice vuelva a unirse fielmente sin embargo también hay la posibilidad de que se unan al azar, sobre todo aquellas hebras que no encuentran su pareja complementaria a tiempo, a este proceso se lo conoce como renaturalización (Figura 56).

Figura 56

Desnaturalización y renaturalización del ADN



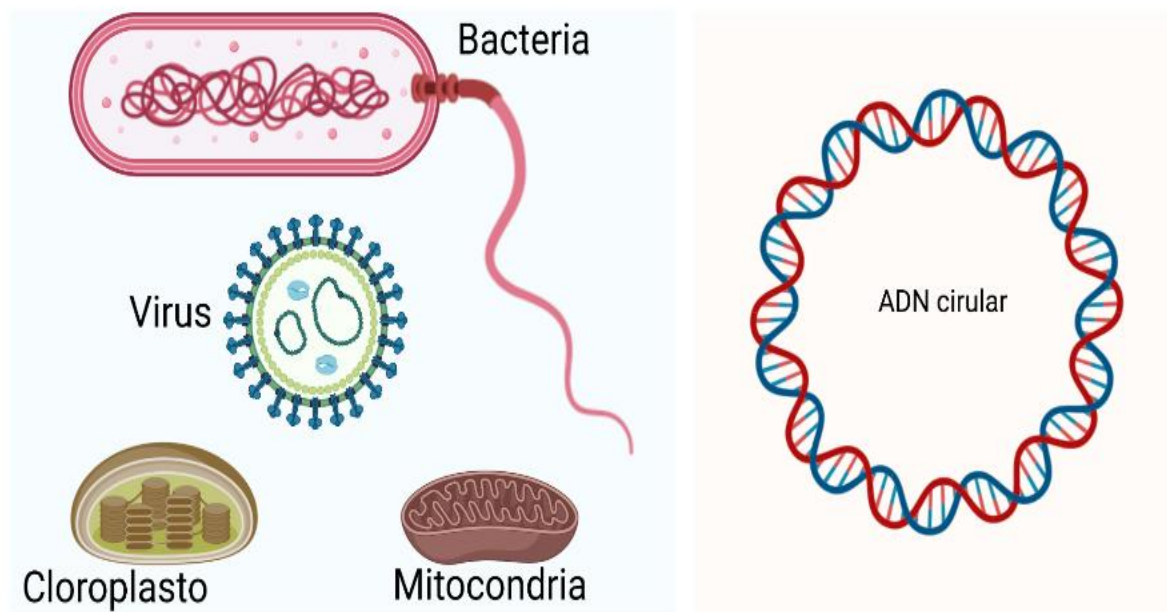
2.7.4 ADN circular

Aparte de la forma habitual del ADN de doble hélice propuesta por Watson y Crick, también se ha encontrado evidencia de ácidos nucleicos en forma de moléculas circulares.

El ADN circular se puede encontrar en organelas como mitocondrias y cloroplastos, en ADN genómicos de procariontes, virales y en algunas células eucariotas unicelulares (Figura 57).

La estabilidad de este tipo de estructura de material genómico forma superenrollamientos similares a una banda elástica. Para liberar esta tensión durante la replicación es necesario la presencia de las enzimas topoisomerasas que van a cortar parte del material y producir una muesca, perdiendo así el súper enrollamiento, además también existe la enzima topoisomerasa (II) que luego vuelve a ligar eliminando los cortes.

Figura 57
ADN circular



2.7.5 ARN

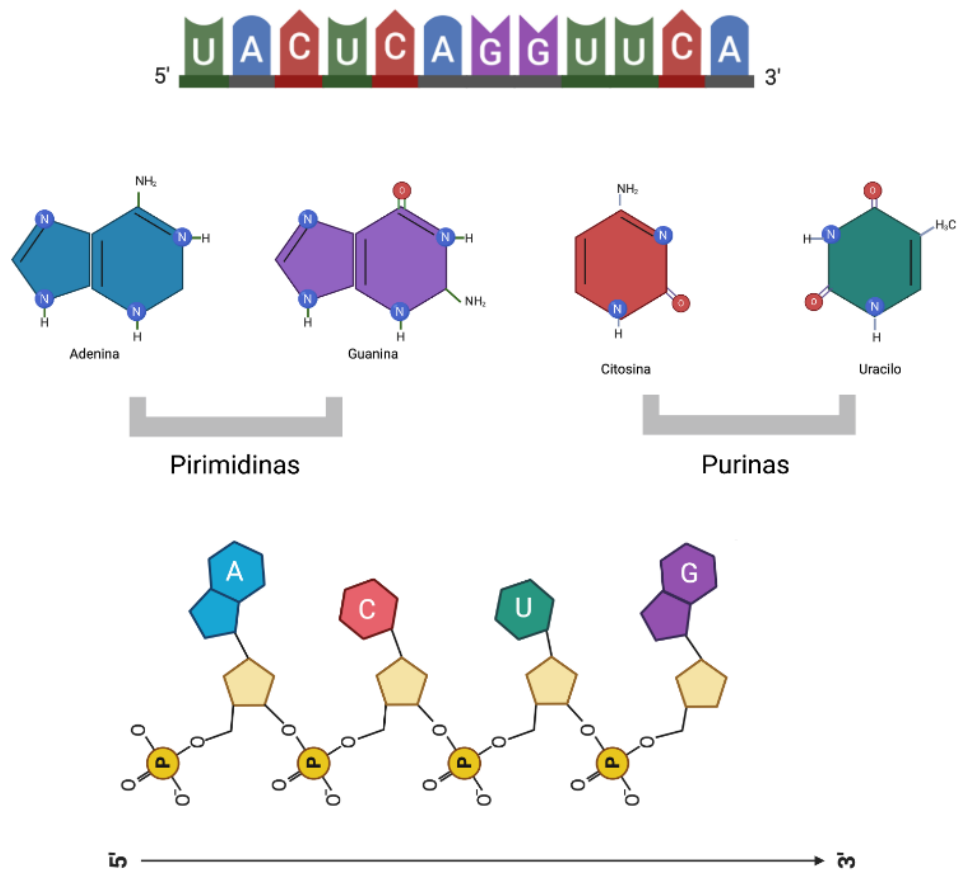
La molécula de ARN y la molécula de ADN son similares con dos excepciones: la primera, que el azúcar del ARN es la ribosa y tiene un grupo hidroxilo en la posición del carbono 2 y segunda, la timina en el ADN es reemplazado por el uracilo en el ARN.

Para generar una hebra de ARN, (Figura 58), la maquinaria celular utiliza una hebra de ADN que actúa como un molde o patrón, de esta forma se determina el orden en que los monómeros de nucleósidos son polimerizados para formar una cadena complementaria de ARN en dirección 5'-3'.

Los ribonucleótidos se unen al carbono 3 de una hebra de ARN que se está polimerizando, al igual que el ADN, mediante un enlace de fosfodiéster entre los nucleótidos.

Figura 58

Bases nitrogenadas y estructura molecular del ARN





Dato interesante: El solitario George fue el último ejemplar de la especie de tortugas gigantes (*Chelonoidis abingdonii*) que habitaban la isla Pinta de Galápagos, murió en el 2012 con más de 100 años de edad. Su longevidad y tamaño siempre fue una interrogante para la comunidad científica. Gracias al estudio de su ADN, se ha podido encontrar 500 genes relacionados con el envejecimiento, y variantes de genes que están relacionados directamente con la longevidad de las tortugas gigantes. Además, se cree que las tortugas gigantes tienen mecanismos especiales que les ayudan a vencer el cáncer y suprimir tumores. Las investigaciones desarrolladas en reptiles ayudan a entender y mejorar la conservación de estos reptiles sorprendentes.

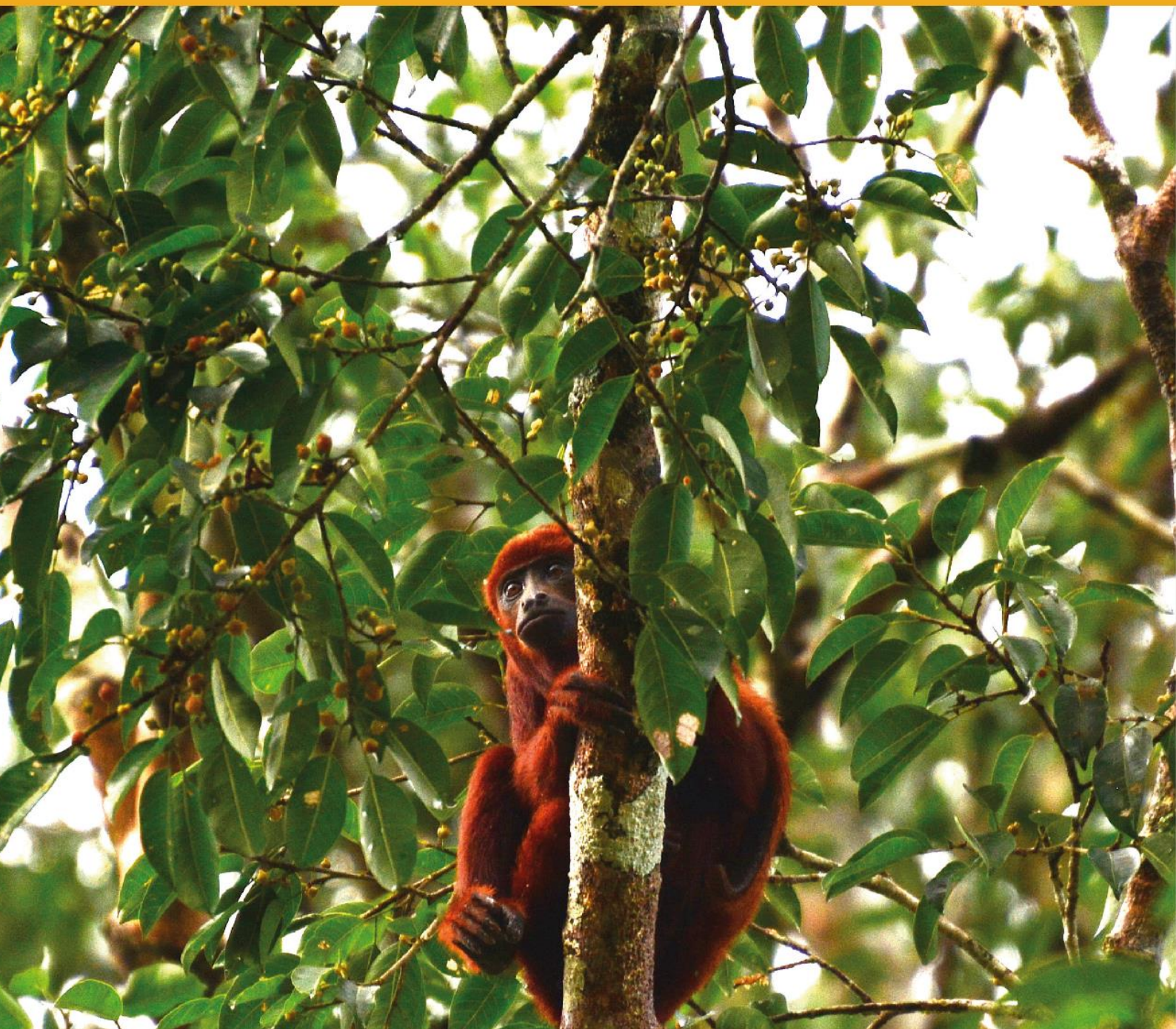


Si deseas ampliar tu conocimiento en el tema lo puedes encontrar en:

Quesada, et al. (2019)

Unidad 3

La célula



3.1 La célula eucariota. Generalidades

La complejidad de la vida puede resultar paradójicamente sencilla, especialmente si se retrocede hacia su punto más simple: la célula es la unidad fundamental de los seres vivos, y esta a su vez está compuesta por elementos químicos ampliamente distribuidos en la tierra. En los organismos vivientes, el 96.5% de esta complejidad se reduce a simplemente cuatro elementos químicos: Carbono (C), Hidrógeno (H), Oxígeno (O) y Nitrógeno (N). Estos átomos se unen principalmente mediante enlaces covalentes para dar origen a la enorme complejidad de estructuras, reacciones y funciones celulares. Por ejemplo, dos átomos de hidrógeno se unen mediante **enlace covalente** para formar una molécula de agua (H₂O). El agua es el medio donde se desarrollan diversas reacciones químicas y conforman el 70% de las células (Alberts, 2015).

Por otro lado, la química celular está constituida principalmente por compuestos en base de carbono, que al unirse con átomos similares de carbono u otros átomos como el hidrógeno, oxígeno, o nitrógeno comenzarán a esbozar las bases estructurales de la vida. A grandes rasgos, los compuestos en base de carbono darán origen a la gran variedad de moléculas complejas como glúcidos, lípidos, proteínas o ácidos nucleicos, constituyentes principales de las células. De este modo, resulta interesante apreciar como simples átomos van adquiriendo una complejidad capaz de convertir materia inanimada en un organismo vivo. El estudio de la célula es importante porque permitirá conocer a mayor detalle como la vida ha ido desarrollándose a lo largo del tiempo, sus diversos niveles de organización, así como sus mecanismos de adaptación y evolución.

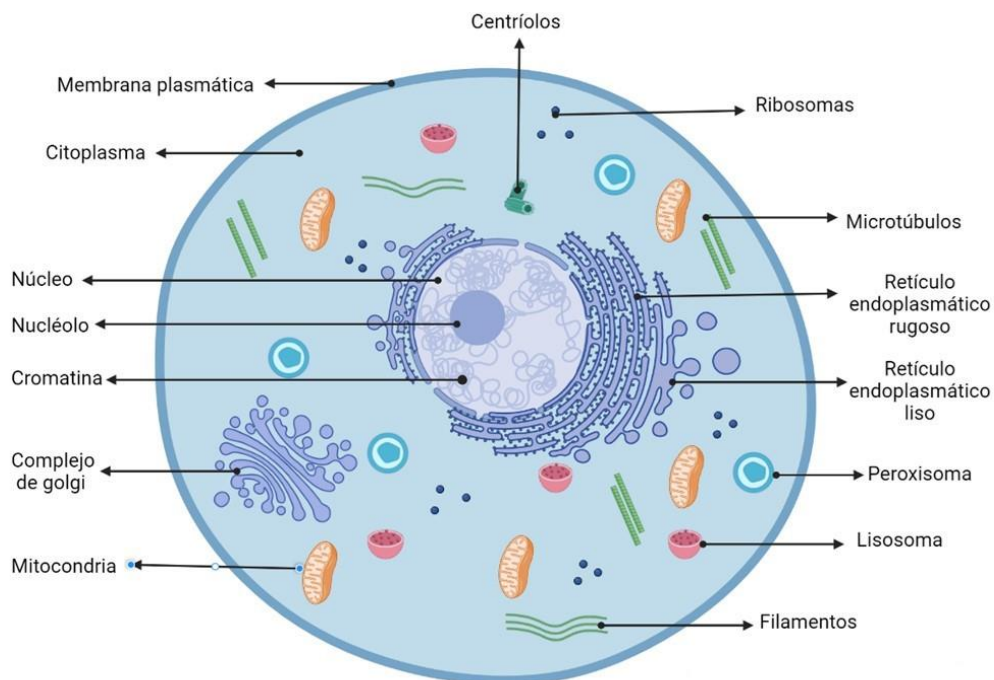
Al estudiar la célula, es indispensable clasificarla para lograr comprenderla y diferenciarla. De acuerdo con determinadas características, dos grandes tipos de célula pueden ser distinguidas: célula eucariota y célula procariota. La célula eucariota proviene del griego εὖ (eu = verdadero) y κάρυον (karyon= núcleo), son células que se

caracterizan principalmente por contener su material genético (ADN) dentro de un compartimiento interno llamado núcleo, el cual, al estar rodeado por una doble membrana, denominada envoltura nuclear, permite al ADN estar separado del citoplasma (Figura 59).

Las células eucariotas abarcan tantos organismos unicelulares (protistas) y multicelulares (animales, plantas, hongos), pudiendo alcanzar un volumen hasta 1000 veces mayor en comparación con las células procariotas. Esta diferencia en tamaño implica a su vez diferencias en la estructura, organización y función celular, las cuales darán lugar a los diversos niveles de complejidad propios de los organismos multicelulares. Poseen un citoesqueleto más elaborado, conformado principalmente por microtúbulos, microfilamentos y filamentos intermedios que son los encargados de conferir a la célula su forma, mantener la estructura de los diversos organelos celulares, pero la vez son capaces de modificarla y desplazarla (al ser componentes principales de cilios y flagelos).

Figura 59

Representación esquemática de una célula eucariota



Al igual que su tamaño, el ADN de las células eucariotas puede ser hasta 1000 veces mayor, lo cual se traduce a su vez en una mayor cantidad de genes (Tabla 12). Sin embargo, las células eucariotas también contienen mayor cantidad de ADN que no codifica secuencias de proteínas. Por ejemplo, el porcentaje del genoma que no codifica proteínas en la bacteria *E. coli* es 11%, mientras que en el genoma humano llega a ocupar aproximadamente alrededor del 98.5%. Inicialmente, al no codificar secuencias de proteínas, este ADN fue considerado como “junk ADN” o “ADN basura”. Sin embargo, en las últimas décadas se ha determinado la importancia de su papel en la regulación de la actividad de sus genes, así como la modulación del genoma (Biémont & Vieira, 2006).

Tabla 12

Tamaño del genoma y número de genes de varios organismos modelo

Organismo	Tamaño del genoma* (en pares de nucleótidos)	Número Aproximado de genes
<i>Escherichia coli</i> (bacteria)	4.6 x 10 ⁶	4300
<i>Saccharomyces cerevisiae</i> (levadura)	13 x 10 ⁶	6600
<i>Caenorhabditis elegans</i> (nemátodo)	130 x 10 ⁶	21000
<i>Arabidopsis thaliana</i> (planta)	220 x 10 ⁶	29000
<i>Drosophila melanogaster</i> (mosca de la fruta)	200 x 10 ⁶	15000
<i>Danio rerio</i> (pez cebra)	1400 x 10 ⁶	32000
<i>Escherichia coli</i> (bacteria)	4.6 x 10 ⁶	4300
<i>Saccharomyces cerevisiae</i> (levadura)	13 x 10 ⁶	6600
<i>Mus musculus</i> (ratón)	2800 x 10 ⁶	30000
<i>Homo sapiens</i> (ser humano)	3200 x 10 ⁶	30000

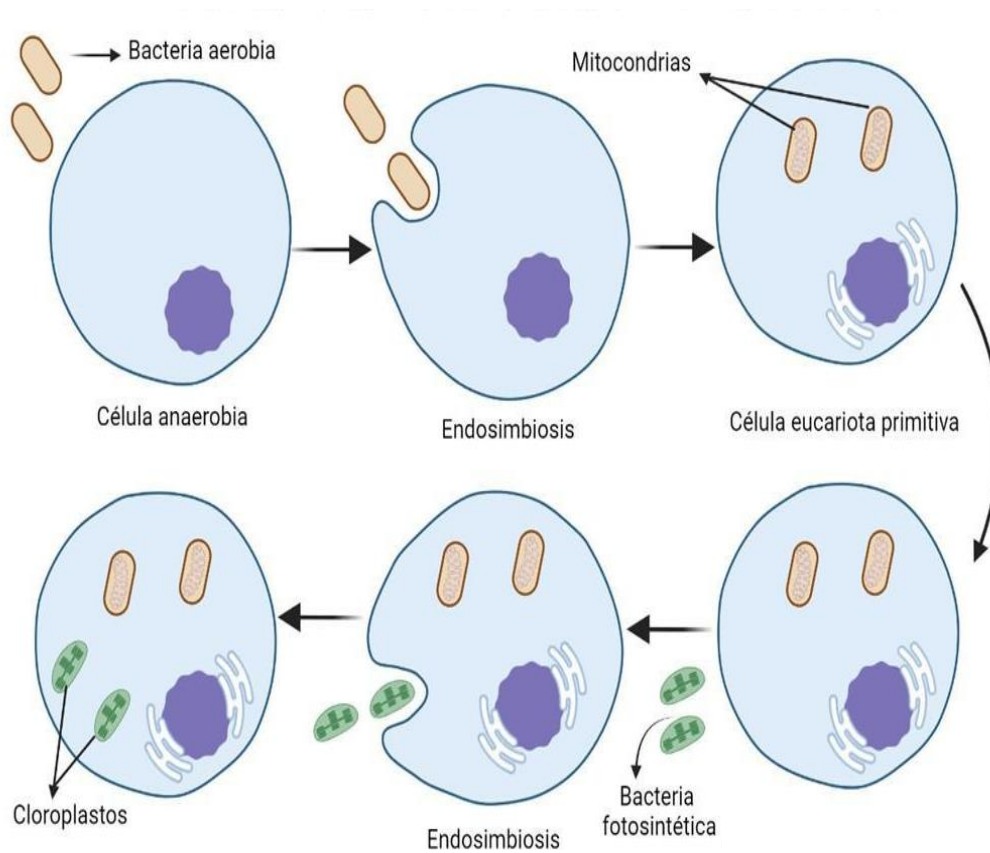
* Estimación de la cantidad de secuencias de ADN altamente repetidas que no se encuentran en la base de datos del genoma. Tomado de (Alberts, 2015).

Es posible que el origen de las células eucariotas se remonte a un modelo depredador en el cual una célula primitiva se alimentaba de otras células. Para tal propósito, era necesario contar con un citoesqueleto complejo y membrana plasmática flexible, además de la necesidad de poseer un compartimiento (núcleo) que permitiese albergar a las moléculas de ADN capturadas y así evitar la degradación del material genético. Este modelo depredador también explica la aparición de las mitocondrias como parte fundamental de las células eucariotas. Actualmente es aceptado el origen de las mitocondrias a partir de bacterias aerobias que fueron capturadas por una célula anaerobia primitiva (Figura 60), las cuales establecieron procesos simbióticos hace 1500

millones de años, permitiéndoles proveer de energía (producción de ATP mediante procesos oxidativos) a las células eucariotas a cambio de protección y alimento. Como vestigio de este origen, las mitocondrias se asemejan en tamaño a las células procariotas, y al igual que ellas, poseen su propio ADN circular, ribosomas y ARNs de transferencia.

Figura 60

Origen de las mitocondrias y cloroplastos

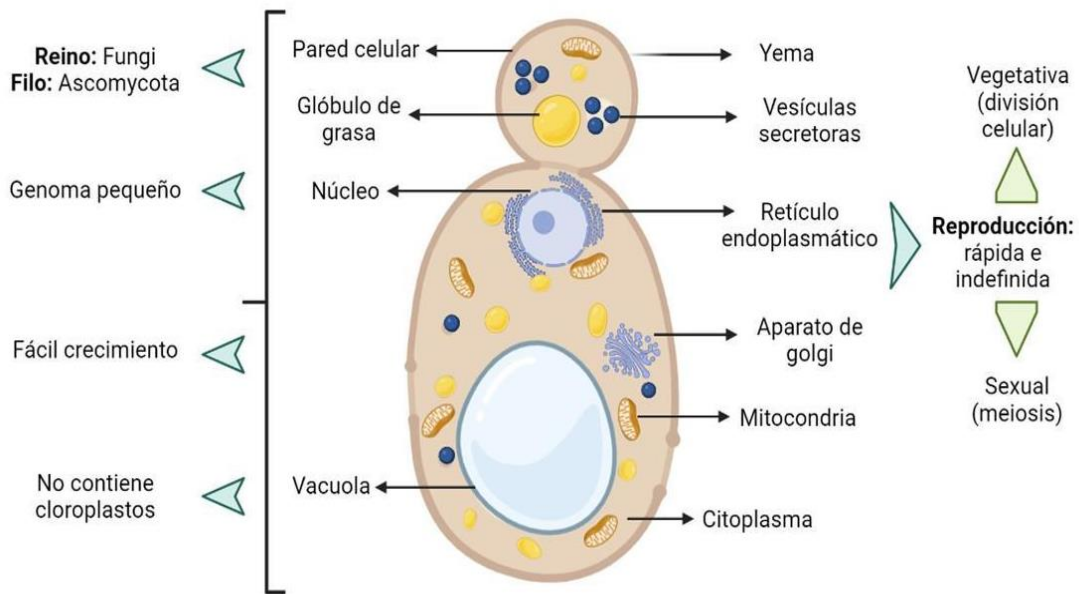


Otra característica primordial de las células eucariotas es que su ADN se envuelve alrededor de un complejo de proteínas denominadas histonas, que al empaquetarse conformarán el nucleosoma, considerado la unidad principal de la cromatina, la cual al condensarse constituirá el cromosoma eucariótico. Este empaquetamiento y condensación del DNA varía considerablemente en las células procariotas. Por otro lado, los eucariontes no son necesariamente organismos multicelulares; protozoos, levaduras, ciertas algas y hongos están constituidos por una sola célula (Mille et.al., 2001). De estos organismos unicelulares, las levaduras (*S. cerevisiae*) no solo han sido ampliamente utilizados por el ser humano a través de su historia en la elaboración de

pan y cerveza, sino que han adquirido gran relevancia en la investigación científica al ser consideradas como un modelo eucarionte estrechamente relacionado tanto a plantas como animales (Walker y Stewart, 2016) presentado en la Figura 61.

Figura 61

Las levaduras como modelo eucarionte. Organelas y características principales



Las células eucariotas se han clasificado generalmente en célula animal y célula vegetal. Sin embargo, el reino fungi está compuesto de células eucariotas que incluyen importantes diferencias respecto a los dos tipos mencionados anteriormente.

3.1.1 Célula animal

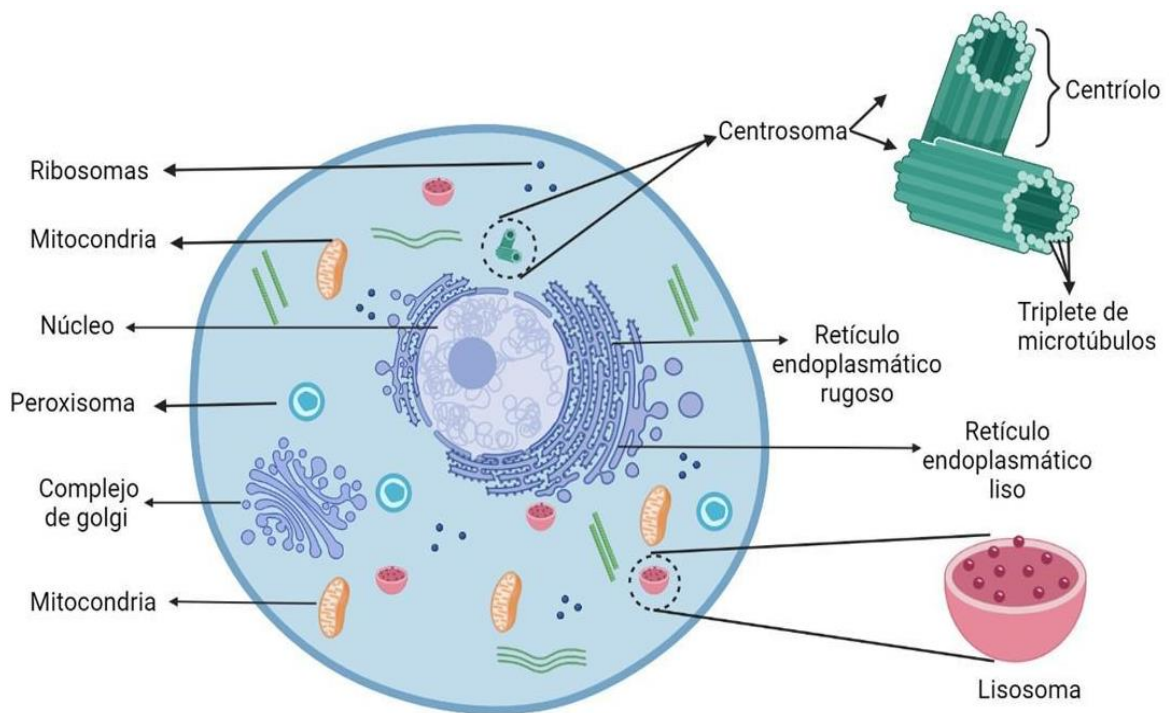
La célula animal posee características propias de una célula eucariota, además de constituir la unidad estructural de tejidos y órganos que conforman el reino animal. Una característica distintiva de la célula animal respecto a la célula vegetal y fúngica es la presencia de orgánulos cilíndricos denominados **centríolos**, cada uno compuesto por nueve triplete de filamentos proteicos llamados microtúbulos (Figura 62).

Dos centriolos ubicados perpendicularmente constituyen el centrosoma, localizado en las cercanías del núcleo. Los centriolos adquieren gran importancia durante la división celular ya que son los responsables de la formación del huso mitótico. Por otro lado, las células animales poseen unos orgánulos esféricos denominados **lisosomas**, los cuales se encuentran rodeados por una membrana y contienen en su interior enzimas

hidrolíticas que actúan a modo de sistema digestivo de la célula absorbiendo y degradando proteínas extracelulares, así como los desechos que se encuentran en el interior de la misma célula (Paniagua et al., 2007).

Figura 62

Centríolos y lisosomas presentes en una célula animal

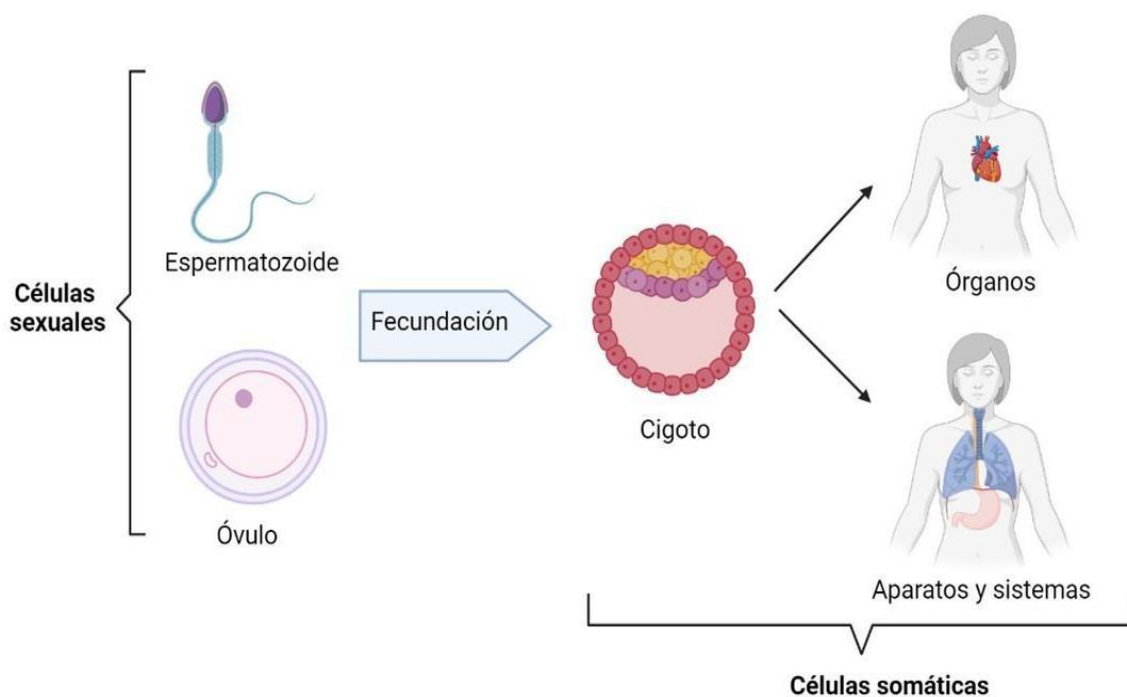


3.1.2 Célula somática y célula sexual

El término “somático” hace referencia a cualquier célula de un organismo involucrada en la formación de tejidos y órganos. En el caso del ser humano, las células somáticas son diploides ($2n$), están formadas por 46 cromosomas ($2n=46$) y se reproducen por mitosis sin intercambio de material genético, tal es el caso de las células nerviosas, musculares, epiteliales, entre otros. Por otro lado, las células sexuales son células especializadas en la reproducción de un organismo (Figura 63). En el ser humano, las células sexuales (óvulo y espermatozoide) son haploides (n), contienen un solo set de 23 cromosomas cada una ($n=23$) y se reproducen por meiosis, con el consiguiente intercambio de material genético. En general, una célula somática puede ser considerada como cualquier célula de un organismo exceptuando las células sexuales.

Figura 63

Representación de las células sexuales y somáticas



3.1.3 Célula vegetal

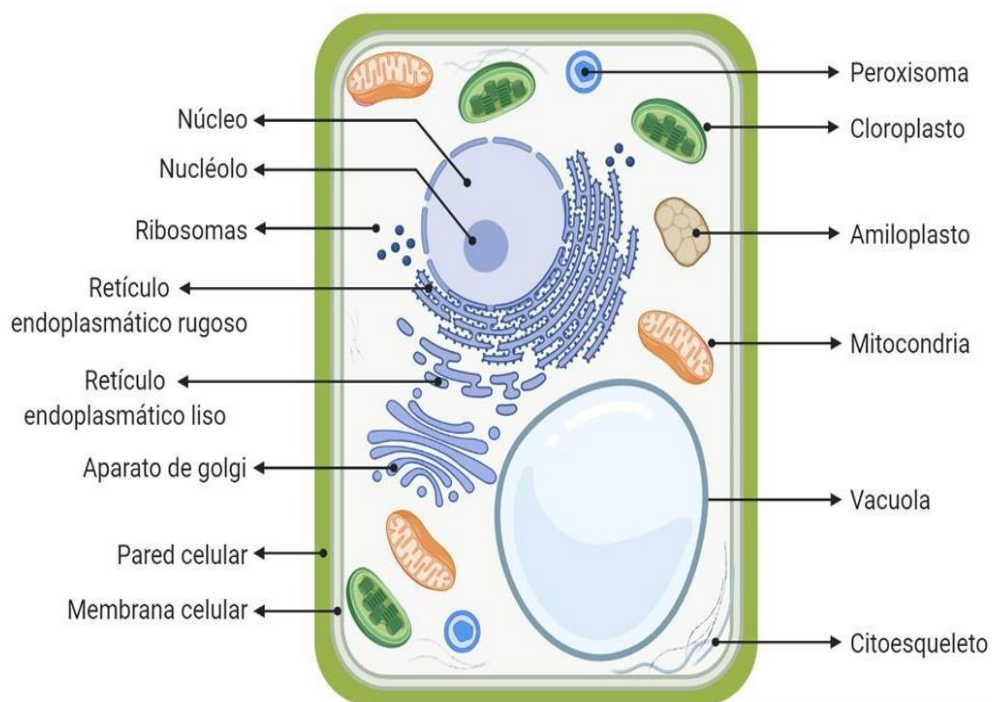
La célula vegetal es un tipo de célula eucariota que constituye la unidad estructural de tejidos y órganos que conforman el Reino Plantae. Este tipo de células poseen dos características claramente distinguibles de las células animales: la presencia de pared celular y cloroplastos (Figura 64).

La **pared celular** se ubica por fuera de la membrana plasmática, brinda un soporte rígido y protección a la célula al estar constituida principalmente por unas largas cadenas de moléculas de β -D-glucosa unidas entre sí mediante enlaces β -1,4. Interviene en todas las reacciones de intercambio entre el interior de la célula y su entorno. La pared celular resulta imprescindible al momento de mantener el balance hídrico de la célula. En condiciones hipotónicas, el ingreso de agua por ósmosis incrementa la presión de turgencia hasta el punto en que la presión ejercida contra la pared celular impide el ingreso de más cantidad de agua a la célula. Este balance se realiza mediante una organela denominada **Vacuola**, la cual al llenarse de agua creará dicha presión contra la pared celular. Las vacuolas son análogas a los lisosomas de la célula animal.

Sin embargo, su tamaño es considerablemente mayor, llegando a ocupar hasta el 80% del volumen celular y junto con la pared celular contribuyen a mantener la integridad y estructura de la célula. Las vacuolas también están encargadas de almacenar sales, glúcidos, grasas, proteínas, que favorecerán el crecimiento de la planta, así como sustancias de desecho (Alberts, 2015).

Figura 64

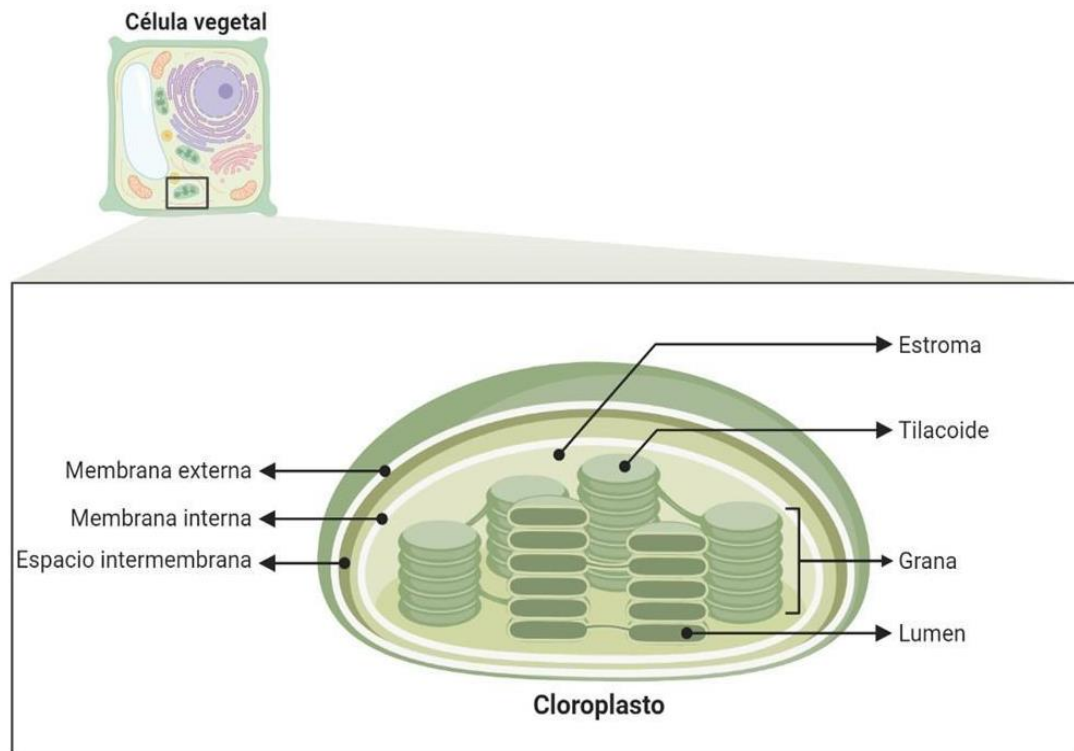
Representación esquemática de una célula vegetal



Los **cloroplastos** son organelos uniformemente distribuidos a lo largo del citoplasma de las células vegetales (Figura 65), en los cuales se lleva a cabo uno de los procesos esenciales para la vida en la tierra: la fotosíntesis. Los cloroplastos contienen un pigmento denominado **clorofila**, la cual es responsable no solamente de conferir el color verde a las plantas, sino de absorber la energía proveniente de la luz solar y así llevar a cabo la fotosíntesis, a través de la cual las plantas son capaces de elaborar sus propios compuestos orgánicos (autótrofos). Adicionalmente, en el interior de los cloroplastos se lleva a cabo la producción de compuestos esenciales para el mantenimiento del metabolismo de la célula tales como biosíntesis de aminoácidos, vitaminas o ácidos grasos (Salazar et al., 2013).

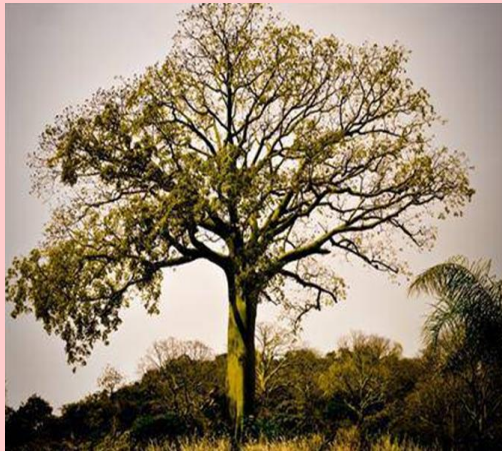
Figura 65

Representación esquemática del cloroplasto



Para comprender la complejidad, así como las diversas funciones, que desempeñan los cloroplastos, es necesario remontarse nuevamente al origen depredador de la célula eucariota. Una vez incorporadas las mitocondrias como parte de la célula eucariota primitiva, esta absorbió y estableció una relación endosimbiótica hace 1000 millones de años con un nuevo organismo procarionte, una cianobacteria con capacidad fotosintética (Figura 65), y de este modo dio origen a los cloroplastos, los cuales al igual que las mitocondrias, poseen su propio genoma.

¿La fotosíntesis se realiza solamente en las hojas?



Los ceibos gigantes (*Ceiba trichistandra*) que se encuentran en el bosque seco ecuatorial (región Tumbesina), localizado al suroeste del Ecuador y noroeste de Perú, son árboles donde su tronco puede alcanzar de uno a dos metros de diámetro. En el mes de mayo el viento se lleva sus hojas con lo cual evita su deshidratación, y en su tronco almacena agua y ahorra energía ese tiempo. Los ceibos son una de las pocas especies que tienen la capacidad de realizar el proceso de fotosíntesis desde su corteza que contiene clorofila, y por ello es su coloración verde (Hunter, 2010).

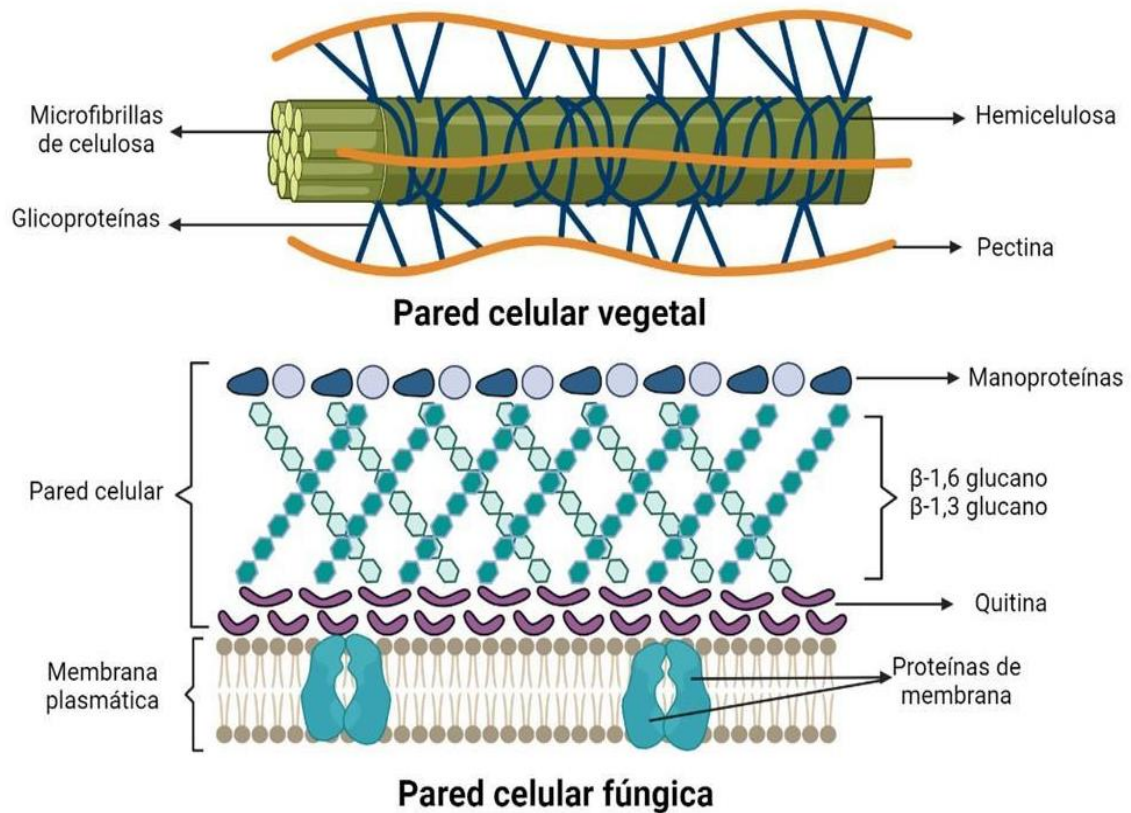
Si deseas ampliar tu conocimiento en el tema lo puedes consultar en: Hunter (2010).

3.1.4 Célula fúngica

La célula fúngica al igual que la célula vegetal y animal, es un tipo de célula eucariota que conforma la base estructural del Reino Fungi, ya sea unicelular como las levaduras o pluricelular como los champiñones o el moho (cuyas células son alargadas, tubulares denominadas hifas). La célula fúngica se asemeja a la célula vegetal al poseer pared celular. Sin embargo, su estructura es diferente ya que se constituye principalmente por **quitina** y **β -glucanos** (Figura 66). A diferencia de la celulosa, la cual es un polímero de glucosa, la quitina está conformada por un polímero derivado de la glucosa, la N-acetil glucosamina, la cual es capaz de formar una matriz que estructuralmente brindará mayor resistencia y rigidez que la celulosa. Adicionalmente, la célula fúngica contiene unas vesículas denominadas **quitosomas**, encargados de la síntesis de quitina. Otra diferencia fundamental entre la célula fúngica y la célula vegetal es la ausencia de cloroplastos, y, por lo tanto, la incapacidad de realizar fotosíntesis. Por tal motivo, los hongos son organismos heterótrofos. Sin embargo, son capaces de secretar enzimas extracelulares (ejemplo: celulasa) que degradarán el sustrato a partir del cual obtendrán los nutrientes y energía necesaria para mantener sus procesos metabólicos (Ruiz, 2010).

Figura 66

Estructura de la pared celular vegetal y fúngica



3.2 Organelas célula eucariota

3.2.1 Membrana

Es la separación física de la célula eucariota con otras, y se encuentran membranas en ciertas organelas celulares como la mitocondria, cloroplastos, lisosomas, retículo endoplasmático liso y rugoso (Paniagua et al., 2007).

Funciones:

- Protección de la célula frente a posibles agresiones externas.
- Mantenimiento de la presión osmótica óptima para el funcionamiento normal de la célula.
- Control del intercambio molecular hacia el interior y/o el exterior celular para suplir necesidades de nutrición.

- Contiene proteínas membranales, las cuales realizan funciones específicas como el transporte selectivo de moléculas, reconocimiento de moléculas y la ejecución de determinadas reacciones enzimáticas.
- Mediante receptores se logra la fijación selectiva de moléculas para el proceso de la transducción de señales.
- Interviene en procesos de fusión celular tras su respectivo reconocimiento.
- En ciertas células, puede influir en procesos de motilidad, y en ciertos orgánulos también interviene en procesos de motilidad.

Composición bioquímica

A nivel general una membrana plasmática responde a un modelo de mosaico fluido, es decir, existe una heterogeneidad en cada región de la membrana ya que sus componentes se distribuyen de forma irregular a lo largo de la misma, con ello le confiere un grado de movilidad y fluidez. Sus características le brindan elasticidad, propiedades eléctricas y al ser semipermeable, no toda sustancia puede entrar y salir con facilidad, incluso genera una relativa impermeabilidad frente a moléculas muy polares (Lodish et al., 2005).

Una membrana se compone de:

- Fosfolípidos.
- Esteroles.
- Glucolípidos.
- Lipopolisacárido.
- Proteínas.

Fosfolípidos

Según Campbell y Reece (2005) los fosfolípidos conforman la bicapa lipídica, la cual se compone de dos partes, una parte hidrófoba a manera de una cola formada por un ácido graso saturado y otro insaturado que se orientan en la parte interna de la membrana y una parte hidrófila externa con una cabeza polar constituida de colina que se orienta hacia la parte externa de una membrana plasmática, y su estructura se observa en la Figura 66.

Figura 67

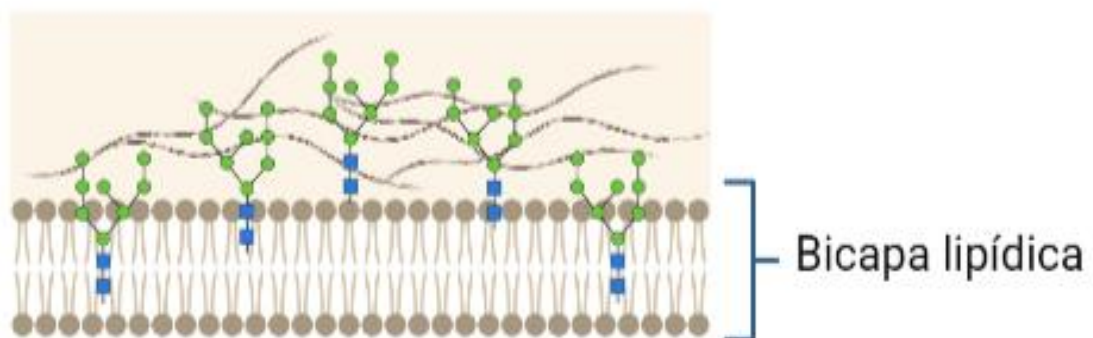
Estructura de un fosfolípido



Para formar la bicapa, los fosfolípidos se disponen de tal manera que sus colas hidrófobas tienen contacto entre sí, las cuales se componen por dos ácidos grasos, mientras que la parte hidrófila se dispone por las cabezas polares del fosfolípido y se ubican hacia el exterior, por lo tanto, éstas pueden tener contacto con la parte acuosa del citoplasma y el medio externo de la célula, como se puede observar en la siguiente Figura 68.

Figura 68

Bicapa lipídica que conforma una membrana celular

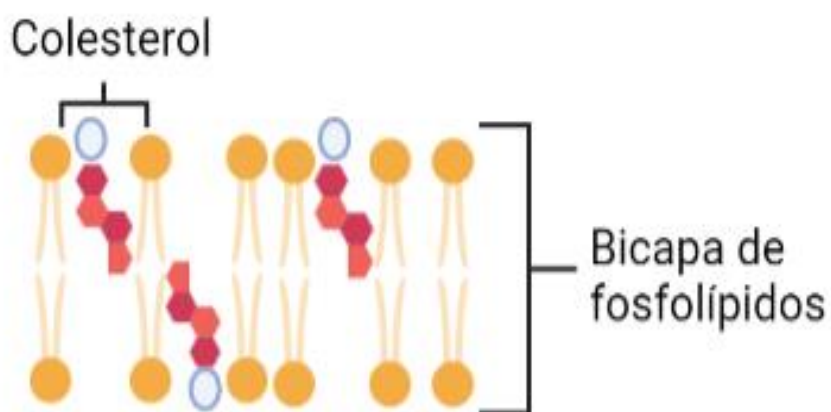


Esteroles

La membrana eucariota se compone de colesterol, el cual se inserta de manera próxima a las cabezas polares de los fosfolípidos mediante su grupo hidroxilo polar, y la región apolar del colesterol se integra entre las colas apolares de los fosfolípidos como se puede observar en la Figura 69. El colesterol aporta a la fluidez de la membrana y cuando existe una variación de temperatura, el colesterol ayuda a soportar estos cambios para que la membrana no colapse o se desintegre (Paniagua et al., 2007).

Figura 69

Disposición del colesterol entre los fosfolípidos de una membrana plasmática

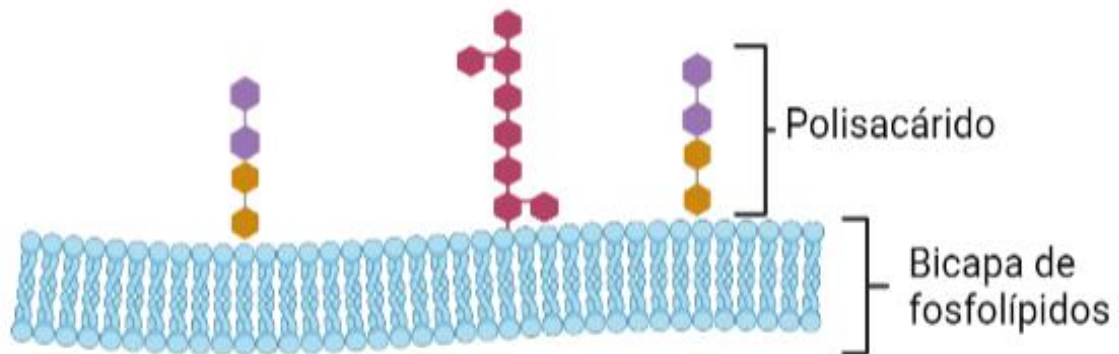


Glucolípidos

Son moléculas mixtas producto de la fusión de un lípido y un polisacárido, el cual queda expuesto en el espacio extracelular, su tamaño depende del número de monosacáridos que la componen y su función principal es de protección, aislamiento y reconocimiento de otras moléculas, como se observa en la Figura 70.

Figura 70

Glucolípido de una membrana plasmática



Proteínas

Son componente importante de las membranas, las cuales se clasifican (Figura 71) en:

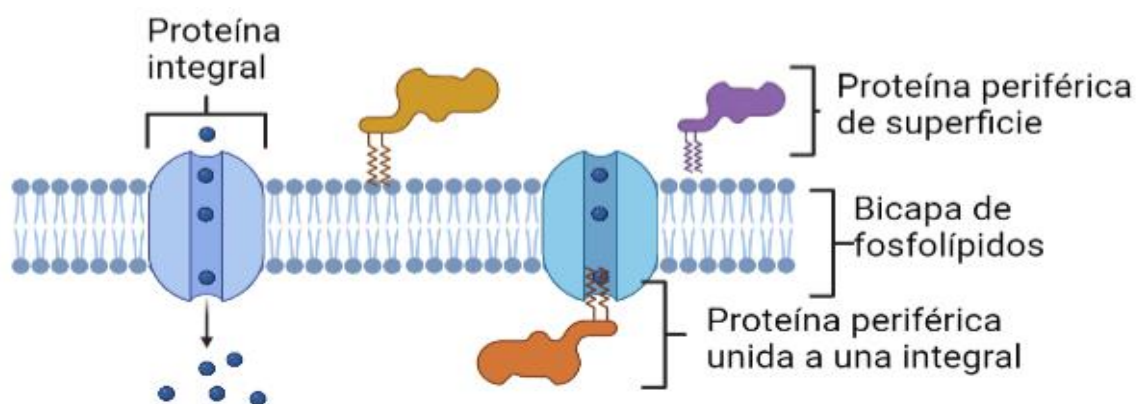
- Periféricas: cuando las proteínas no atraviesan las membranas, pero están en la superficie o en la capa interna de las mismas.
- Integrales: son proteínas que atraviesan la membrana de forma parcial o total.

En general las proteínas son del tipo globular o fibrosa y sirven para mantener los gradientes transmembrana, median el intercambio de sustancias y captan señales externas, todo depende de su composición que pueden ser:

- Simples: cuando se componen por cadenas de aminoácidos.
- Conjugadas: cuando a más de las cadenas de aminoácidos se constituyen de otros compuestos orgánicos o inorgánicos, los cuales reciben el nombre de grupos prostéticos.

Figura 71

Tipos de proteínas que constituyen una membrana plasmática



Según la función de las proteínas se pueden clasificar en:

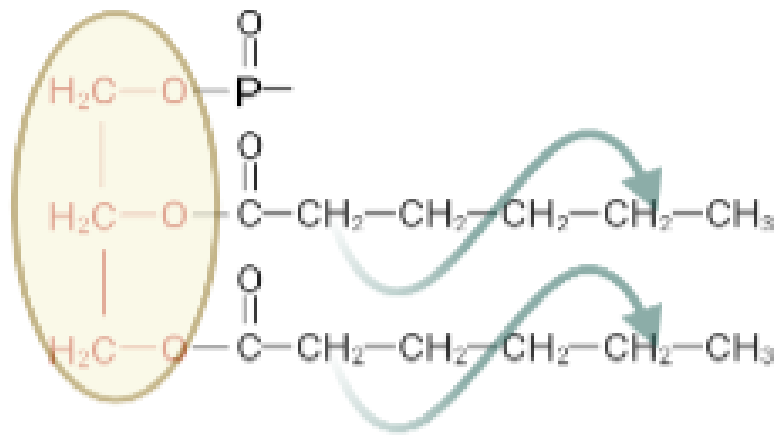
- **Formadoras de canales:** son del tipo integral que forman un poro o canal, que por lo general tiene el carácter hidrofílico y permite la entrada y salida de determinadas sustancias de la célula.
- **Transportadoras:** por lo general son integrales para que faciliten el transporte de moléculas a través de la membrana.
- **Receptoras:** en su mayoría son integrales, y sirven para reconocer ciertas moléculas a las cuales se unen y generan una determinada función o señal.
- **Enzimas:** pueden ser del tipo integrales o periféricas, las cuales catalizan reacciones en la superficie de la membrana.
- **Anclajes del citoesqueleto:** son netamente del tipo periféricas, y se ubican en la capa interna de la célula para que funcionen como anclaje para los filamentos del citoesqueleto.
- **Marcadores de identidad de la célula:** son moléculas híbridas como las glucoproteínas, que caracteriza a cada individuo y que junto a los glucolípidos colaboran en el reconocimiento celular de otro individuo.

Se ha manifestado que la membrana plasmática tiene movilidad y cierto dinamismo por parte de los fosfolípidos que la componen, lo cual se puede resumir en los siguientes comportamientos observados.

- Rotación de los enlaces de carbono: las colas hidrófobas de los fosfolípidos pueden generar una rotación alrededor de los enlaces C-C (Figura 72).

Figura 72

Rotación de enlaces de carbono en las colas de los fosfolípidos

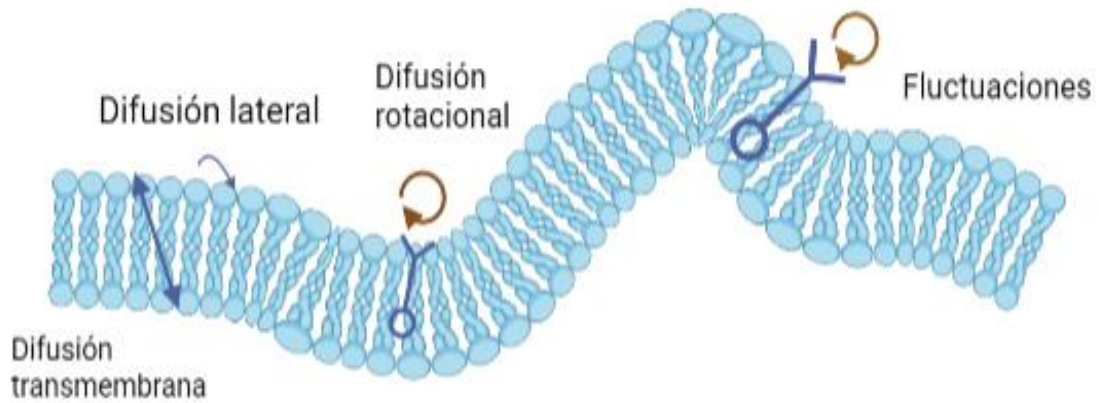


En la Figura 73 se puede distinguir los siguientes movimientos:

- Flexibilidad de la cadena hidrocarbonada: se da gracias a los dobles enlaces de la cola del fosfolípido.
- Difusión rotacional: tienen la capacidad de rotación alrededor de sí mismos.
 1. Rotación alrededor de un eje móvil
 2. Alrededor de un eje fijo.
- Difusión lateral: presente un movimiento traslacional a lo largo de la superficie de la bicapa y puede darse en todas direcciones de forma aleatoria y depende del grado de rigidez de la membrana.
- Fluctuaciones: movimientos ondulatorios de la bicapa, simulando a las olas del mar.
- Difusión transmembrana o *flip-flop*: cuando uno o un grupo de fosfolípidos se transloca de una mitad de la bicapa a la otra (Paniagua et al., 2007).

Figura 73

Dinamismo en una membrana plasmática: flexibilidad; difusión rotacional; difusión lateral; fluctuaciones; difusión transmembrana

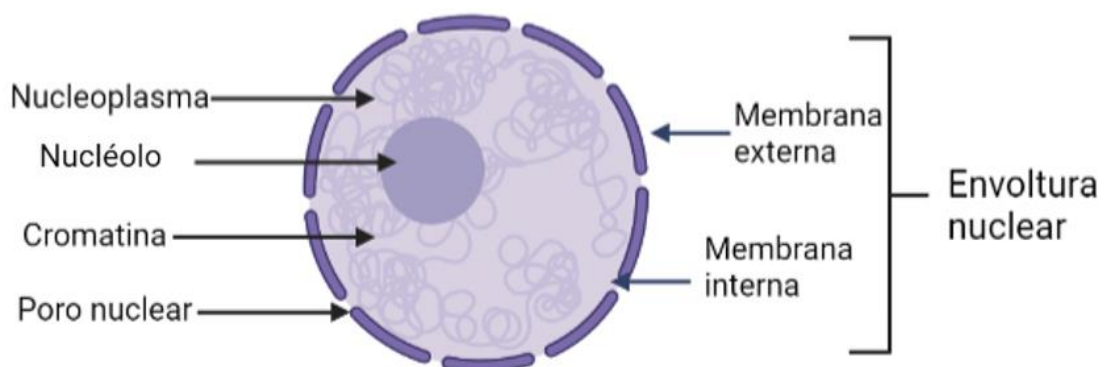


3.2.2. Núcleo

Es un organelo presente en células eucariotas de gran importancia, ya que dirige cada proceso celular (Figura 74).

Figura 74

Representación gráfica del núcleo celular



Funciones:

- Resguardar el material genético ADN, el cual guarda toda la información que coordina las actividades celulares como el crecimiento, metabolismo, síntesis de biomoléculas y la reproducción celular; dichos procesos se describen en la unidad 4.
- Determinan la entrada de nutrientes y salida de biomoléculas importantes para el funcionamiento celular, como por ejemplo el ARNm que en el citoplasma será sintetizado en proteínas.

Forma y localización:

De manera general tienen una forma redonda, aunque también se adapta a la forma celular volviéndose elípticos. En cuanto a la ubicación, suele ser en la parte central de la célula para facilidad de comunicación con las organelas, pero también pueden cambiar de posición como en los neutrófilos de la sangre donde encontramos núcleos multilobulados que se encuentran también en regiones periféricas.

Podemos encontrar un núcleo por cada célula denominándose nucleadas, pero existen otras que necesitan más de un núcleo debido a sus funciones, se las conoce como polinucleadas y son comunes en ciertos protozoos, parásitos y hongos, incluso en los miocitos en humanos (Mille et.al., 2001).

Partes:

- **Envoltura nuclear o carioteca:** se conforma de dos membranas (una interna y una externa) dejando entre ellas un espacio intermembranoso de aproximadamente 2540 nm (Figura 75).

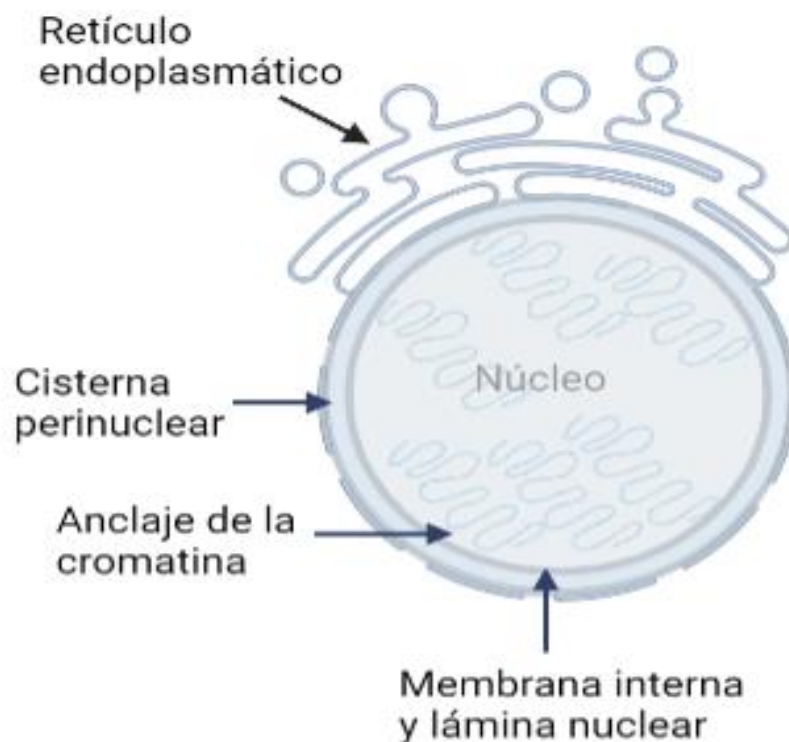
Sus funciones son:

1. Separar el nucleoplasma del citoplasma.
2. Regular el paso de macromoléculas entre el nucleoplasma y citoplasma.
3. Establece la forma nuclear.
4. Interviene en la organización interna del núcleo ya que genera lugares de anclaje para la cromatina.

5. Tiene interacción con elementos del citoesqueleto, microtúbulos y filamentos intermedios, para definir la posición del núcleo en la célula.
6. La membrana externa tiene directo contacto con la del retículo endoplasmático y posee ribosomas adheridos para que se genere una comunicación directa cuando salga del núcleo un ARNm y pueda traducirse en proteínas.

Figura 75

Representación gráfica de la envoltura nuclear



- **Poros nucleares:** atraviesan la envoltura nuclear y sirven para el transporte de moléculas como ARN, proteínas y enzimas entre el núcleo y el citoplasma.

Se encuentran distribuidos de manera regular por toda la membrana nuclear formados por un anillo constituido por 2 ciclos de 8 unidades esféricas de naturaleza ribonucleica.

Entre el anillo y el poro que tiene forma circular o poligonal, se encuentra un sistema de fibrillas o proyecciones cónicas o fibrosas

La cantidad de poros depende de su actividad fisiológica, es así que se tiene mayor número de poros en los núcleos más activos, pero en general contiene de 3000 a 4000 poros (Salazar et al., 2013).

- **Nucleoplasma:** medio interno del núcleo que contiene el resto de los componentes nucleares.
- **Nucléolo:** masa densa y esférica compuesta por ARN y proteínas, sin membrana propia (Figura 76).

Está formado por cromatina, la cual es visible al microscopio óptico, el núcleo puede tener uno o más de un nucléolo, en mamíferos se han encontrado hasta cinco nucléolos en sus células.

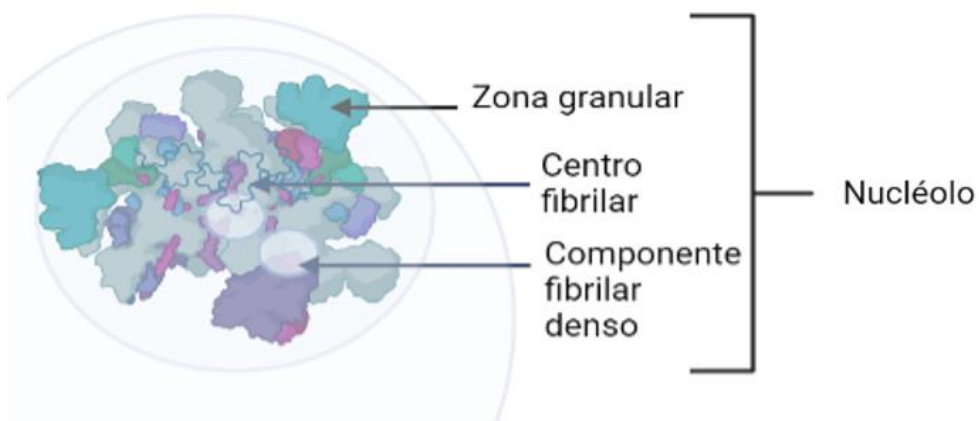
En el proceso de mitosis la cromatina se constituye en cromosomas, por lo tanto, el nucléolo desaparece en este proceso.

Entre sus funciones se le confiere la síntesis y maduración del ARNr, y el ensamblaje de las subunidades ribosómicas, para lo cual ocurre la transcripción de genes fuera de la cromatina nucleolar, el ARNm resultante sale al citosol donde es traducido a proteínas por los ribosomas.

Luego las proteínas sintetizadas van al nucléolo y se asocian con los ARNr para formar las subunidades ribosómicas, una vez ensambladas las subunidades salen hacia el citosol para adosarse al retículo endoplasmático rugoso (Lodish et. al., 2005).

Figura 76

Representación gráfica del nucléolo



Cromatina: conjunto de fibras de ADN y proteínas asociadas que se localizan en el nucleoplasma.

- Tipos de cromatina: **heterocromatina o cromatina condensada, y eucromatina o cromatina difusa**

Heterocromatina: Bajo el microscopio se observa como una zona más densa donde el ADN se encuentra empaquetado

Eucromatina: Zona más clara, menos densa donde el material genético se encuentra desempaquetado y a nivel genético es activo.

3.2.3 Citoplasma

Es el medio interno de la célula que contiene a todas las organelas celulares y por el cual se transportan las moléculas de una organela a otra. Su composición es de tipo acuoso y comprende alrededor del 55% del volumen celular.

Funciones:

- Mediar el transporte de moléculas por toda la célula.
- Favorecer los movimientos celulares.
- Interviene en la formación del huso mitótico.
- Contiene todas las organelas y otras moléculas energéticas como ATP, GTP, moléculas que intervienen en la señalización celular como el cAMP, cGMP, Ca₂, contiene agua, electrolitos, lípidos, carbohidratos y enzimas que catalizan diversos procesos celulares.
- Activación de aminoácidos para la síntesis proteica y es el medio donde sucede la maduración de proteínas.
- Es el sitio donde ocurre la gluconeogénesis y glucogenólisis, glucólisis anaerobia

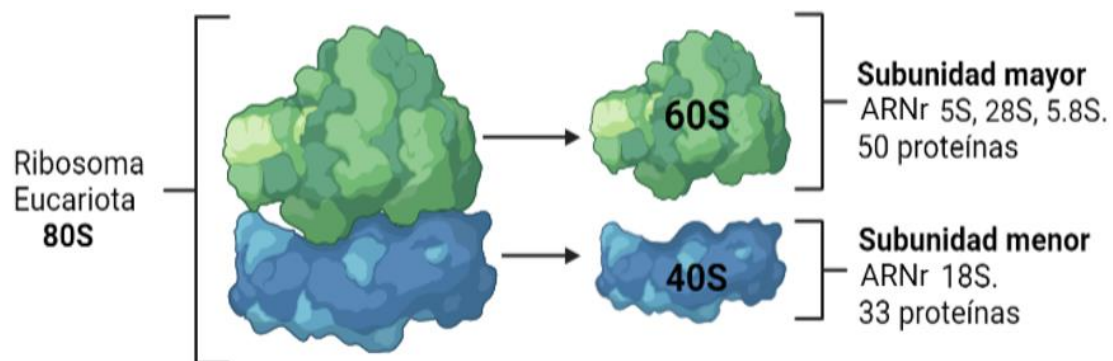
- Actúa como una solución tampón al mantener el pH en 7.4, ideal para que ocurran todos los procesos celulares con normalidad.

3.2.4 Ribosomas

Organela celular que no está constituida por una membrana como tal, sino se compone de ARN y proteínas (Figura 77).

Figura 77

Representación gráfica de un ribosoma de la célula eucariota



Funciones

La función que realizan es la síntesis de proteínas, es decir, captan el ARNm y lo traducen en un péptido gracias al ARNt que interviene, y luego el péptido sufrirá un proceso de maduración para que sea una proteína funcional.

Forma y localización

Cada subunidad que lo conforma tiene una forma redondeada, con un peso molecular aproximado de 4200 kDa y se adosan al retículo endoplasmático rugoso, cercano al núcleo para receptor los ARNm.

Partes

Se conforma de dos subunidades, una mayor y otra menor, constituidas del 60% de proteínas y un 40% de ARNr. El ribosoma se mide por S (svedbergs) que representa a la unidad de sedimentación, siendo así la subunidad mayor mide 60S, mientras que la subunidad menor es de 40S, dando un valor de sedimentación de todo el ribosoma de 80S.

La subunidad mayor tiene más de 50 proteínas y 3 ARNr, de 28S, 5.8S y 5S, respectivamente. Y la subunidad menor tiene más de 33 proteínas y un RNAr de 18S, dichos valores pueden variar un poco dependiendo la especie (Paniagua et al., 2007).

3.2.5 Centríolo

Este organelo pertenece a las células animales (Salazar et.al., 2013) lo que se presenta en la Figura 78.

Funciones

- Organizar a los microtúbulos que forman el citoesqueleto de la célula donde se determina la localización del núcleo y las organelas celulares para mantener una organización.
- Ayudan a la formación del huso mitótico en el proceso de división celular.

Forma y localización

Tienen forma tubular organizados en pares y se ubican cerca de la membrana nuclear en una región denominada centrosoma.

En cuanto a sus dimensiones tienen 0.25 μm de diámetro por 0.5-0.75 μm de longitud, organizados en 9 tripletes.

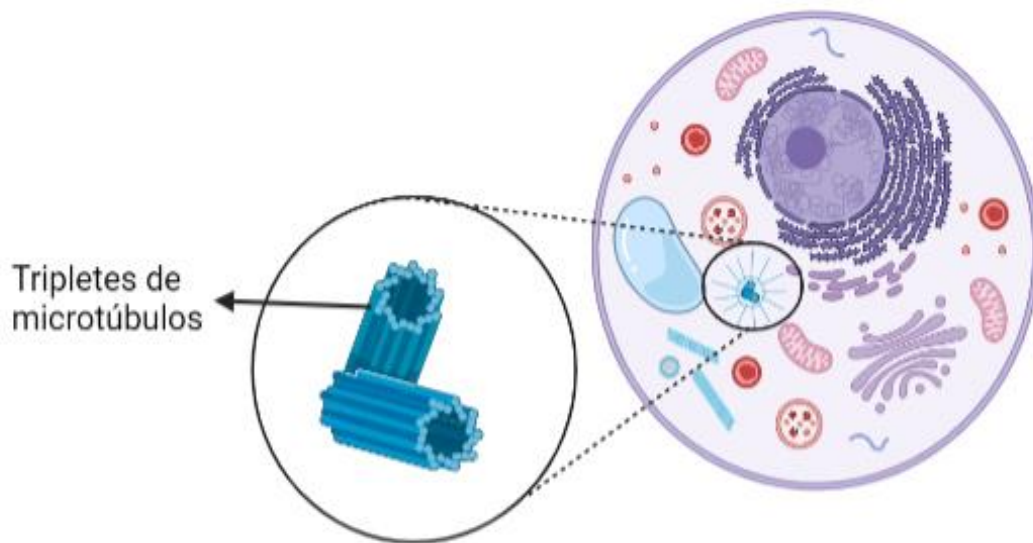
Partes:

Se componen de 9 tripletes de microtúbulos formando un radio concéntrico. En el extremo proximal los tripletes se disponen radialmente, formando un ángulo de 20-30° con los radios teóricos.

En el extremo distal los tripletes son casi perpendiculares a los radios, formando un ángulo de 70-80°

Figura 78

Representación gráfica de los centriolos y su ubicación en la célula



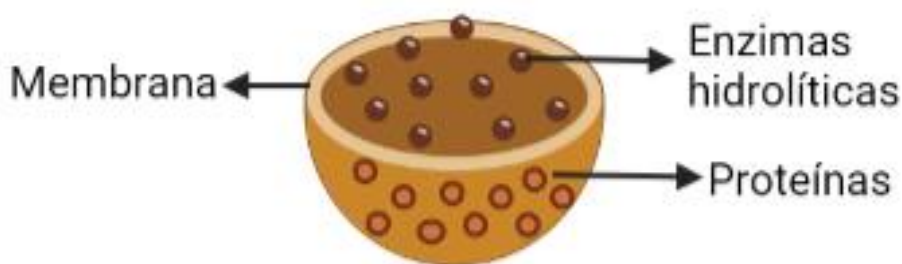
3.2.6 Lisosomas

Ésta organela propia de las células eucariotas animales se sintetiza en el retículo endoplasmático rugoso y luego pasa al compartimiento cis del complejo de Golgi, donde madura para emerger desde el compartimiento trans del complejo de Golgi como lisosoma primario (Campbell y Reece, 2005).

Está formada por una membrana que resiste el pH de 5 interno del lisosoma, se le considera como una vesícula rica en enzimas hidrolíticas, es una organela de cuidado, ya que si libera su contenido destruiría a la célula por completo (Figura 79).

Figura 79

Representación gráfica de un lisosoma



Funciones

Las funciones dependen del lisosoma, estos son heterogéneos, y pueden ayudar en procesos:

- Digestivos.
- Atrapan metales pesados.
- De defensa frente a sustancias o microorganismos con potencial tóxico.

En general, pueden degradar moléculas que ingresan a la célula, si estas son muy grandes, entran a la célula encapsuladas en una vesícula por un proceso denominado **endocitosis**. Dicho proceso requiere el consumo de energía ATP, y posterior reposición de la membrana que ayuda a formar la vesícula para dicho ingreso.

Existen dos tipos de endocitosis que dependen de la molécula que se deba ingresar. Si la molécula es sólida y de tamaño considerable será del tipo **fagocitosis**. Pero si se requiere ingresar moléculas en estado líquido con sustancias disueltas el proceso se denominará **pinocitosis**.

Forma y localización

Tienen una forma redondeada, pero su tamaño varía según su función, incluso pueden llegar a fusionarse formando lisosomas secundarios, incluso terciarios si se requiere digerir alguna molécula de gran tamaño. Se localizan en el citoplasma entre el complejo de Golgi y la membrana plasmática que son los principales lugares donde realizan el transporte de sustancias (Salazar et al., 2013).

Partes

- **Membrana:** tiene la estructura de la membrana plasmática, y una hemimembrana interna altamente glucosilada que le protege del pH ácido interno además, posee receptores que les permite reconocer otras vesículas para

el proceso de fusión en el caso de que se requiera. Tiene una mayor cantidad de colesterol y esfingomielina en comparación a la membrana que conforma el retículo endoplasmático y el aparato de Golgi

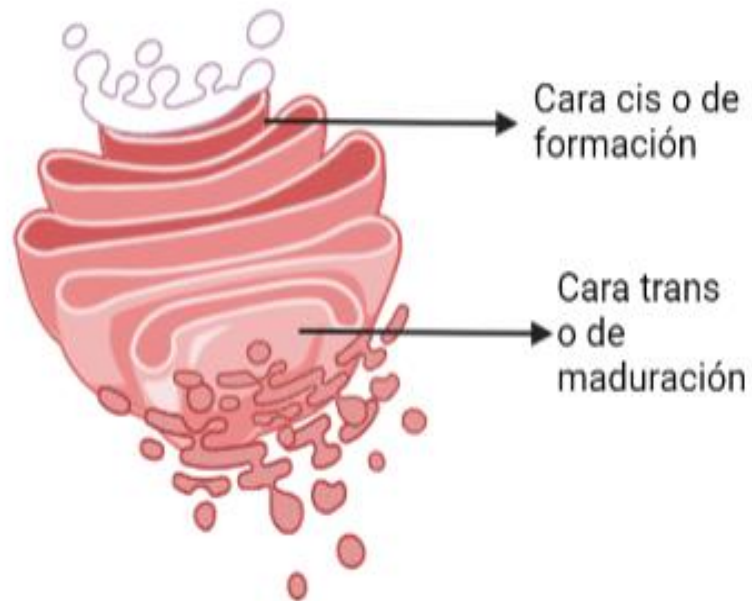
- **Enzimas hidrolíticas:** en el lisosoma se han encontrado hasta 40 enzimas diferentes las cuales servirán para degradar diferentes moléculas, por ejemplo:
 - Proteasas que degradan proteínas.
 - Nucleasas como las ADNasas y ARNasas que van a degradar ADN y ARN respectivamente.
 - Glucosidasas que rompen enlaces de glúcidos.
 - Arilsulfatasas que degradan ésteres de sulfato.
 - Lipasas y fosfolipasas que degradan lípidos.
 - Fosfatasas que degradan fosfatos de moléculas orgánicas.

3.2.7 Aparato de Golgi

En el citoplasma se encuentran organelas que forman perfiles membranosos a manera de sacos aplanados, cisternas, túbulos y vesículas, entre estas tenemos al aparato o complejo de Golgi cuyas membranas son lisas y se distribuyen a lo largo del citoplasma (Figura 80).

Figura 80

Representación gráfica del complejo de Golgi

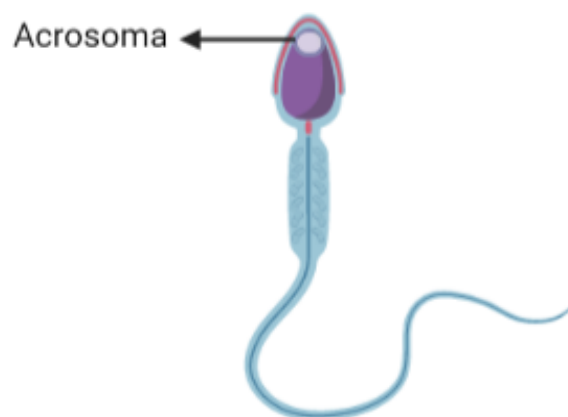


Funciones

- Recibe las proteínas sintetizadas por el retículo endoplasmático rugoso, durante el paso por la organela ocurren procesos de glucosilación y finalmente se liberan en vesículas para que sean dirigidas hacia la organela que lo requiera o al exterior celular.
- Formación de **acrosoma** de los espermatozoides (Figura 81).

Figura 81

Representación gráfica de un espermatozoide donde se muestra el acrosoma



- Los quilomicrones y lipoproteínas en células hepáticas, pasan por el complejo de Golgi, y luego emergen dentro de vesículas, las cuales serán expulsadas de la célula por un proceso denominado exocitosis.
- Secreción celular de proteoglicanos, glucoproteínas, formación de lisosomas.
- Maduración de moléculas como las proteínas, glucoproteínas (con azúcares simples) y proteoglicanos.

Forma y localización

El aparato de Golgi tiene la forma de túbulos con membranas lisas y su localización depende de la célula, por ejemplo, en las células secretoras se encuentra entre el núcleo y el ápice donde se vierte la secreción generada. En células fusiformes se ubica en ambos extremos del núcleo, el cual es de elíptico. En células plasmáticas el núcleo no se ubica en el centro y el aparato de Golgi lo acompaña, finalmente en las células vegetales ocupa extensas áreas del citoplasma sin posición definida (Salazar et al., 2013).

Partes

- Se compone de varias unidades, denominadas *dictiosomas*.
- Dictiosoma: es un conjunto de sáculos apilados, separados entre 20 y 30 nm aproximadamente los cuales se diferencian según su localización en los siguientes:
 - ***Cara proximal, cara cis o de formación:*** representa a la cara que está cerca al núcleo celular, tiene forma convexa con fenestraciones y se compone de túbulos que se conectan con otros dictiosomas y vesículas de transición que provienen del retículo endoplasmático rugoso, conforme se aleja del núcleo, las fenestraciones disminuyen y los túbulos y vesículas no se distinguen, formando cisternas.
 - ***Cara distal, cara trans o de maduración:*** representa a la cara más alejada del núcleo, es decir, próxima a la membrana plasmática. Tiene forma de cisternas y de su superficie emergen vesículas que forman lisosomas o se dirigen hacia la membrana plasmática para que aporten en su renovación.

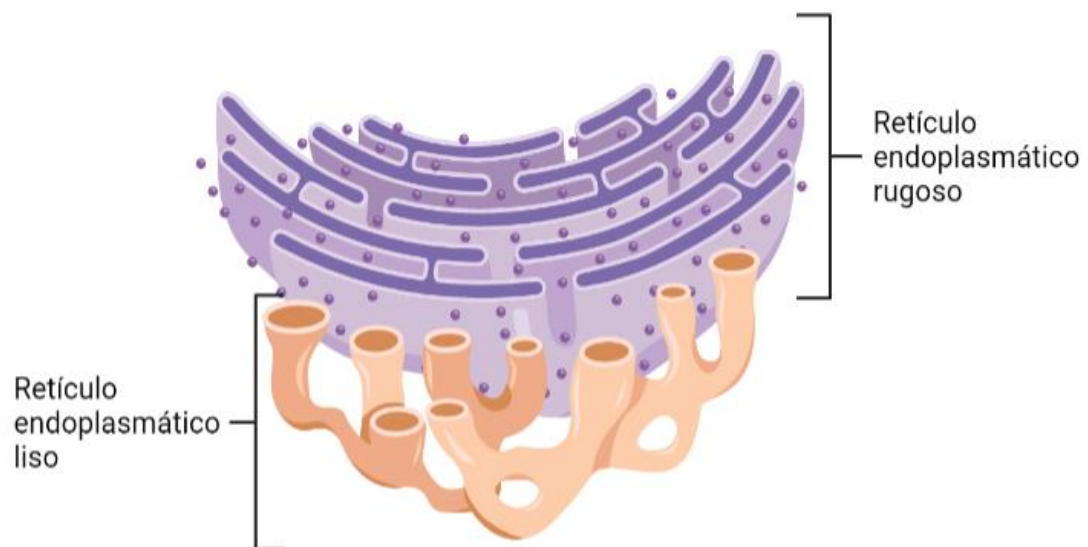
- **La membrana:** tiene una estructura trilaminar y la membrana de la cara cis tiene un espesor menor en comparación con la membrana plasmática, sin embargo, el espesor puede aumentar hasta la cara trans para que las vesículas que emerjan de la cara trans puedan unirse a la membrana plasmática y puedan salir de la célula sin problemas.

3.2.8 Retículo endoplasmático

Está conformada por cisternas y túbulos. En general se componen de aproximadamente 30% de lípidos y un 70% de proteínas. Y sus membranas contienen una menor cantidad de colesterol, glucolípidos y ceramidas en comparación con la membrana plasmática, y se puede dividir en retículo endoplasmático liso y retículo endoplasmático rugoso (Figura 82).

Figura 82

Representación gráfica del retículo endoplasmático liso y rugoso



Funciones

- En el retículo endoplasmático rugoso ocurre el almacenamiento de proteínas sintetizadas por los ribosomas que se adosan en él, dichas proteínas pueden migrar al hialoplasma, o pueden modificarse por glucosilación, y luego se empaquetan para ser transferidas a otra organela que lo requiera o para que se expulsen al exterior celular.

- El retículo endoplasmático liso se ocupa de la síntesis de: fosfolípidos, ceramidas, el colesterol, y otros derivados lipídicos como hormonas esteroideas, los quilomicrones de los enterocitos, las lipoproteínas y los ácidos biliares de los hepatocitos. También se le atribuye su participación en la degradación del glucógeno, ya que sus membranas contienen *glucosa-6-fosfatasa* que interviene en dicho proceso. Ésta organela es tan importante que también tiene enzimas *oxigenasas* que inactivan sustancias tóxicas como barbitúricos, etanol, insecticidas, herbicidas, conservantes, medicamentos, desechos industriales, convirtiéndolos en elementos más fáciles de excretar.

Forma y localización

Tiene forma heterogénea, y la membrana nuclear está en íntimo contacto con el retículo endoplasmático rugoso el cual tiene ribosomas adosados por lo que se observa una superficie rugosa y a diferencia del complejo de Golgi, no contiene túbulos. Este íntimo contacto con los ribosomas y la cercanía al núcleo permite recibir al ARNm saliente y que ocurra la síntesis de proteínas.

El retículo endoplasmático liso no posee ribosomas adosados, por lo que se observa una superficie lisa en forma de túbulos con pocas cisternas, y se ubica seguido del retículo endoplasmático rugoso.

Partes

Se compone de dos membranas, una interna en contacto con la luz y otra externa en contacto con el citosol.

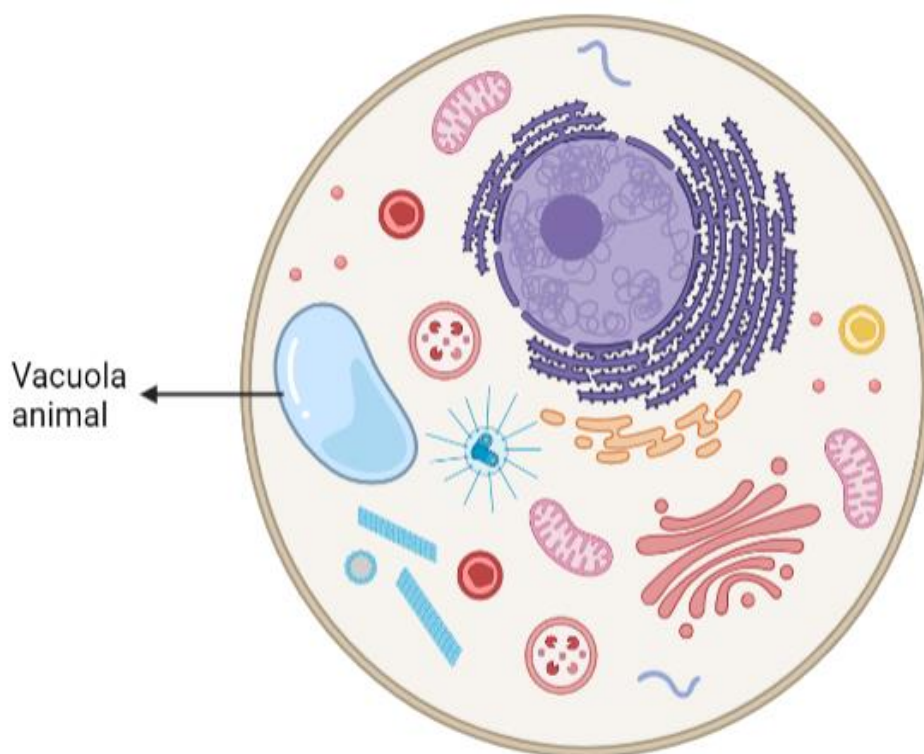
- La parte interna de la organela se la denomina luz o cavidad, la cual mide aproximadamente de 20 nm hasta casi un micrómetro.
- La membrana interna se la denomina hemimembrana E o exoplásmica, que se compone principalmente de fosfatidil colina y ceramida.
- La membrana externa conocida como hemimembrana P o protoplásmica se compone principalmente de fosfatidil etanolamina y fosfatidil serina que le aporta una mayor fluidez.

3.2.9 Vacuola

Las vacuolas están presentes tanto en células animales como en vegetales. En las células animales, la vacuola está junto a la membrana plasmática y almacena sustancias de desecho antes de expulsarlas (Figura 83), sin embargo, en las células vegetales tiene un mayor protagonismo que se describirá a continuación:

Figura 83

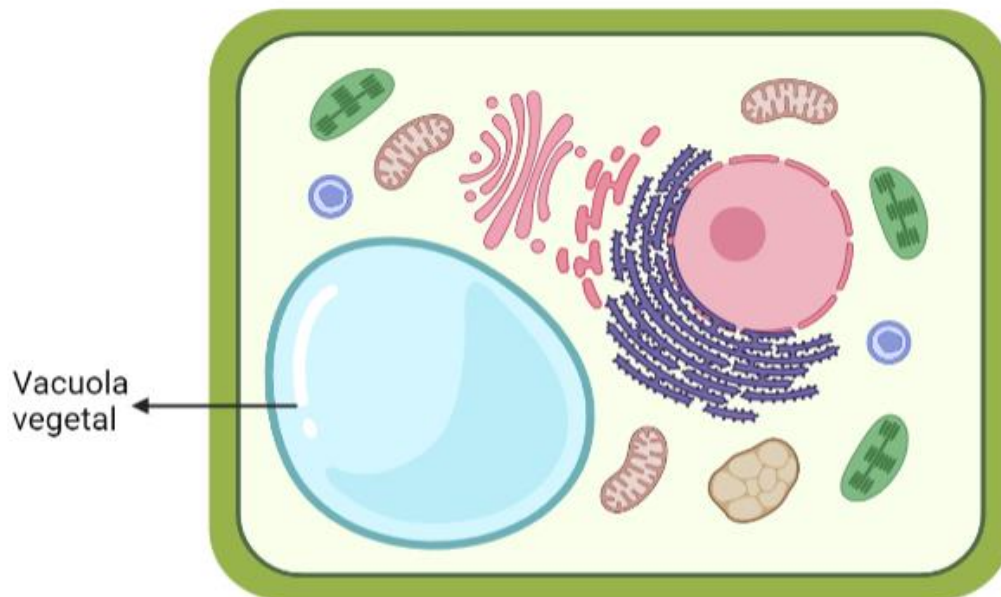
Representación gráfica de la vacuola animal



Vacuola vegetal: en células meristemáticas las vacuolas son numerosas y pequeñas que se denominan provacuolas. Cuando las células crecen, estas vacuolas se fusionan hasta formar una gran vacuola central. En tejidos parenquimáticos las vacuolas pueden ocupar hasta el 90% del volumen celular (Figura 84).

Figura 84

Representación gráfica de una vacuola vegetal



Funciones

- Regula el tamaño celular, ya que si la célula lo requiere el volumen del citoplasma no puede aumentar por la rigidez de la pared celular, pero por la vacuola se extiende ocupando una fina capa entre la pared celular y la vacuola, aumentando la superficie de la membrana plasmática, este proceso sucede para aumentar la eficiencia de los cloroplastos.
- Turgencia celular: como el exterior celular tiene una menor concentración de solutos, el agua tiende a ingresar a la célula, provocando turgencia lo cual puede afectar a los procesos normales de la misma, para evitarlo, la vacuola regula estas presiones con el bombeo de K^+ , o el transporte de metabolitos, azúcares y aminoácidos hacia el citosol, dependiendo del tipo de célula y del hábitat de la planta.
- Digestión celular: las vacuolas vegetales tienen enzimas hidrolíticas en su interior que cumplen la función de lisosoma en estas células.

- Reserva de sustancias: es una de sus funciones principales, aquí se almacenan sustancias de forma disuelta, floculenta o cristalina. Dichas sustancias pueden estar como aniones o cationes, carbohidratos, aminoácidos y proteínas, alcaloides, flavonoides y taninos.

Forma y localización

Se ubica en la parte central de la célula, y ocupa del 70 al 90% del volumen celular.

Partes

- Tonoplasto: es la membrana con estructura trilaminar que delimita la vacuola.
- Interior: es de apariencia amorfa, que suele contener cristales dependiendo lo que almacene, y su pH va de 3 a 6, dependiendo de la función.

3.2.10 Pared celular

La pared celular es propia de la célula vegetal, se compone de celulosa, hemicelulosa, proteínas, lignina, suberina, cutina, sales minerales, ceras y otras sustancias pécticas que le confiere dureza.

Funciones

- Su función principal es de protección a la célula frente a agentes patógenos u otros daños externos.
- Mantener la forma celular: si existe un proceso breve de deshidratación la membrana plasmática cambia su forma y reduce su tamaño, pero la forma de la célula se mantiene, y por lo tanto la forma de la planta.
- Soporte de la planta: ya que los vegetales no tienen esqueleto que lo conformen, como es el caso de los animales, requieren que sus células sean lo suficientemente rígidas para que soporten la presión y el peso de las células que estarán apiladas y mantendrán a la planta erguida.

Forma y localización

Se ubica alrededor de la membrana plasmática y está en contacto con la pared celular de la célula vecina.

Partes

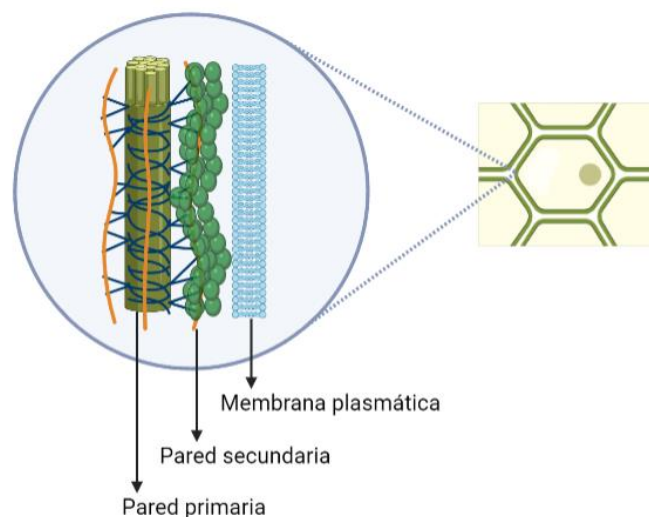
Lámina media: es la sustancia que se encuentra entre las paredes primarias de dos células vegetales contiguas, está formada por sustancias pécticas como el ácido poligalacturónico, arabinosa, galactosa.

Pared primaria: se compone de microfibrillas de celulosa junto con sustancias pécticas y hemicelulosa que se disponen adosadas unas con otras, se encuentra a continuación de la lámina media y es más gruesa que ésta, que representa a la pared exterior de la célula vegetal.

Pared secundaria: se compone de fibras de celulosa, hemicelulosa y otros polisacáridos. Se divide en tres capas, la capa secundaria externa está en contacto con la pared primaria; la capa secundaria interna está en contacto con la membrana celular y la capa media se encuentra entre las dos capas (Figura 85).

Figura 85

Representación gráfica de las partes de la pared celular



3.2.11 Plastos

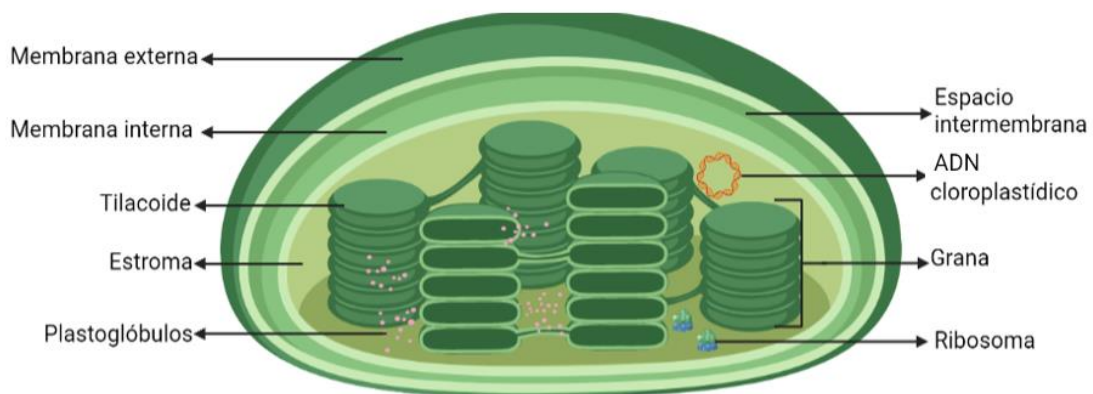
Son organelos propios de las células vegetales, y se encargan de almacenar, sintetizar sustancias y pueden realizar la fotosíntesis, y dependiendo de su función se deriva su clasificación

Clasificación:

1. Cloroplastos: Son de color verde, y proporcionan dicha coloración a las hojas de los vegetales, en este organelo se produce la reacción de la fotosíntesis lo cual le confiere el metabolismo autótrofo a los vegetales. Y es rico en clorofila como se observa en la Figura 86. El estroma está atravesado por un sistema de dobles membranas en forma de sacos aplanados, que se denominan tilacoides, los cuales se apilan en filas que reciben el nombre de grana. Cada grana está interconectada con otra mediante tilacoides intergrana, estableciendo una organización para que se desarrolle las reacciones de fotosíntesis.

Figura 86

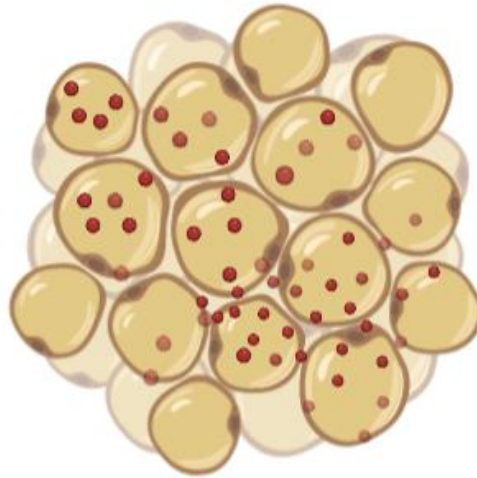
Representación gráfica de un cloroplasto



2. Cromoplastos: tienen colores variados, no realizan fotosíntesis, pero al ser ricos en carotenoides y otros pigmentos dan la coloración a las flores y frutos, el estroma contiene plastoglóbulos, lípidos y algunos gránulos de almidón (Figura 87).

Figura 87

Representación gráfica de los cromoplastos en las células



3. Leucoplastos: no tienen color, no realizan la fotosíntesis, pero ayudan a almacenar sustancias de reserva y dependiendo de la sustancia que almacenan pueden clasificarse en:
 - Proteinooplastos: son plastos que pueden almacenar proteínas en su interior.
 - Amiloplastos: tienen la capacidad de almacenar almidón, que es la principal fuente de energía de la planta.
 - Oleoplastos: son plastos que pueden almacenar lípidos en su interior.
4. Proplastos: son plastidios indiferenciados que dependiendo de las condiciones en las que se encuentren pueden diferenciarse en uno u otro plasto. Por ejemplo, si se somete a la luz, puede diferenciarse en cloroplasto. Pero si se encuentra en la oscuridad, se diferencia en etioplastos.

Partes

Membrana: se componen de una membrana doble, una interna y otra externa.

ADN: es el material genético que almacena la información para el funcionamiento de la organela, el cual es el precursor del ARNm.

Ribosomas: Son las organelas que van a sintetizar las proteínas provenientes del ARNm.

Estroma: Es la parte interna que contiene cada una de las partes del plasto.

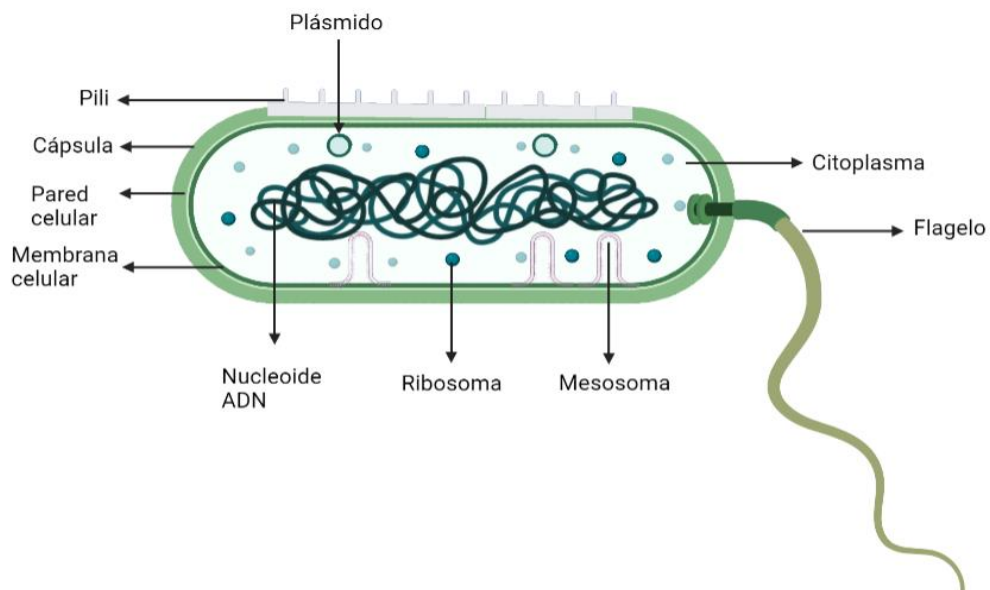
3.3 La célula procariota. Generalidades

Contrario a las características descritas en la célula eucariota, la célula procariota proviene del griego *πρό* (pro = antes de) y *κάρυον* (karyon= núcleo), son células cuyo material genético (ADN o cromosoma bacteriano) **no se encuentra** contenido dentro de un núcleo, sino más bien disperso en el citoplasma (Figura 88). El **citoplasma** de las células procariotas se encuentra contenido dentro de la membrana plasmática (barrera entre la célula y el medio extracelular), está compuesto principalmente por agua, iones, moléculas orgánicas y es el sitio en el cual se llevarán a cabo los diversos procesos metabólicos. Por otro lado, separado del cromosoma bacteriano, se encuentran los **plásmidos**, pequeñas moléculas de ADN circular cuya replicación lo realizan de manera independiente y son capaces de intercambiar material genético con otras células a través de filamentos denominados **Pili**, en un proceso denominado **conjugación**.

Las células procariotas son organismos unicelulares, con un tamaño comparable a las mitocondrias de las células eucariotas. Ciertas procariotas poseen filamentos alargados denominados **flagelos**, los cuales son responsables de conferir la motilidad bacteriana.

Figura 88

Representación esquemática de una célula procariota



La pared celular de las células procariotas se ubica por fuera de la membrana plasmática y si bien cumple similares funciones que, en la célula vegetal y fúngica, su estructura es diferente ya que está conformada principalmente por **peptidoglucano**, un polímero que constituye un entramado rígido que determina la forma de la pared celular.

El modo de reproducción de la célula procariota es **asexual** y generalmente a través de **fisión binaria** o bipartición, en la cual el ADN o cromosoma bacteriano primero se duplica y a continuación emigra hacia un extremo de la célula para dar paso a la división del citoplasma, seguido de la formación de una nueva pared celular, la cual divide la célula madre en dos células hijas genéticamente idénticas entre sí (a menos que existan mutaciones en el ADN durante el proceso de duplicación).

Los procariontes son capaces de reproducirse mucho más rápido que los organismos eucariontes multicelulares teniendo en cuenta el tiempo que transcurre desde el nacimiento de una generación y la siguiente (“**tiempo de generación**”). Por ejemplo, si situáramos el tiempo de generación en el ser humano entre los 20 años, el tiempo de generación en promedio de una bacteria sería tan solo de 20 minutos. Una reproducción acelerada, así como su fácil cultivo en condiciones de laboratorio, ha permitido a varias bacterias ser empleadas ya sea como modelo en la investigación científica y su posterior aplicación en la industria. Entre ellas, una de las más representativas es una enterobacteria que se encuentra en el tracto intestinal de ciertos animales (incluido el ser humano): *E. coli*.

Importancia del estudio de la célula procariota: *E. coli* y la producción de Insulina

La transformación es un proceso de recombinación genética en el cual una bacteria es capaz de incorporar material genético (ADN) exógeno, copiarlo y transmitirlo a sus descendientes. Descubierta en 1928 por el científico británico Frederick Griffith, este proceso puede ser usado para la producción de insulina. Para ello, en principio se requiere de un plásmido que contenga una secuencia de ADN o **promotor**, encargada de la expresión del gen de interés, así como un gen que codifique para la resistencia a un determinado antibiótico, por ejemplo, ampicilina. A continuación, el gen humano para la producción de insulina se inserta en el plásmido mediante el uso de enzimas de restricción, obteniendo de este modo un **plásmido recombinante**, el cual se introduce en las células de *E. coli* mediante un proceso de choque térmico. Sin embargo, no todas las células incorporan el plásmido con el gen para la producción de insulina, y es aquí

donde la expresión del gen de resistencia a ampicilina entra en juego, ya que las bacterias serán cultivadas en un medio que posea ampicilina, y, por lo tanto, solamente las bacterias que incorporen el plásmido con el gen de interés podrán multiplicarse. Una vez identificadas las bacterias que contengan el gen para la producción de insulina, éstas serán colocadas en un tanque de fermentación, en los cuales producirán insulina a gran escala.

Los distintos tipos de célula estudiados hasta el momento comparten varias características en común. Sin embargo, las características que permiten diferenciarlas entre sí son las que han definido su complejidad, así como su rol en la naturaleza y pueden ser resumidas en la Tabla 13

Tabla 13

Tipos de células presentes en los seres vivos

Procariota	Eucariota		
	Animal	Fúngica	Vegetal
Sin núcleo definido	Núcleo definido		
Material genético disperso en el citoplasma	Material genético contenido dentro del núcleo		
<ul style="list-style-type: none"> ● Plásmidos ● Pili 	<ul style="list-style-type: none"> ● Lisosomas ● Centríolos 	<ul style="list-style-type: none"> ● Vacuolas ● Quitosomas 	<ul style="list-style-type: none"> ● Vacuolas
Heterótrofas u Autótrofas	Heterótrofas		Autótrofas
Pared celular compuesta por peptidoglucano	Pared celular compuesta principalmente de quitina		Pared celular compuesta principalmente de celulosa
	No presentan cloroplastos		Presenta cloroplastos
<ul style="list-style-type: none"> ● Todas poseen una membrana ● Todas poseen citoplasma ● Todas contienen material genético 			

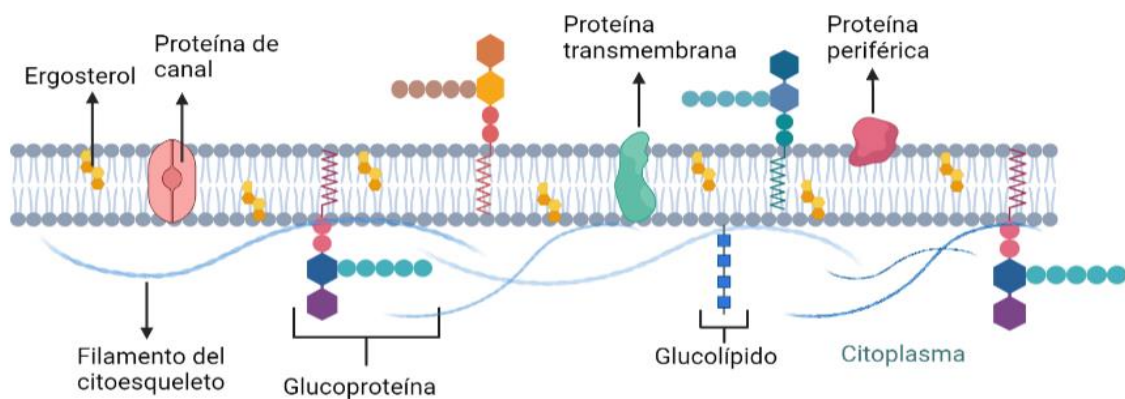
3.4 Organelas células procariotas

3.4.1 Membrana

Es una estructura delgada que comparte características similares a la membrana plasmática de las células eucariotas. Con solo apenas 8 nm de espesor, la membrana plasmática separa a la célula del medio externo (Figura 89).

Figura 89

Membrana plasmática de la célula procariota



Funciones

- Barrera osmótica, regula el paso de compuestos orgánicos polares y sales, manteniendo un equilibrio en el medio interno de la célula.
- Permeabilidad selectiva, permite la entrada y salida de ciertas moléculas (nutrientes y productos de desecho) y a su vez restringe el paso de otras.
- Participación en procesos de producción de energía tales como transporte de electrones, fosforilación y oxidación.
- Vinculada con la biosíntesis de los componentes de la pared celular.

Composición

- La membrana plasmática de las células procariotas, a diferencia de las células eucariotas, no posee **esteroles**.

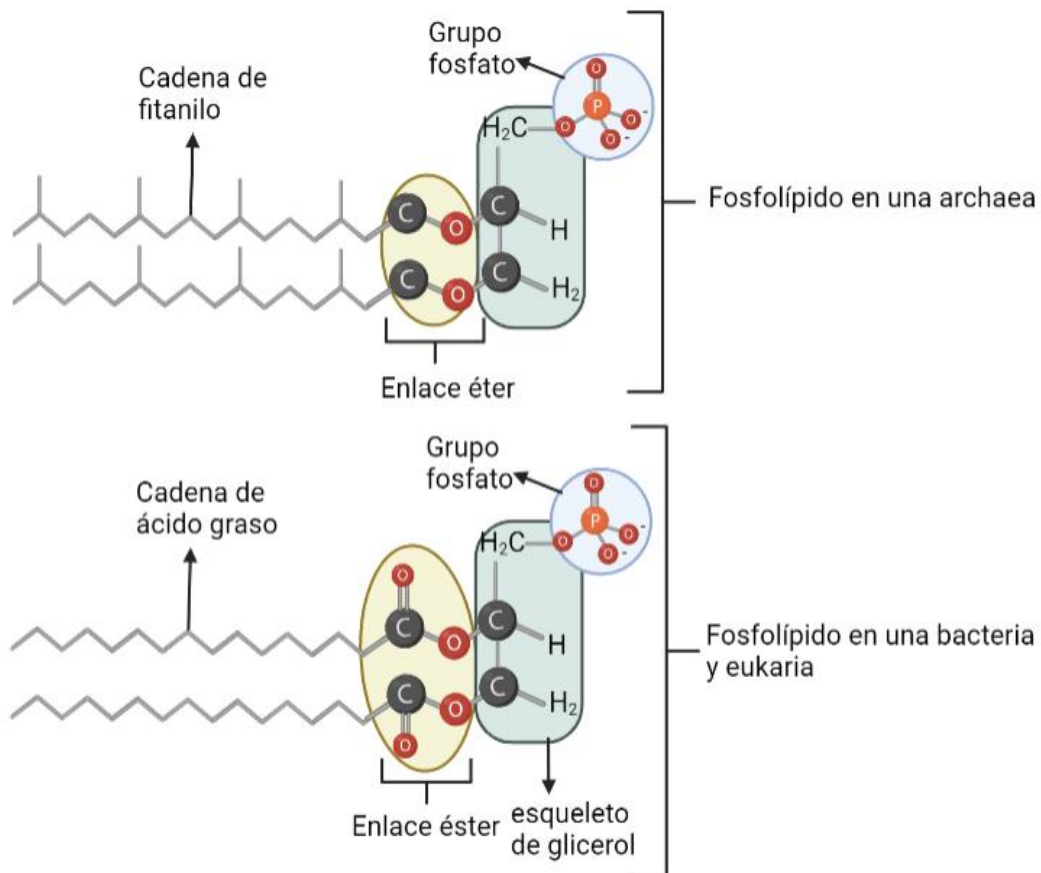
- Contiene unas invaginaciones o repliegues que se forman en el interior de la membrana denominados **mesosomas**.
- La membrana plasmática se encuentra formada por una bicapa de fosfolípidos, unida mediante **enlaces éster** y proteínas, y es descrita en base al modelo del mosaico fluido, en el cual su porción hidrofílica (glicerol) se dirige hacia el exterior, mientras que la porción hidrofóbica (ácido graso/fosfolípido) se encuentra orientada hacia el interior.

Las arqueas (o Archaeas) son un grupo de organismos procariotas que poseen diferencias estructurales en la composición de su membrana (Figura 90):

- Se encuentran unidas mediante enlaces **éter** y no mediante enlaces **éster** como en las procariotas
- Los fosfolípidos de las arqueas contienen **cadena que se ramifican**, a diferencia de las procariotas y eucariotas.
- Si bien existen arqueas que contienen una bicapa de fosfolípidos, también se pueden encontrar arqueas que poseen solamente una sola capa (monocapa) de fosfolípidos.

Figura 90

Diferencias entre la membrana plasmática de arqueas, procariotas y eucariotas



3.4.2 Ribosomas

Orgánulos que pueden encontrarse ya sea dispersos en el citoplasma o adheridos a las membranas del retículo endoplasmático rugoso.

Función

- Síntesis de proteínas (traducción), consta de tres fases (Figura 91):
 - **Iniciación:** el ribosoma se une a la secuencia de ARNm conocida como Shine Dalgarno. Del mismo modo, el ARN de transferencia (ARNt) iniciador, el cual contiene el aminoácido Metionina, se unirá específicamente al **codón** (secuencia de ARN compuesta por tres nucleótidos) de iniciación AUG, dando lugar al complejo de iniciación.

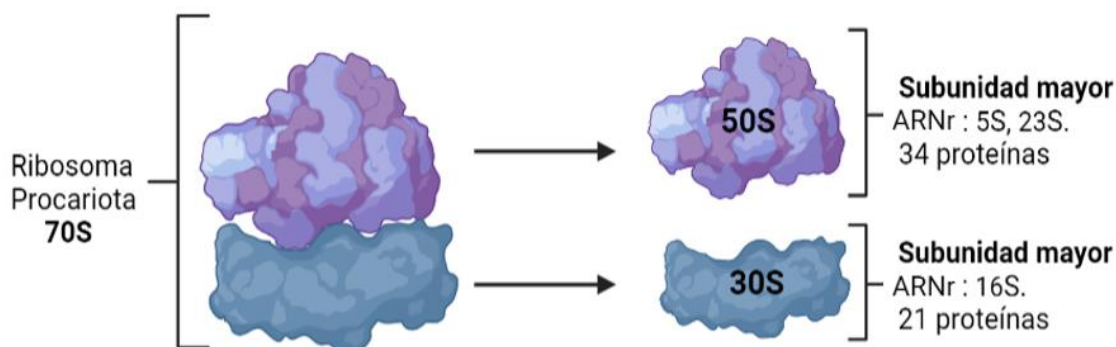
- **Elongación:** un nuevo ARNt se une al codón correspondiente, mientras que la enzima peptidil transferasa se encargará de unir los aminoácidos a través de enlaces peptídicos y de esta forma elongar la cadena peptídica.
- **Terminación:** el proceso de traducción concluye cuando el ribosoma encuentra el codón de terminación (UAG, UAA o UGA) presente en el ARNm, lo cual dará lugar a una serie de eventos que provocarán que la cadena polipeptídica se separe de su ARNt y sea liberada.

Composición

- Los ribosomas en sí mismos están compuestos por proteínas y ARN ribosomal (ARNr).
- Poseen una subunidad mayor y una subunidad menor cuyo tamaño varía en eucariotas y procariotas de acuerdo con su coeficiente de sedimentación (Figura 90), el cual se mide en unidades Svedberg (S).
- Los ribosomas eucariotas (80S) están compuestos por:
 - Subunidad mayor con un coeficiente de sedimentación de 60S. Esta subunidad a su vez se compone de tres tipos de ARNr: 5S, 28S y 5.8S.
 - Subunidad menor con un coeficiente de sedimentación de 40S. Esta subunidad a su vez se compone de una sola molécula de ARNr con un coeficiente de sedimentación de 18S.
- Los ribosomas procariotas (70S) están compuestos por:
 - Subunidad mayor de 50S. Esta subunidad a su vez se compone de dos tipos de ARNr: uno de 5S y otro de 23S.
 - Subunidad menor de 30S. Esta subunidad a su vez se compone de una sola molécula de ARNr con un coeficiente de sedimentación de 16S.

Figura 91

Representación gráfica de un ribosoma de la célula procariota



3.4.3 Material genético

Las células procariotas contienen generalmente por una molécula de ADN circular, de doble cadena, que se encuentra superenrollado y unido a proteínas básicas constituyendo el cromosoma bacteriano, en una región denominada nucleoide.

Función

- Almacenamiento de información genética (genes).
- Replicación y transmisión de la información genética contenida en su ADN.
- Codificación de proteínas, mediante los procesos de transcripción y traducción.

Tanto el material genético de procariotas y eucariotas poseen las mismas funciones, sin embargo, poseen ciertas diferencias (Tabla 14)

Tabla 14

Diferencias durante la replicación del material genético de Procariotas y Eucariotas

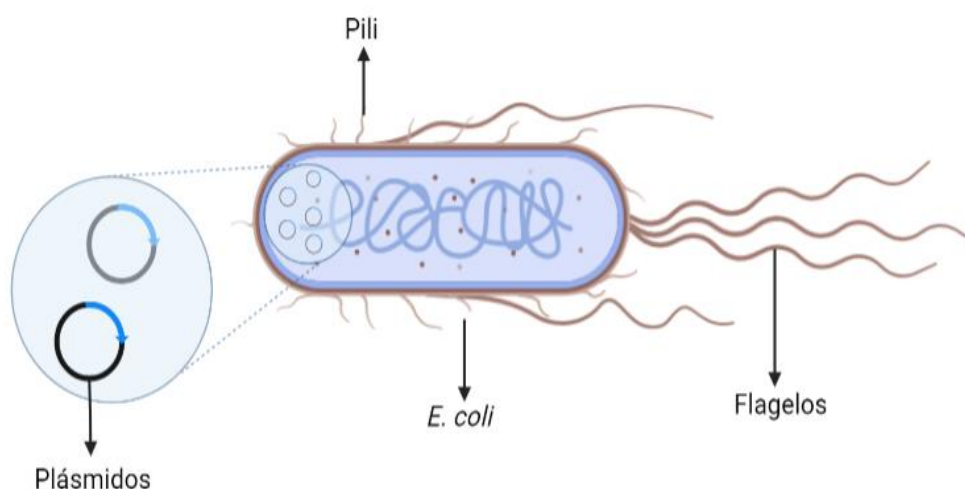
Procariotas	Eucariotas
Tiene lugar en el citosol	Tiene lugar en el núcleo
No posee histonas	Posee histonas y por lo tanto requiere un proceso de desempaquetamiento de los cromosomas
Un origen de replicación	Varios sitios de inicio de la replicación
Tasa de replicación: rápida	Tasa de replicación: lenta
Fragmentos de Okazaki de mayor tamaño	Fragmentos de Okazaki de menor tamaño
ADN circular	ADN lineal
No posee actividad telomerasa	Actividad telomerasa (acortamiento del cromosoma)

Plásmidos

Moléculas de ADN extracromosómico, circulares, doble cadena y de tamaño pequeño presentes generalmente en bacterias, aunque también pueden encontrarse en ciertos organismos eucariotas como las levaduras. Los plásmidos se replican y transcriben independientemente del cromosoma bacteriano (Figura 92).

Figura 92

Plásmidos presentes en *E. coli*



Función

- **Plásmidos de fertilidad:** o también conocidos como factores F, contienen genes de transferencia que permiten la conjugación (*E. coli*).
- **Plásmidos degradativos:** permiten la digestión de sustancias poco habituales en la naturaleza, por ejemplo, compuestos orgánicos volátiles como xileno o tolueno (*Pseudomonas stutzeri*).
- **Plásmidos virulentos:** poseen genes con capacidad de ocasionar daño en organismos superiores, y así protegerse de las defensas del huésped (*Yersinia enterocolitica*).
- **Col-plásmidos:** contienen genes que codifican colicinas, las cuales son proteínas con actividad bactericida capaces de matar a otra bacteria (*E. coli*).

- **Plásmidos de resistencia (R):** contienen genes que confieren resistencia a antibióticos (*Staphylococcus aureus*).

Composición

A diferencia del cromosoma bacteriano, los plásmidos no se encuentran asociados a proteínas.

3.4.4 Pared Celular

Estructura rígida que se ubica por fuera de la membrana plasmática.

Función:

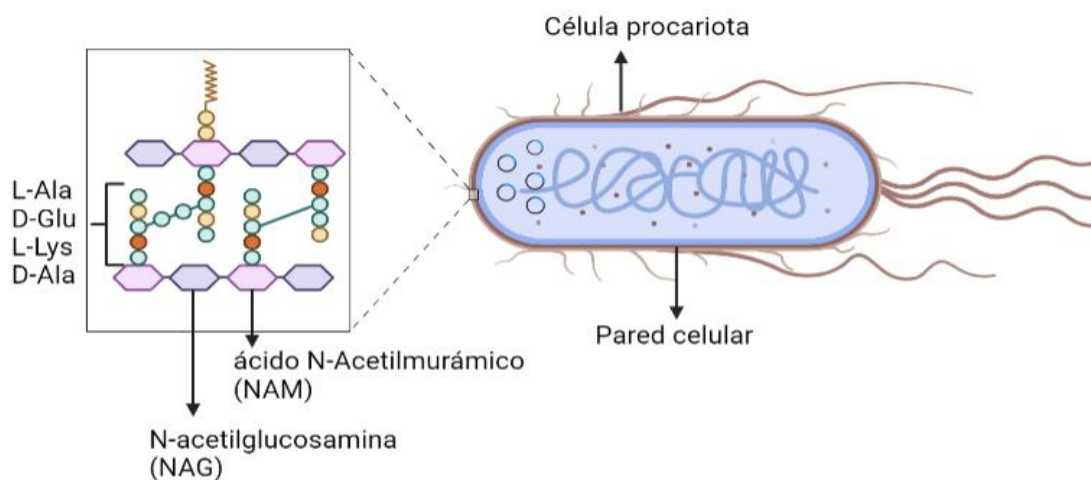
- Mantener la estructura de la célula.
- Brinda soporte y protección a la célula.
- Interviene en las reacciones de intercambio entre el interior de la célula y su entorno.

Composición

La pared celular se encuentra constituida principalmente por **peptidoglucano**, el cual se forma por dos polímeros alternados, N-acetil-glucosamina y N-acetil murámico unidos por enlaces beta 1-4 (β 1-4). Adicionalmente, el N-acetil murámico contiene un tetrapéptido (formado por cuatro aminoácidos) el cual a su vez se une covalentemente con otro tetrapéptido mediante puentes de pentaglicina (Figura 93).

Figura 93

Estructura del peptidoglucano, constituyente principal de la pared celular de las células procariotas



El peptidoglucano adquiere gran relevancia al momento de clasificar a las bacterias de acuerdo con las diferencias que existen entre las paredes células que las conforman (Figura 94). Mediante el uso de la técnica de tinción Gram, las bacterias pueden ser clasificadas en: Gram negativas y Gram positivas (Tabla 15).

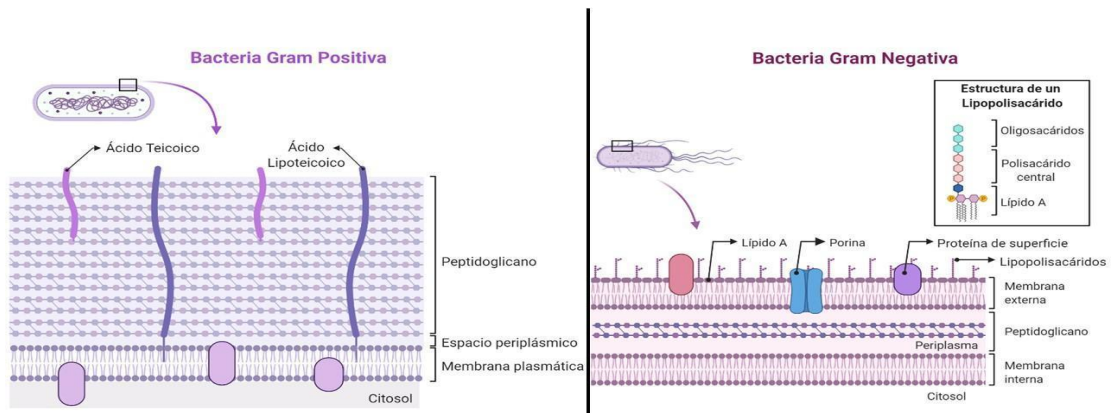
Tabla 15

Principales diferencias entre bacterias Gram positivas y Gram negativas

<i>Característica</i>	<i>Gram positivas</i>	<i>Gram negativas</i>
<i>Tinción Gram</i>	<i>Azul / violeta Retienen cristal violeta</i>	<i>Rojas / rosado Retienen safranina</i>
<i>Capa de peptidoglucano</i>	<i>Gruesa (pared celular rígida)</i>	<i>Delgada (pared celular elástica)</i>
<i>Composición pared celular</i>	<i>Peptidoglucanos: 80% Polisacáridos: 20%</i>	<i>Peptidoglucanos: 3-12% Polisacáridos y lipoproteínas: 88-97%</i>
<i>Contenido de lípidos y lipoproteínas</i>	<i>Bajo</i>	<i>Alto</i>
<i>Lipopolisacáridos</i>	<i>Ausente</i>	<i>Presente</i>
<i>Membrana externa</i>	<i>Ausente</i>	<i>Presente</i>
<i>Espacio periplasmático</i>	<i>Ausente</i>	<i>Presente</i>
<i>Ácido teicoico</i>	<i>Componente de la pared celular</i>	<i>Ausente</i>

Figura 94

Estructura de la pared celular en bacterias Gram positivas y Gram negativa



Unidad 4

Ciclo celular



Figura 95

Proceso de división celular en células de cebolla



Fotografía: Autor: Natasha Baer

4.1 Generalidades

Un ciclo celular puede significar toda la etapa de vida de un organismo, esto ocurre en los seres unicelulares, ya que todo su organismo se compone de una sola célula, como por ejemplo las bacterias y las levaduras.

En el caso de los organismos pluricelulares, el ciclo de vida inicia a partir de un cigoto y se requiere de varias divisiones celulares para generar un organismo completo como ocurre en los seres humanos donde se unen dos gametos sexuales para formar un cigoto e iniciar con la formación de un nuevo ser (Campbell y Reece, 2005).

Con lo dicho, el ciclo celular, de organismos unicelulares y pluricelulares se conforma de una serie de pasos que cursa una célula durante su desarrollo. Puede dividirse en dos puntos clave: Interfase donde ocurre el desarrollo o crecimiento celular y la Mitosis que son los pasos para la división de la célula (Figura 96).

4.2 Interfase

La interfase como se mencionó es la etapa de desarrollo celular, para ello se puede dividir en tres etapas: G1, S, G2 que las estudiaremos a continuación.

Etapas de control

G1: Esta etapa se la conoce como Gap, de control o check point 2, aquí cada cromosoma está formado por una sola cromátida y ocurre una serie de actividades como:

- Crecimiento celular.
- Síntesis de **ARN** y **proteínas**.

Si el ciclo celular se detiene, siempre será en G1 donde pueden pasar días, incluso años una vez que se activa un punto R (restricción) estado de "reposo" o "quiescencia. Cuando esto ocurre, se considera que la célula se encuentra en la llamada fase G0 del ciclo celular donde puede permanecer por largo tiempo.

S: de síntesis de ADN. En este punto se realizan las siguientes actividades de manera ordenada:

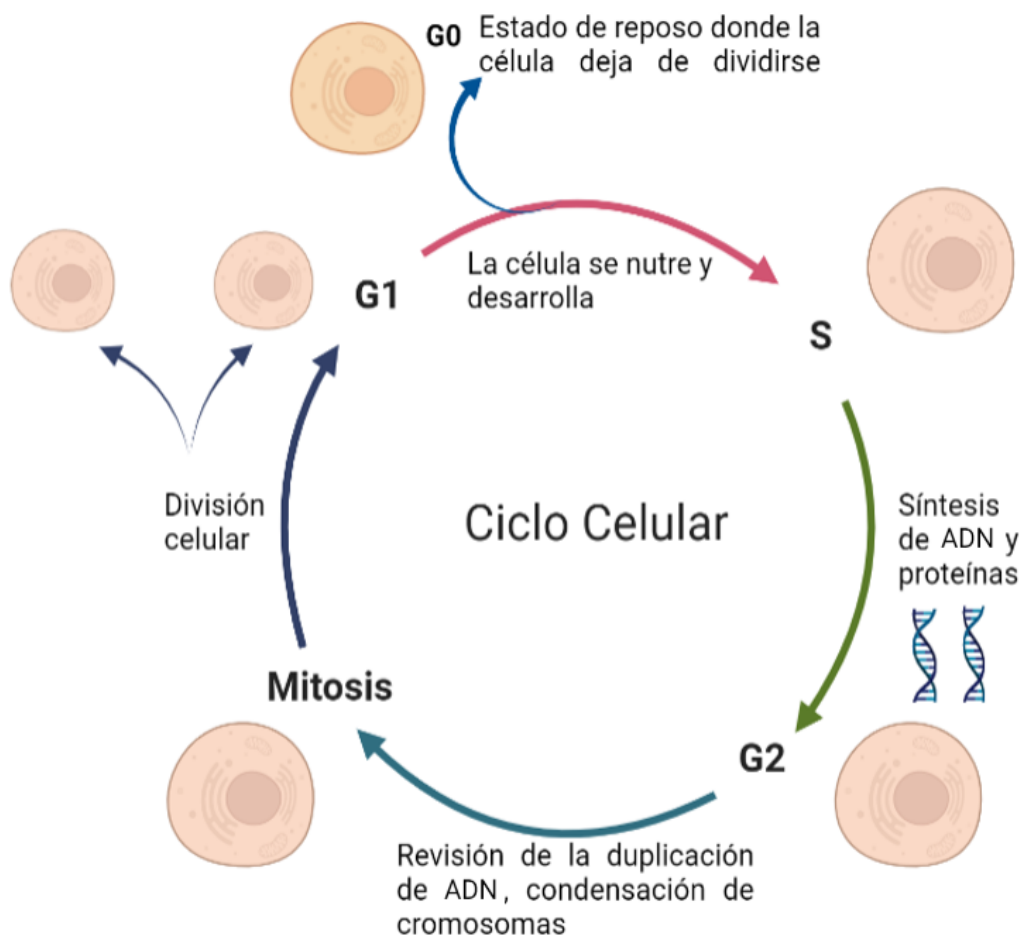
- Se activan las unidades de replicación del ADN.
- Síntesis de histonas y enzimas necesarias para la replicación del ADN y ARN.
- Primero se replica el ADN menos condensado (eucromatina).
- Luego el ADN más condensado (heterocromatina).

G2: conocida como etapa de control 2 o check point 2. Aquí ocurren las siguientes actividades:

- Síntesis de proteínas esenciales para la división celular.
- Se comprueba errores que se pueden dar durante la replicación del ADN.
- Si se ha producido la duplicación completa del ADN, finaliza con la condensación progresiva de los cromosomas, lo que provoca que se hagan visibles bajo el microscopio óptico.

Figura 96

Representación gráfica del ciclo celular



4.3 Mitosis

Es el proceso de división nuclear, la misma que permite la distribución equitativa de cromosomas en dos células hijas.

Dicho mecanismo celular preserva la información genética a través de las futuras generaciones de células.

Y cada cromátida de cada cromosoma se segrega a cada célula hija que se le conoce como segregación cromosómica.

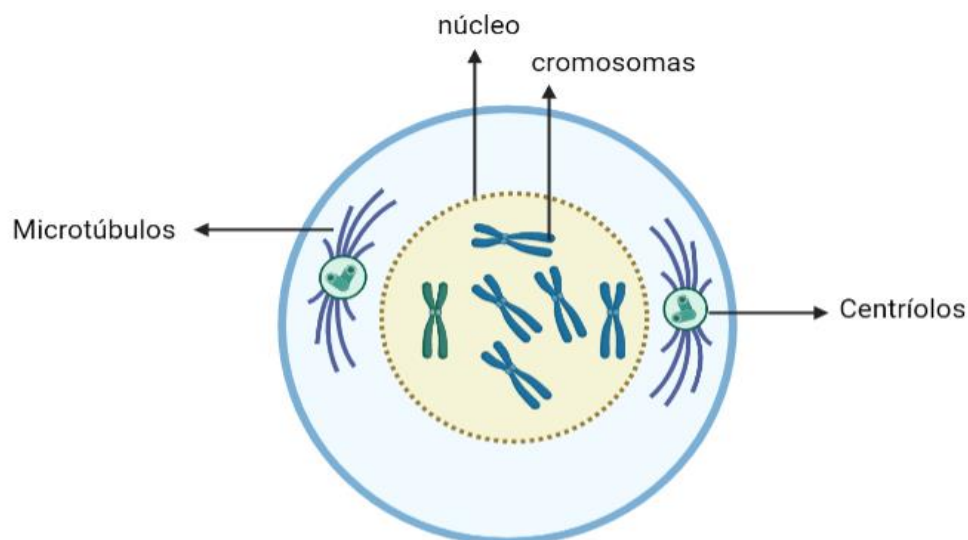
4.3.1. Profase

Es la primera fase de una mitosis en la que los cromosomas se condensan y comienzan a ser visibles (Figura 97), y sucede lo siguiente:

- Desaparece el nucléolo y se empieza a formar el huso mitótico.
- Los centriolos se empiezan a desplazar hacia los polos de la célula.
- Los orgánulos, como el retículo endoplasmático y el aparato de Golgi, se fragmentan y disminuye el tráfico vesicular.

Figura 97

Representación gráfica de la Profase

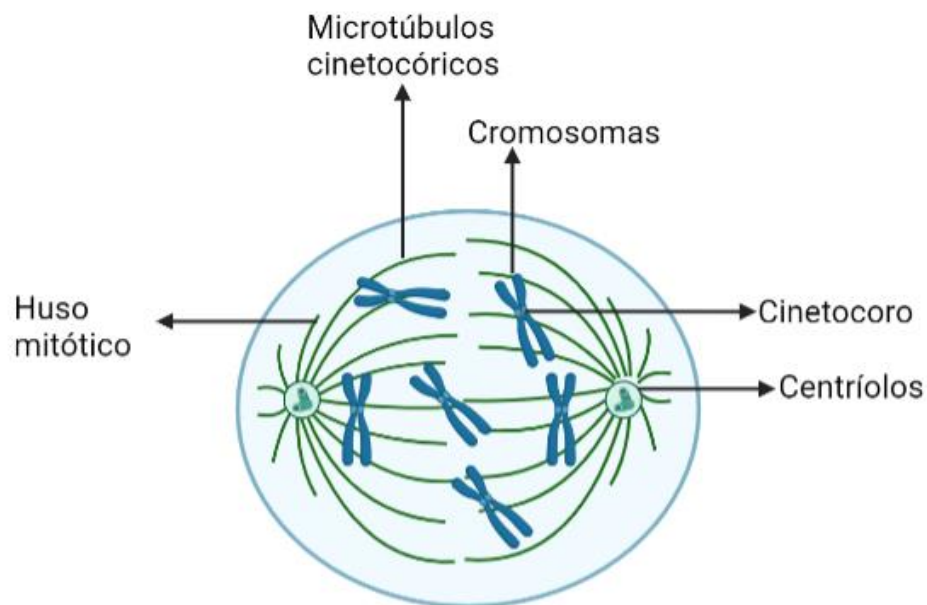


4.3.2 Prometafase

- Se rompe la membrana nuclear.
- Los microtúbulos creados a partir de los centrosomas invaden el núcleo.
- Las cromátidas hermanas a través del cinetocoro se enlazan con los microtúbulos.
- (cinetocóricos). Existen de 20 a 40 microtúbulos por cinetocoro en humanos.
(Figura 98)

Figura 98

Representación gráfica de la Prometafase

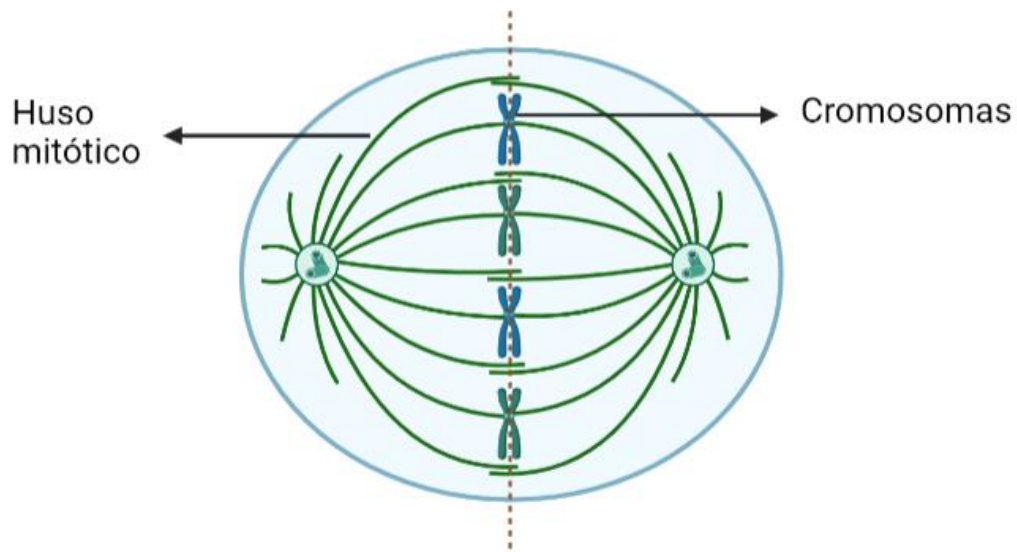


4.3.3 Metafase

- Los cromosomas condensados se observan en el plano ecuatorial por las fuerzas ejercidas en el cinetocoro, gracias a la acción de los microtúbulos del huso mitótico e intervienen las proteínas asociadas a los microtúbulos (MAPs) y proteínas motoras (dineínas y quinesinas) representado en la Figura 99.

Figura 99

Representación gráfica de la Metafase

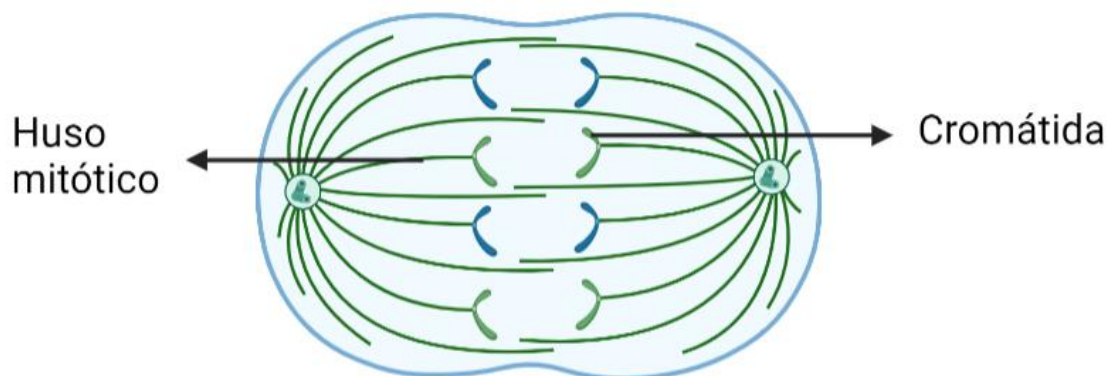


4.4.4 Anafase

- Empieza la rotura de las conexiones entre cromátidas hermanas a nivel del centrómero por proteasas.
- Los cromosomas son separados por su centrómero.
- Los cromosomas hijos se separan hacia extremos opuestos de la célula.
- Velocidad del desplazamiento $\sim 1 \mu\text{m}/\text{min}$ (Figura 100).

Figura 100

Representación gráfica de la Anafase

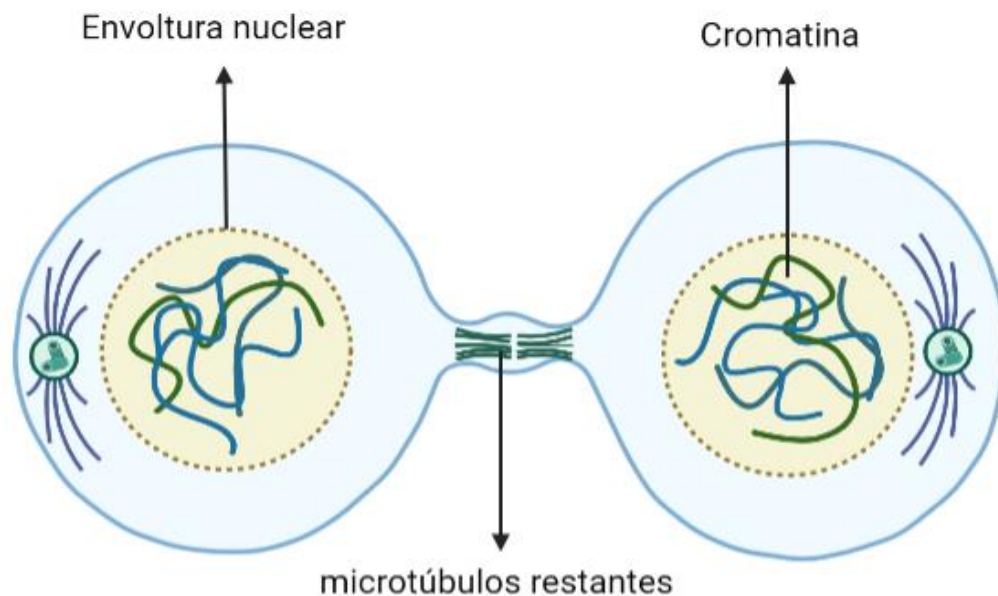


4.4.5 Telofase

- Los microtúbulos comienzan a desaparecer.
- Se empieza a formar la membrana y poros nucleares por desfosforilación de sus proteínas.
- Los cromosomas empiezan a descondensarse formando la cromatina (Figura 101)

Figura 101

Representación gráfica de la Telofase



4.4.6 Citoquinesis

El citoplasma se divide formando dos células hijas con núcleos idénticos. La envoltura nuclear completa rodea a los cromosomas en descondensación.

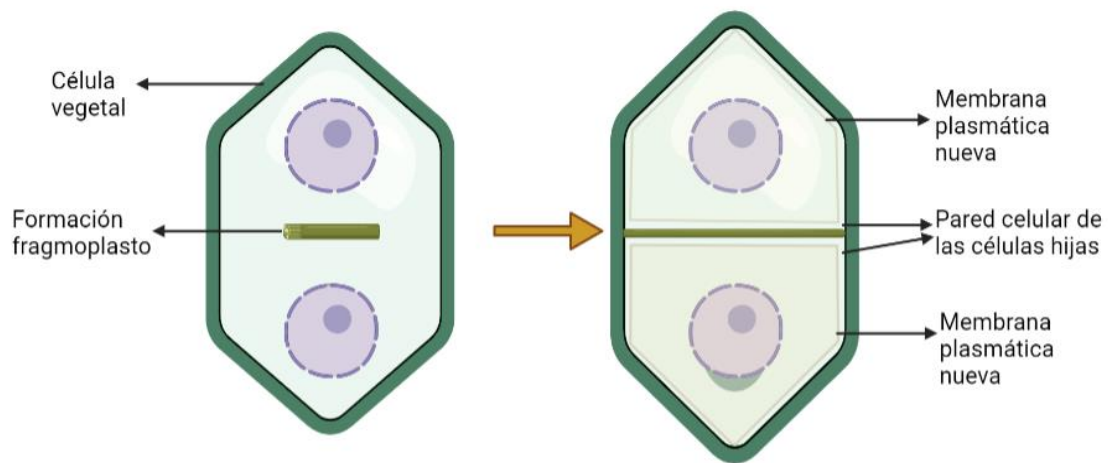
Citoquinesis en células vegetales

- Se forma el fragmoplasto, que consiste en una nueva pared celular en el interior de la célula que se va a dividir y separará a las dos células hijas.

- Formado por microtúbulos polares del huso mitótico y vesículas del aparato de Golgi.
- Crece de manera centrífuga (Figura 102).

Figura 102

Representación gráfica de la citoquinesis en células vegetales



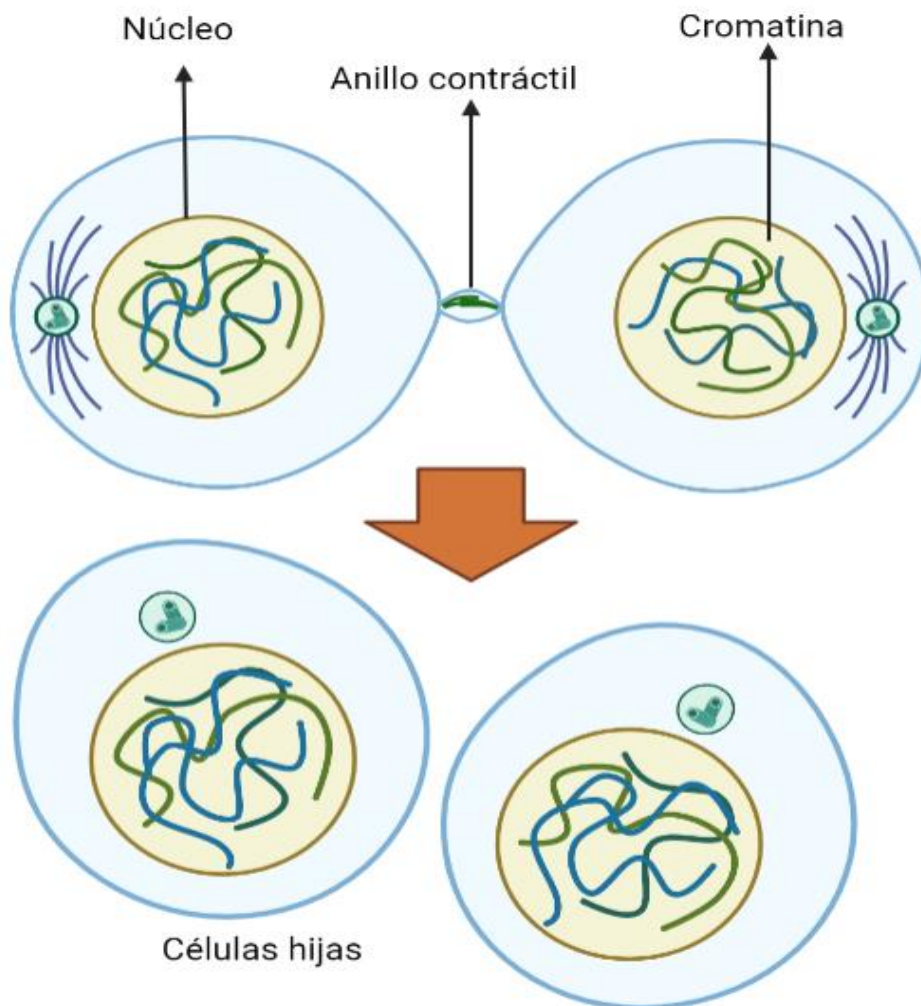
Citoquinesis en células animales

En principio se forma el surco de escisión en la superficie celular, perpendicular al huso mitótico y se sitúa en una posición ecuatorial por filamentos de actina y por la proteína motora miosina.

- Se forma el anillo de escisión, que comienza a ensamblarse al final de la etapa anafase.
- Se eliminan los restos del huso mitótico atrapados durante el estrangulamiento.
- Se desorganiza el propio anillo.
- Se rompe y sella las membranas plasmáticas (Figura 103).

Figura 103

Representación gráfica de la citokuinesis en células animales



Dato interesante: En la formación del uso mitótico a partir del centrosoma, se generan tres tipos de microtúbulos. 1. Los microtúbulos polares: los cuales interaccionan entre sí para detener la inestabilidad dinámica. 2. Microtúbulos astrales o áster, crecen en dirección opuesta a la placa ecuatorial, cuyos extremos positivos se contactan con la zona del citoplasma próxima a la membrana plasmática. 3. Microtúbulos cinetocóricos: son aquellos que se anclan al cinetocoro de los cromosomas, cada cromosoma puede anclarse hasta 10 microtúbulos y esto sirve para que sea direccionado al plano ecuatorial en la metafase.

Si deseas ampliar tu conocimiento en el tema lo puedes encontrar en: Sharp et al. (2000).

4.5 Meiosis

La reproducción sexual es una de las principales características en la mayoría de los organismos eucariotas. A diferencia de la mitosis, en la cual las células hijas son genéticamente idénticas a la célula progenitora (reproducción asexual), durante la meiosis se produce un intercambio de material genético por parte del organismo parental para dar lugar a una descendencia genéticamente distinta a la de su progenitor.

Otra característica primordial de la meiosis es que parte de células diploides ($2n$) y mediante dos divisiones celulares consecutivas, denominadas meiosis I y meiosis II, da lugar a células haploides (n) o también denominadas gametos. La unión de un gameto femenino y uno masculino mediante el proceso de fecundación constituye la formación de un cigoto diploide, el cual dará origen a un nuevo individuo. La Tabla 16 muestra las principales diferencias y semejanzas entre mitosis y meiosis.

Tabla 16

Semejanzas y diferencias entre Mitosis y Meiosis

Mitosis	Meiosis	Mitosis y Meiosis
Se produce en células somáticas	Se produce en los órganos sexuales (células germinales)	Inician con una célula parental
Produce 2 células hijas con el mismo número de cromosomas ($2n$)	Produce 4 células hijas con la mitad de cromosomas (n)	Duplicación del ADN
Células hijas genéticamente idénticas a la progenitora (no existe recombinación genética)	Variación genética en las células hijas debido a la recombinación genética	Ocurre en plantas y animales
Propósito: proliferación celular	Propósito: reproducción sexual	
Rápida	Lenta, puede durar días o incluso años	

4.5.1 Interfase

- **Fase S:** replicación de los cromosomas. Sin embargo, **no** se produce el proceso de condensación.
- Ocurre la replicación del centrosoma.
- Cada cromosoma duplicado contiene dos cromátidas hermanas genéticamente idénticas unidas al centrómero.

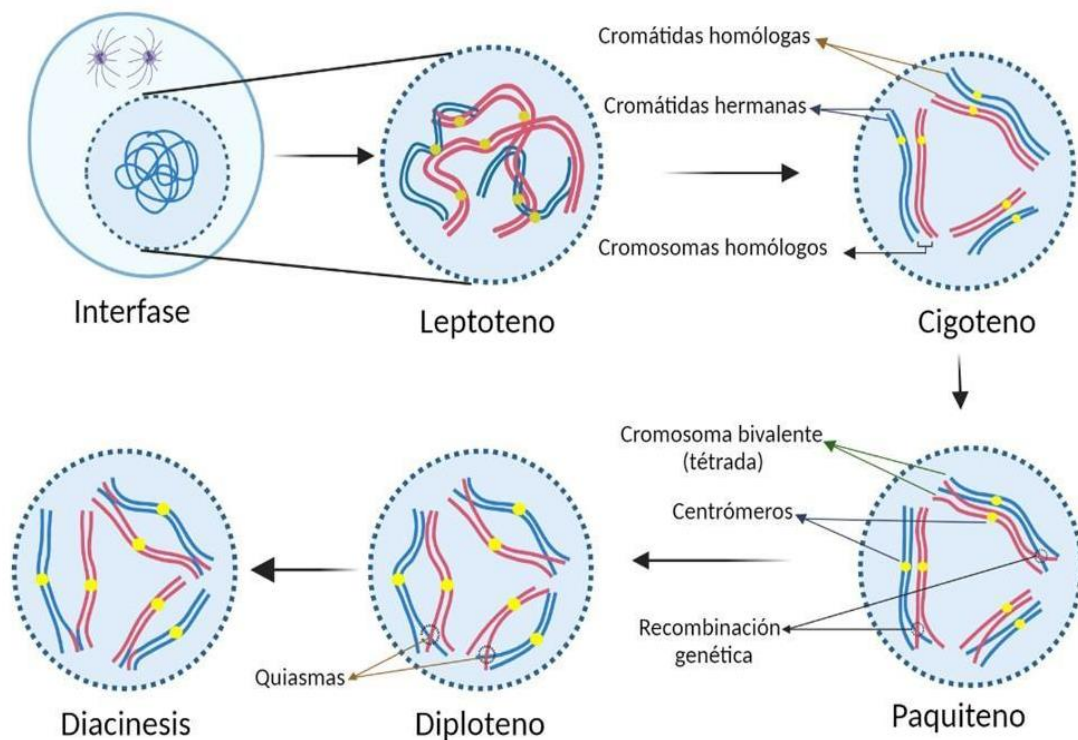
4.5.2 Profase I

- Etapa más larga, pudiendo emplear más del 90% del tiempo requerido para completar la meiosis. La profase I es la etapa que más se diferencia de la profase durante la mitosis, pudiendo dividirla en cinco subetapas: leptoteno, cigoteno, paquiteno, diploteno y diacinesis (Figura 104).
 - **Leptoteno**
 - Ocurre la condensación de los cromosomas. Cada cromosoma contiene dos cromátidas hermanas unidas estrechamente.
 - La condensación de histonas y ADN en ciertas regiones a lo largo de los cromosomas dará origen al apareamiento de unos engrosamientos denominados cromómeros.
 - **Cigoteno**
 - Apareamiento entre cromosomas homólogos constituyendo el complejo sinaptonémico (espacio de aproximadamente 150 nm).
 - La asociación entre cromosomas homólogos resulta en la asociación entre cromátidas homólogas (no hermanas).
 - El apareamiento puede iniciar desde un extremo y extenderse al otro, o a su vez, iniciar en varios puntos del cromosoma.
 - El apareamiento ocurre con exactitud y especificidad (punto por punto).
 - **Paquiteno**
 - Etapa más larga de la Profase.
 - Cromosomas homólogos íntimamente unidos constituyen un **cromosoma bivalente**. A su vez, éste constituirá una tétrada (cuatro cromátidas).
 - Ocurren roturas entre las cromátidas homólogas que se encuentran en contacto.
 - Se lleva a cabo la recombinación genética, que implica el intercambio recíproco de material cromosómico entre cromátidas homólogas.
 - **Diploteno**
 - Los cromosomas homólogos inician su separación. Sin embargo, se mantienen unidos en los sitios de recombinación. A estos puntos de unión se los denominan **quiasmas**.

- **Dictioteno**
 - Período de larga duración observado especialmente durante la formación de óvulos en varias hembras de mamíferos, en el cual los cromosomas adquieren un aspecto reticular y granuloso pudiendo permanecer en ese estado durante meses o incluso años (40 años en ovocitos humanos).
- **Diacinesis**
 - Los quiasmas comienzan a perderse al desplazarse hacia los extremos de los cromosomas bivalentes. Sin embargo, la desorganización de los quiasmas no finaliza completamente sino hasta la metafase.

Figura 104

Etapas de la Profase I



4.5.3 Prometáfase I

- Máxima condensación de los cromosomas.
- Desaparición de la envoltura nuclear.
- Desintegración del nucléolo.
- Unión de los microtúbulos del huso a los cinetocoros.

4.5.4 Metafase I

- Ubicación de los cromosomas bivalentes en plano ecuatorial del huso.
- Cada cromátida posee un cinetocoro, por lo que cada cromosoma bivalente poseerá cuatro cinetocoros (tétrada). Durante la Metafase I, los dos cinetocoros pertenecientes a cada cromosoma homólogo se orientan en dirección al mismo polo (Figura 108).

4.5.5 Anafase I

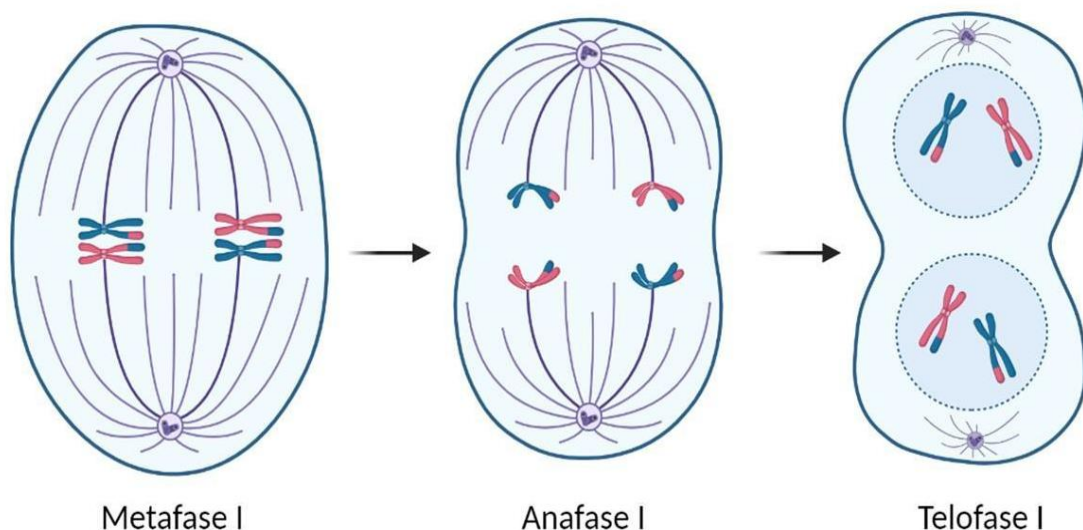
- Los cromosomas homólogos se dirigen hacia su polo respectivo.
- Las cromátidas se mantienen unidas a su centrómero (Figura 105).

4.5.6 Telofase I

- Cada célula hija contiene la mitad de número de cromosomas iniciales. Sin embargo, cada cromosoma está constituido por dos cromátidas (Figura 105).
- Desaparición del huso y formación de dos envolturas nucleares.
- Citocinesis.

Figura 105

Meiosis I: Metafase I, Anafase I, y Telofase I



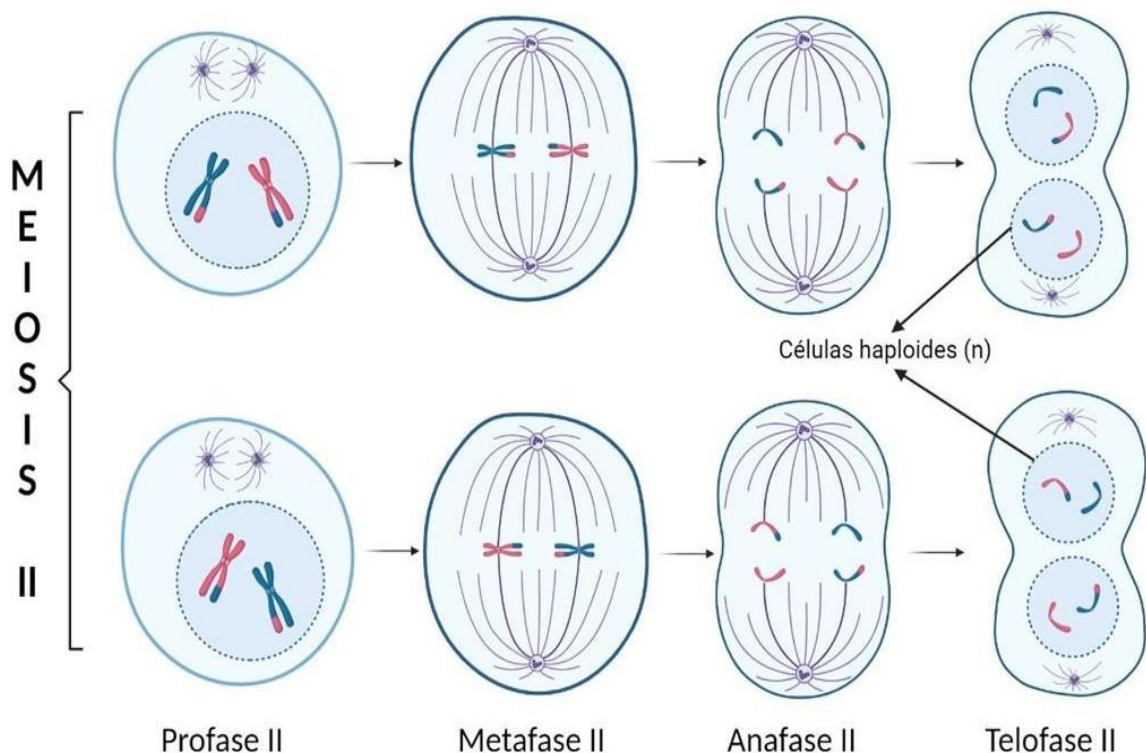
4.5.7 Meiosis II

La segunda división meiótica es una etapa muy similar a la mitosis (Ver sección 4.3). Los cromosomas se condensan nuevamente (Profase II), para luego alinearse a lo largo del Ecuador (Metafase II). Posteriormente, las cromátidas se desplazan hacia los polos (Anafase II) y finalmente forman las envolturas nucleares (Telofase II). Sin embargo, la meiosis II presenta diferencias importantes (Figura 106).

- Existe un período corto de interfase, con ausencia de la fase S. Es decir, **no existe** replicación del ADN.
- Al final de la segunda división meiótica se producirán cuatro células haploides (n) constituidas por una sola cromátida.
- Debido a la recombinación, las cromátidas de cada cromosoma no serán genéticamente idénticas.

Figura 106

Etapas de la Meiosis II





Dato interesante: Gracias a los investigadores de varias instituciones como la Universidad de Oxford y Harvard expertos en genómica obtuvieron un árbol genealógico de la especie humana, el más grande en la historia que recoge más de 50 000 años de historia. Para ello se utilizó un método no paramétrico para unificar en uno solo, los 3601 genomas actuales de 215 poblaciones y 8 antiguos que contienen 3 neandertales, 1 denisovano y 4 de una familia que vivió en Siberia hace más de 4600 años.

Esta información aparte de ayudarnos a comprender la migración de las poblaciones humanas como es el evento migratorio desde África, interacciones complejas entre los ancestros de la gente que vivía en Oceanía y los denisovanos, que es un pariente extinto que convivió también con los neandertales. Contribuye también a la paleoantropología y el entendimiento de los procesos evolutivos de la especie. Este arduo trabajo tuvo que superar problemas como la heterogeneidad elevada en las secuencias que se dispone, ya que pueden proceder de diferentes bases de datos y analizadas con diferentes técnicas, aparte de que se debe combinar los genomas actuales y antiguos con todas sus variables, recordemos que uno contiene dos copias de 3000 millones de pares de bases.

Wohns (2022) del Instituto Broad que forma parte del estudio en su programa de doctorado de la Universidad de Oxford señala que: “El poder de nuestra aproximación es que hace muy pocas asunciones sobre los datos subyacentes y puede incluir tanto muestras de ADN modernas como antiguas”.

Y lo mejor es que dicha investigación no para, los autores planean mejorar el árbol genealógico incorporando nuevos genomas conforme se recopilen. Y pueden realizar el mismo estudio con otras especies.

Si deseas ampliar tu conocimiento en el tema lo puedes encontrar en: Wohns., et al. (2022)

4.6 Muerte celular

Durante el ciclo vital de los organismos multicelulares, no solo la producción y proliferación celular, sino también los mecanismos de destrucción que emplean las propias células son fundamentales para mantener su equilibrio (**homeostasis**) y desarrollo. Entre los principales tipos de muerte celular se encuentran la necrosis y la apoptosis.

4.6.1 Necrosis

- Se produce por un daño celular intenso en las células.
- Proceso pasivo, no regulado con afectación a las células vecinas.
- Se origina por un desequilibrio osmótico caracterizado por el ingreso de un flujo excesivo de iones, seguido por la entrada de agua a la célula.
- Alteraciones en los orgánulos celulares debido al ingreso de agua.

- Incremento del volumen celular (tumefacción).
- Los orgánulos celulares estallan, la membrana plasmática se rompe ocasionando la liberación del contenido celular al espacio extracelular, provocando una respuesta inflamatoria (Figura 107).
- Las células fagocíticas son las encargadas de ingerir y degradar los restos vertidos al exterior.

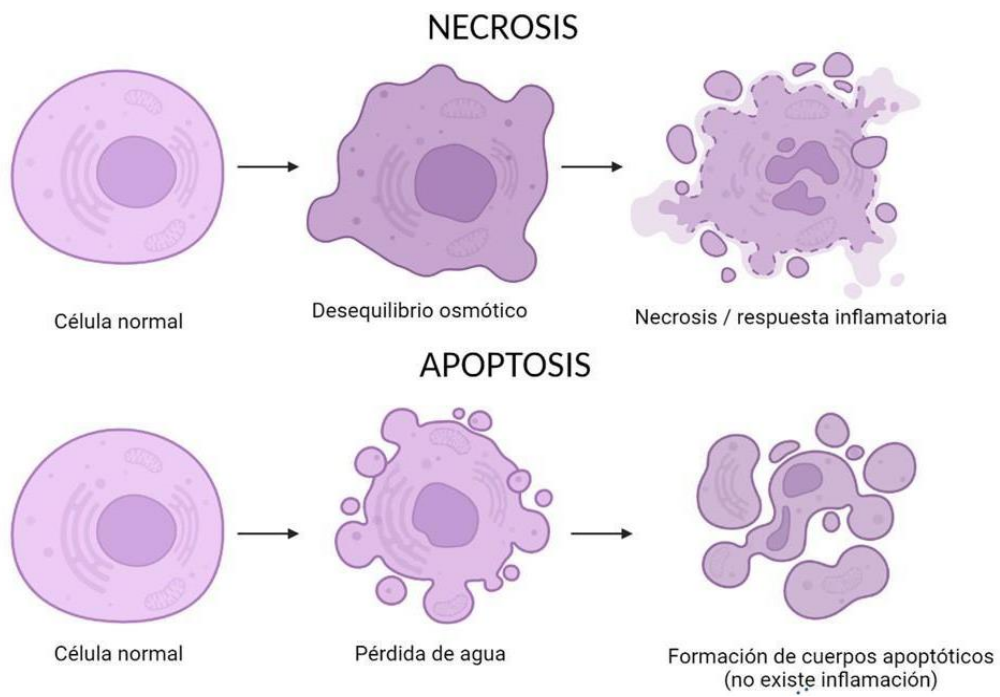
4.6.2 Apoptosis

También denominada **muerte celular programada o suicidio inducido**, según Lodish et al. (2005) es un mecanismo por el cual la célula activará las instrucciones necesarias para autoeliminarse frente a determinados estímulos intracelulares o extracelulares.

- Es un proceso activo, controlado, y regulado que requiere consumo de energía donde se distinguen tres fases:
 1. La superficie celular se torna irregular, mientras que los organelos celulares no muestran mayores alteraciones. Contrariamente a la necrosis, durante la apoptosis existe pérdida de agua y condensación de proteínas, por lo que el volumen del citoplasma se ve reducido. De igual modo, existe condensación y posterior fragmentación de la cromatina (Figura 107).
 2. Los fragmentos celulares resultantes constituyen los **cuerpos apoptóticos**. Cada uno de ellos mantiene íntegra la membrana plasmática y contienen material citoplásmico y nuclear. A diferencia de la necrosis, el contenido celular no es liberado al espacio extracelular, sino que queda englobado en los cuerpos apoptóticos.
 3. Finalmente, los cuerpos apoptóticos son fagocitados rápidamente por los macrófagos, sin producir inflamación.
- Un deficiente proceso de regulación durante la Apoptosis puede dar lugar a varias alteraciones (por ejemplo: algunos tipos de cáncer, enfermedades autoinmunitarias).

Figura 107

Necrosis y apoptosis celular



Unidad 5

Las plantas



Figura 108

Chuquiraga jussieui, planta de páramos andinos



Fotografía: Autor: Cristina Calderón

Las plantas están constituidas por células eucariotas vegetales, son los principales organismos productores en la cadena alimenticia ya que al ser seres autótrofos (fabrican sus propios alimentos), son la base de la pirámide alimenticia, que son consumidas por los organismos herbívoros, además que generan una buena cantidad de oxígeno que es el gas vital de animales y humanos.

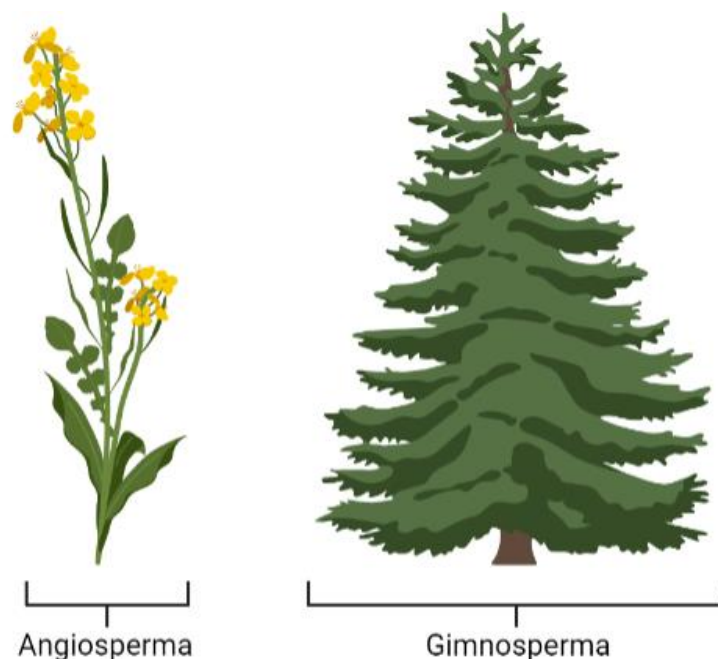
5.1 Clasificación de las plantas

Hay dos categorías de plantas con semillas: las gimnospermas (del griego "semilla desnuda") y las angiospermas (del griego para "semilla de recipiente"). Las gimnospermas son el tipo menos avanzado; se conocen unas 700 especies. El mayor grupo de gimnospermas es el de las coníferas que incluyen árboles forestales comercialmente importantes como el pino (*Pinus* sp.), el ciprés (*Cupressus* sp.) y la secuoya (*Sequoiadendron giganteum*).

Las angiospermas, el tipo más avanzado de plantas con semillas, se hicieron abundantes por primera vez durante el período Cretáceo, hace 100 millones de años. Hoy dominan el paisaje, superando fácilmente a las gimnospermas. Se conocen unas 250.000 especies, pero aún quedan muchas por caracterizar. La principal novedad de las angiospermas es la flor; de ahí que se las denomine plantas con flor (Figura 109).

Figura 109

Ejemplos de plantas gimnospermas (A) y angiospermas (B)

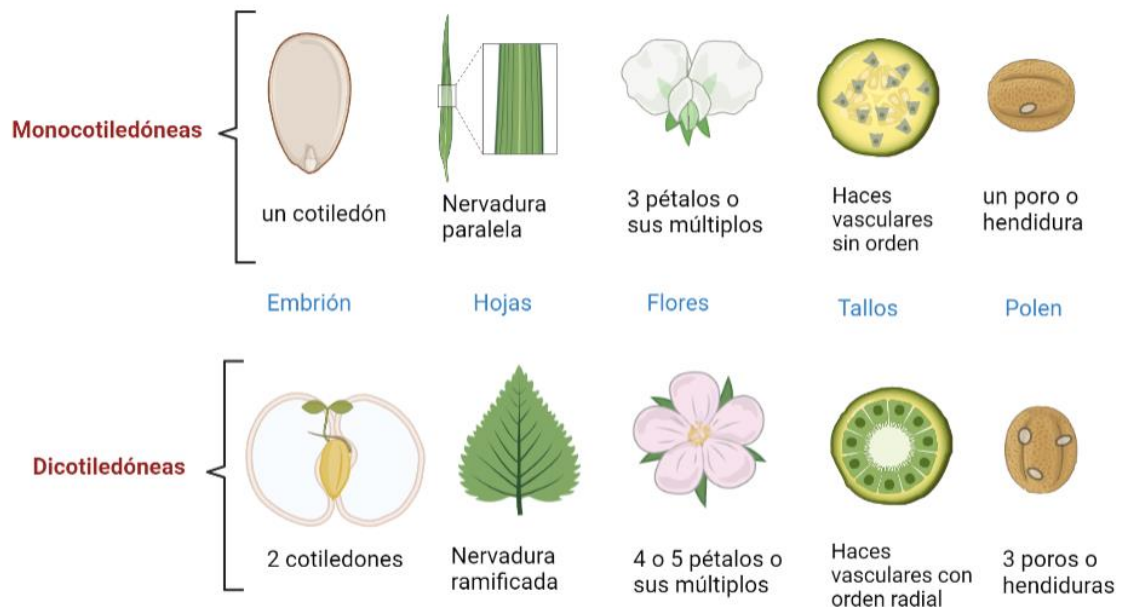


Las angiospermas a su vez se dividen en plantas monocotiledóneas (semillas con un cotiledón) y dicotiledóneas (semillas con dos cotiledones). Ejemplos de monocotiledóneas son el maíz (*Zea mays*), los lirios (*Lillium* sp.), el bambú (*Guadua*

sp.) y de las dicotiledóneas son las rosas (*Rosa* sp.) y la papa (*Solanum tuberosum*). Un cotiledón es una estructura similar a una hoja, en estado embrionario, que se encuentra en la semilla (Figura 110).

Figura 110

Diferencias entre monocotiledóneas y dicotiledóneas



Una diferencia fundamental entre las plantas y los animales es que cada célula vegetal está rodeada por una pared celular rígida (analizado en la Unidad 3 apartado 3.1.3)



Dato interesante: En el Carchi en la localidad de Maldonado al norte de Ecuador, al interior de la selva, los científicos encontraron una **nueva especie** del género de orquídeas neotropicales del género *Maxillaria*, dicho género pertenece a uno de los grupos de orquídeas más diversos y ricos en especies. Comúnmente llamadas orquídeas “araña”, orquídeas de “llama” u orquídeas “tigre”, los representantes del género se distribuyen en las selvas tropicales de América Latina desde el centro de México hasta Bolivia, así como en las Indias Occidentales. Son flores grandes, vistosas y generalmente bien perfumadas, crecen a buena altitud de 1700 metros sobre el nivel del mar, su nombre científico es *Maxillaria anacatalinaportillae*. De acuerdo con los criterios de la Lista Roja de la UICN, debe clasificarse como: En Peligro Crítico, según el pequeño número de ejemplares conocidos y el área restringida de distribución.

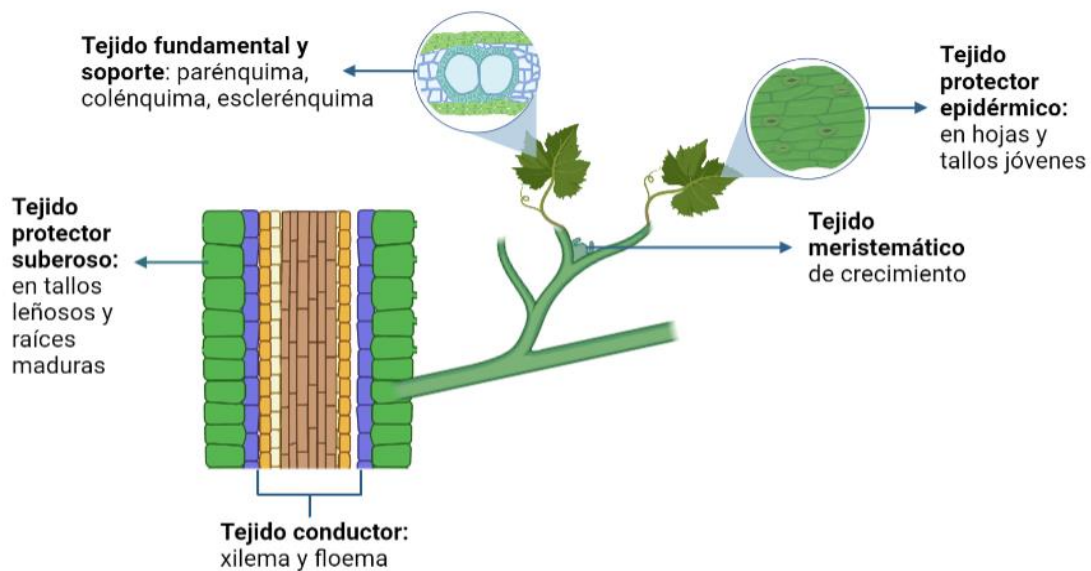
Si deseas ampliar tu conocimiento en el tema lo puedes encontrar en: Lipińska et al. (2022).

5.2 Tejidos vegetales

Los meristemos son tejidos de crecimiento y son un tipo indiferenciado de tejido que llegarán a transformarse en otros tejidos a partir de la función que realizan y existen en todas las plantas vasculares. Se dividen en: protectores (epidermis y peridermis), fundamentales y de soporte (parénquima, colénquima y esclerénquima) y conductores (floema y xilema) lo que se presenta en la (Figura 111).

Figura 111

Tipos de tejidos vegetales



5.3.1 Tejidos de crecimiento

Casi todas las divisiones nucleares (mitosis) y las divisiones celulares (citocinesis) se producen en estas regiones meristemáticas. En una planta joven, los meristemos más activos se denominan apicales y se encuentran en las puntas del tallo y de la raíz. Además se encuentran en las yemas axilares (nodos) para los brotes de las ramas.

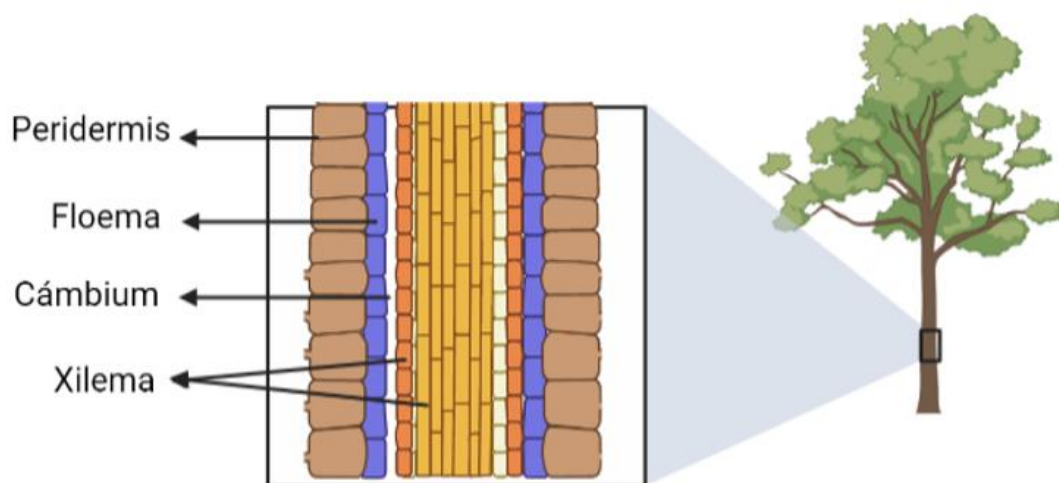
La fase del desarrollo de la planta que da lugar a nuevos órganos y a la forma básica de la planta se llama crecimiento primario. Es el resultado de la actividad de los meristemos apicales, en los que la división celular va seguida de la elongación de las células meristemáticas. Una vez completada la elongación de una región determinada, puede producirse el crecimiento secundario. Este tipo de crecimiento del tallo y la raíz

es una consecuencia de la actividad del cámbium (vascular y suberoso). Es un crecimiento en grosor pero no en longitud y es propio de las plantas gimnospermas y de la mayoría de las dicotiledóneas leñosas.

El cámbium se halla localizado entre el floema y el xilema secundarios; en tallos y raíces, tiene la forma de un cilindro y en las hojas queda reducido a una o varias bandas de células (Figura 112).

Figura 112

Tejidos de crecimiento secundario en una especie leñosa



5.3.2 Tejidos protectores

Durante el desarrollo de la planta, el sistema de tejido dérmico se desarrolla en la capa más externa de células de la planta, llamada epidermis. Los tallos y las raíces de las plantas leñosas desarrollan un tejido dérmico llamado peridermis.

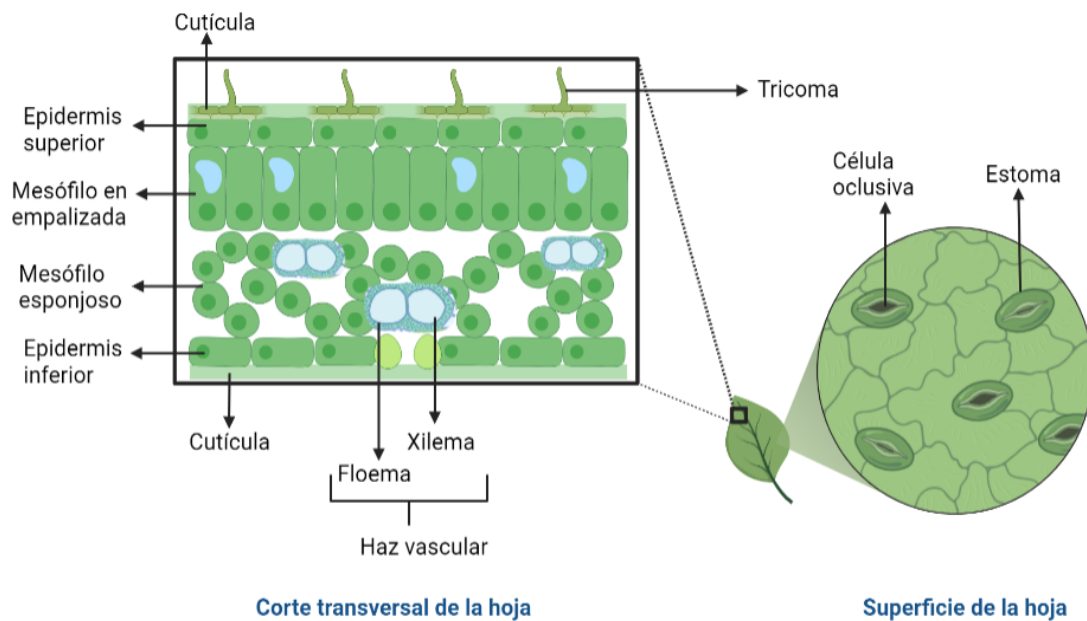
La epidermis crece para cubrir el cuerpo de la planta en expansión. Sus células son inicialmente pequeñas y redondas y suelen tener una pequeña vacuola central o ninguna. Una vez que cesa la división celular de un órgano, las células epidérmicas se expanden. Algunas células se diferencian para formar una de las tres estructuras especializadas (Figura 113).

1. Células guardianas estomáticas, que forman los estomas (poros) para el intercambio de gases en las hojas.

2. Los tricomas, o pelos de las hojas, que protegen contra los insectos y la radiación solar dañina, y secretan aceites (como los producidos por las mentas).
3. Los pelos de las raíces, aumentan en gran medida la superficie de la raíz, proporcionando así más superficie para la absorción de agua y nutrientes minerales.

Figura 113

Tejido epidérmico de una hoja



Las células epidérmicas de la superficie segregan una capa extracelular protectora llamada cutícula. La cutícula está formada por cutina (un polímero compuesto por largas cadenas de ácidos grasos), una compleja mezcla de ceras y polisacáridos de la pared celular. La cutícula limita la pérdida de agua, refleja la radiación solar potencialmente dañina y sirve de barrera contra los patógenos.

5.3.3 Tejidos fundamentales y de soporte

Prácticamente todo el tejido situado entre el tejido dérmico y el tejido vascular, tanto en los brotes como en las raíces, forma parte del sistema de tejidos fundamentales y constituyen la mayor parte del cuerpo de la planta. Se suelen observar tres tipos principales de células: parénquima, colénquima y esclerénquima. Los tipos de células de

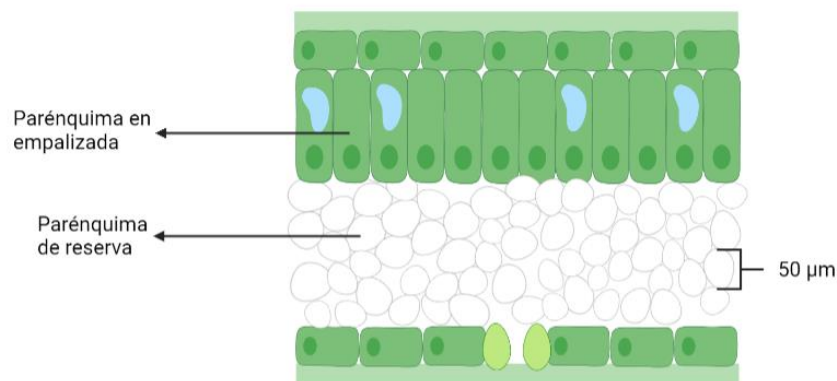
los tejidos fundamentales se distinguen generalmente por la naturaleza de sus paredes celulares.

Parénquima

El tipo celular más común en las plantas es la célula de parénquima. Suelen tener grandes vacuolas y paredes delgadas que consisten sólo en una pared primaria y la lámina media compartida (Figura 114). La lámina media es una capa de pectina que une las células vegetales adyacentes. Estas células desempeñan un papel importante en la fotosíntesis (principalmente en las hojas); las proteínas, el almidón, las grasas o los aceites pueden almacenarse en ellas.

Figura 114

Representación de las células de parénquima

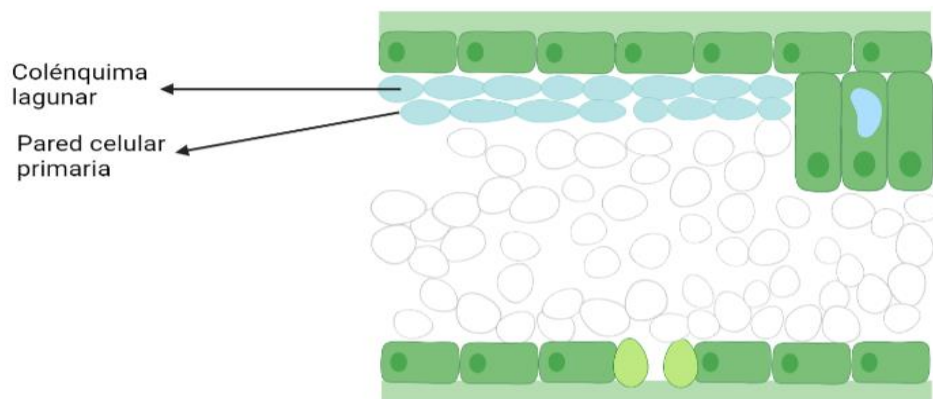


Colénquima

Éste tipo de célula se parece a las células del parénquima pero han sido modificadas para proporcionar un soporte flexible. Generalmente son alargadas y sus paredes primarias son gruesas (Figura 115). En estas células la pared primaria se engrosa en parte debido a la deposición de pectinas, pero no se forma una pared secundaria. Estas células proporcionan soporte a los pecíolos de las hojas, los tallos no leñosos y los órganos en crecimiento. El tejido formado por estas células es flexible, permite que los tallos y los pecíolos se muevan con el viento sin romperse.

Figura 115

Representación de las células de colénquima

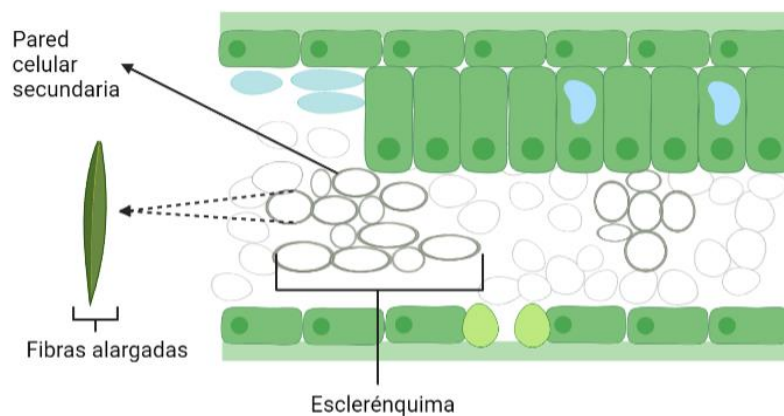


Esclerénquima

Existen dos tipos de células de esclerénquima: las fibras alargadas (Figura 116) y las esclereidas (Figura 117). Ambos tipos de células tienen paredes secundarias engrosadas que permiten su función principal: el soporte. Muchas células del esclerénquima sufren una muerte celular programada después de desarrollar paredes secundarias lignificadas, y por lo tanto realizan su función de soporte cuando están muertas. Las fibras suelen estar organizadas en haces y proporcionan un soporte relativamente rígido a la madera, corteza y otras partes de la planta.

Figura 116

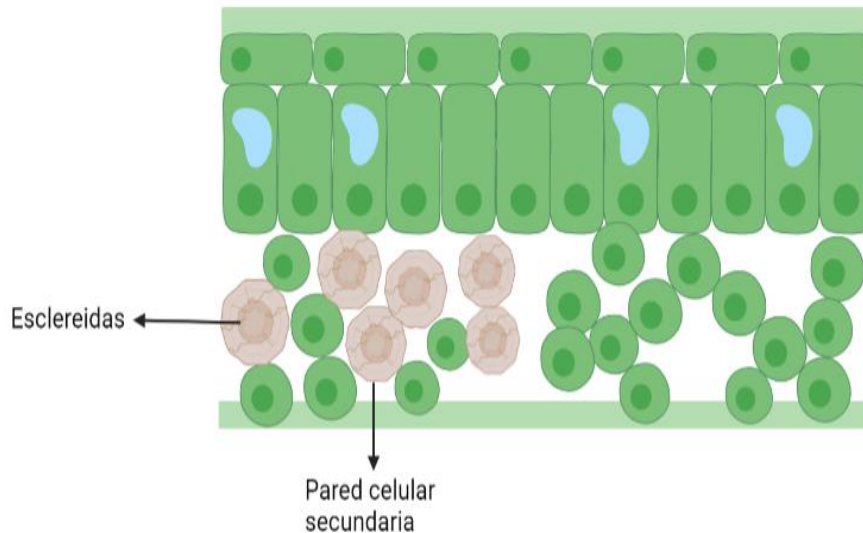
Representación de las fibras alargadas del esclerénquima



Las esclereidas pueden agruparse densamente, como en la cáscara de una nuez o en la cubierta de algunas semillas. Los grupos aislados de esclereidas, denominados células de hueso, se encuentran en las peras y otros frutos y les dan su característica textura arenosa.

Figura 117

Representación de las escleréidas



5.3.4 Tejidos conductores

El sistema de tejidos vasculares es el sistema de tuberías o de transporte de la planta y es una característica distintiva de las plantas vasculares. Sus dos tejidos constitutivos, el xilema y el floema, distribuyen los materiales por toda la planta. El xilema distribuye el agua y los iones minerales captados por las raíces a todas las células de los tallos y las hojas. El floema realiza una serie de funciones, como el transporte, el soporte y el almacenamiento. El floema desempeña un papel especialmente crítico en el suministro de las moléculas ricas en energía y los componentes químicos necesarios para todas las células vivas del cuerpo de la planta.

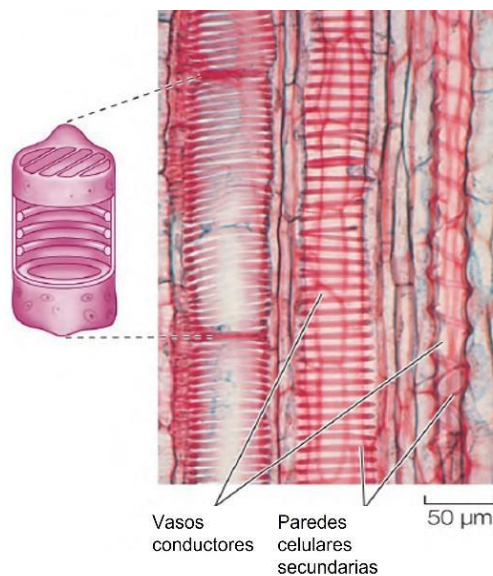
El floema transporta los hidratos de carbono desde los lugares de producción, que se denominan fuentes (principalmente las hojas), y los lleva a los lugares de utilización o almacenamiento, llamados sumideros. Los sumideros incluyen los tejidos en crecimiento, los órganos de almacenamiento y las flores en desarrollo.

Xilema

Contiene células conductoras llamadas elementos traqueales, que tienen paredes celulares secundarias y sufren apoptosis antes de asumir su función de transporte de agua y minerales disueltos. Existen dos tipos de elementos traqueales: las traqueidas (Figura 118) y los elementos vasculares (Figura 119). Las traqueidas tienen forma alargada y son evolutivamente más antiguas que los elementos vasculares y son el principal tipo de célula en la madera de las gimnospermas. Cuando las traqueidas mueren, sus componentes internos se desintegran y quedan hoyos entre las células. Los hoyos son cavidades en las paredes secundarias, dispuestas de tal manera que los hoyos de las células adyacentes están situados unas frente a otras. El agua y los minerales se mueven rápidamente de una célula a otra porque estas sustancias sólo necesitan atravesar una fina barrera extracelular, la pared celular primaria.

Figura 118

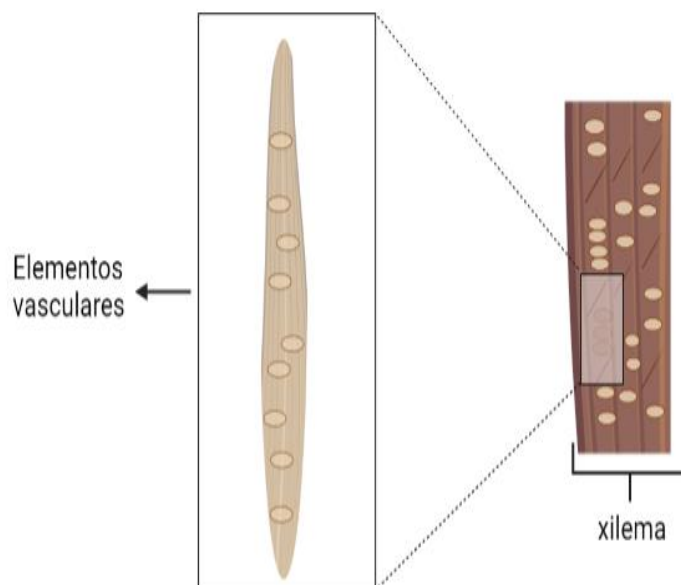
Representación de las traqueidas que forman parte del xilema



Al igual que las traqueidas, los elementos vasculares tienen hoyos en sus paredes celulares, generalmente son de mayor diámetro que las de las traqueidas. Antes de sufrir la apoptosis, las paredes de los extremos de estas células se rompen parcialmente, formando un tubo hueco continuo que funciona como una tubería abierta para la conducción de agua. En el curso de la evolución de las angiospermas, los elementos vasculares se han vuelto más cortos y anchos, y sus paredes finales se han vuelto menos oblicuas y obstruidas.

Figura 119

Representación de los elementos vasculares que forman parte del xilema



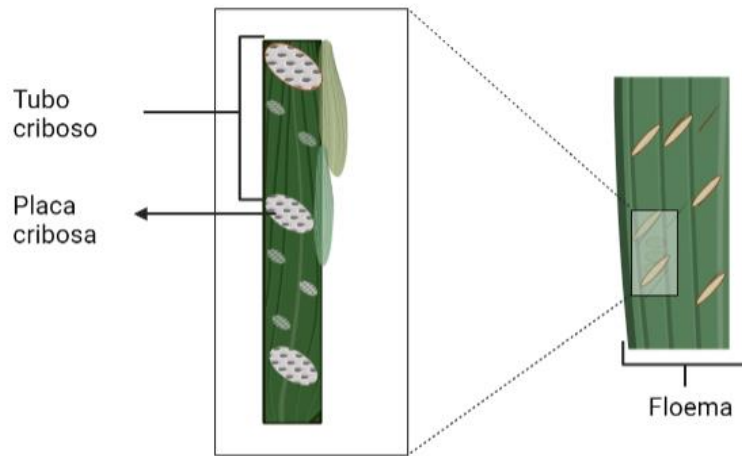
Floema

Las células de transporte del floema, a diferencia de las del xilema maduro, son células vivas. En las plantas con flores, las células características del floema se denominan elementos del tubo criboso (Figura 120). Al igual que los elementos vasculares estas células se unen de extremo a extremo. Forman largos tubos que transportan carbohidratos y muchos otros materiales desde sus fuentes (normalmente las hojas) hasta los tejidos que los consumen o almacenan (por ejemplo, las raíces).

Mientras que las paredes extremas de los elementos vasculares se rompen para facilitar el flujo a través de los mismos, las paredes finales de los elementos de los tubos cribosos forman túneles a través de los cuales fluyen los carbohidratos y otras sustancias necesarias. Las paredes finales de estas células se denominan placas cribosas. Aunque siguen vivos, algunos de sus componentes, como el núcleo, los ribosomas y la vacuola, se descomponen durante el desarrollo y por eso necesitan de una célula acompañante con todos sus orgánulos para que cumplan las demás funciones celulares.

Figura 120

Representación de los elementos de tubo criboso

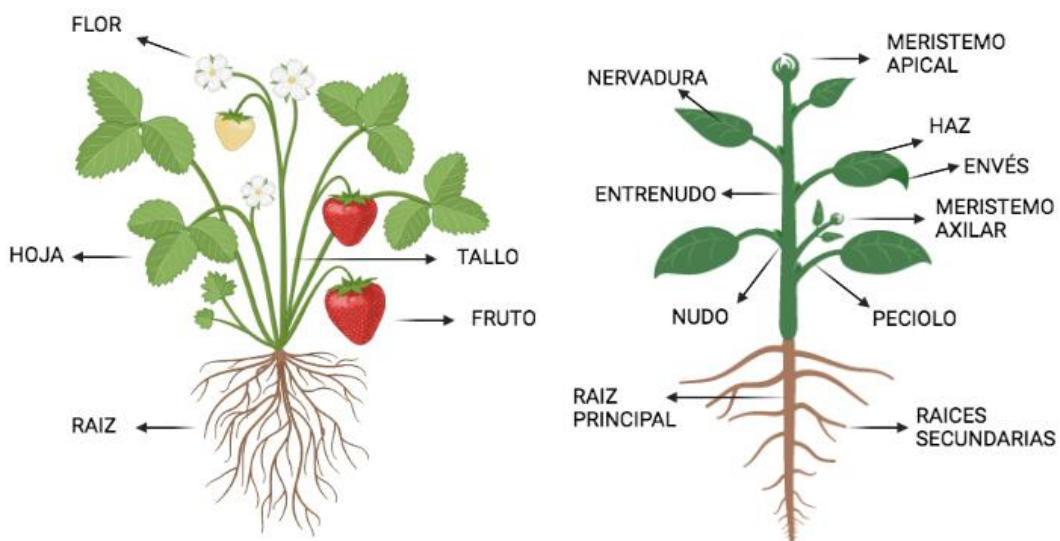


5.3 Los órganos vegetales

Todas las plantas a pesar de su aparente diversidad tienen la misma estructura básica. El cuerpo vegetativo está compuesto por tres órganos: hoja, tallo y raíz (Figura 121). La función principal de las hojas es la fotosíntesis, la del tallo es el soporte y la de la raíz es el anclaje y la absorción de agua y minerales. Las hojas se unen al tallo en los nudos, y la región del tallo entre dos nudos se denomina entrenudo.

Figura 121

Estructura básica de una planta con flor



5.3.1 La raíz

La raíz es un órgano de anclaje para la planta, absorción de nutrientes y también de almacenamiento de agua y alimento. En el momento de la germinación, la raíz primaria, que se desarrolla primero, penetra en el suelo y a partir de esto empieza el desarrollo de la planta como se verá más adelante.

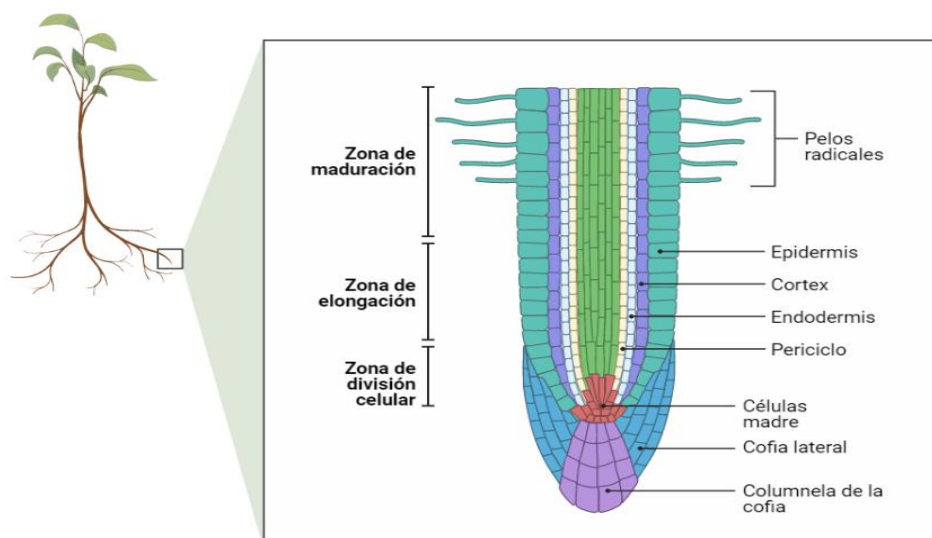
Las dicotiledóneas tienen un sistema de raíz primaria que consta de una raíz central larga y muchas raíces secundarias pequeñas que salen de ella. En cambio, las monocotiledóneas tienen un sistema de raíz fibrosa, con muchas raíces del mismo tamaño, que surgen directamente del tallo.

En las raíces jóvenes, el meristemo apical se divide para dar origen a cuatro regiones distintas (Figura 122). En la punta de la raíz, ciertas células se diferencian para formar la cofia, la cual protege al meristemo apical contra daños que puedan suceder cuando la raíz se clava entre las partículas rocosas del suelo. Las células de la cofia tienen paredes celulares gruesas y secretan un lubricante que ayuda a penetrar entre las partículas del suelo. No obstante, estas células se desgastan y se deben reponer continuamente.

Las células que se desarrollan por encima del meristemo forman 3 capas, la primera la envoltura de la raíz que es la epidermis, después el córtex y un centro llamado cilindro vascular. Las raíces pueden ramificarse, estas ramificaciones se originan en el periciclo.

Figura 122

Estructura de una raíz primaria de una dicotiledónea



En la sección 5.5 se examinará cómo se transporta el agua y los nutrientes a través de la raíz.

5.3.2 El tallo

La función principal de los tallos es elevar y sostener los órganos fotosintéticos (hojas), así como los órganos reproductivos (flores). A diferencia de las raíces, los tallos producen brotes de varios tipos. Una yema es un brote no desarrollado que puede o no desarrollarse para producir ramas u hojas adicionales.

A medida que el tallo crece, pequeños cúmulos de células meristemáticas se quedan en lugares específicos, llamados nudos (Figura 123). Estas células dan origen a los primordios foliares, que se desarrollarán en hojas. Justo encima del punto de unión de estas hojas, las células meristemáticas también producen yemas laterales, que se convertirán en ramas. Todo este proceso es controlado por hormonas, las células meristemáticas son estimuladas para producir los diferentes tipos de tejidos que forman las ramas, hojas y flores. Al crecer la rama, imita el desarrollo del tallo. El meristemo apical en la punta hace que la rama crezca y produzca primordios foliares y yemas laterales.

En la sección 5.2 se mostraron los tejidos que forman parte del tallo y en la Figura 111 se detalla su disposición. La capa más externa, la epidermis, reduce la pérdida de agua y permite el ingreso de dióxido de carbono. Las células epidérmicas del tallo secretan un recubrimiento ceroso, la cutícula, que reduce la pérdida de agua.

La corteza está localizada entre la epidermis y los tejidos vasculares, mientras que la médula se encuentra en el centro del anillo de los tejidos vasculares, llenando la porción interna del tallo joven. La corteza y la médula, que son células parenquimatosas, desempeñan tres funciones principales:

- **Sostén:** en tallos jóvenes, el agua que llena las vacuolas centrales de las células corticales y medulares genera presión de turgencia y por lo tanto el tallo se mantiene erguido (sección 5.5). En tallos viejos hay células de colénquima o esclerénquima con paredes celulares engrosadas, que no dependen de la presión de turgencia para su fortaleza.

- **Almacenamiento:** las células parenquimatosas tanto de la corteza como de la médula convierten azúcares en almidón, el cual guardan como reserva alimenticia.
- **Fotosíntesis:** en muchos tallos, las capas exteriores de células corticales contienen cloroplastos y efectúan fotosíntesis. En algunas plantas, como los cactus, las hojas se convierten en espinas, y la corteza del tallo es la única parte verde fotosintética de la planta.

5.3.3 La hoja

En las gimnospermas y en la mayoría de las plantas con flores, las hojas son responsables de la mayor parte de la fotosíntesis de la planta. Las hojas son una adaptación para recoger energía solar, dióxido de carbono y agua. Por lo general, la hoja es una estructura delgada y plana unida al tallo por un pecíolo. El pecíolo sostiene a la parte superior de la hoja, llamado haz o limbo, en un ángulo perpendicular a los rayos del sol para maximizar la cantidad de luz disponible para la fotosíntesis. Dentro del limbo, los tejidos vasculares se ramifican para formar haces vasculares, también llamados nervaduras o venas. La parte inferior de la hoja o que no está expuesta a la luz se conoce como envés.

La estructura de la epidermis de la hoja tiene características especiales que le permiten conservar agua, mientras permite la entrada de CO₂ y difusión de los gases (CO₂, O₂ y vapor de agua) hacia el interior y el exterior de la hoja. Los estomas, son unas estructuras que permiten estas funciones, cada estoma está rodeado por dos células guarda o células oclusivas, con forma de frijol, las cuales regulan el tamaño de la abertura hacia el interior de la hoja.

En la mayoría de las dicotiledóneas las hojas están conformadas por el mesófilo (medio) que está formado por parénquima, estas células tienen gran cantidad de cloroplastos y por lo tanto es en donde se realiza el proceso de fotosíntesis. Este se divide en la capa superior, que consiste de células alargadas llamado mesófilo empalizada y una capa inferior con células de forma irregular, denominada mesófilo esponjoso (Figura. 5.5). Dentro del mismo hay una gran cantidad de espacio de aire a través del cual el CO₂ puede difundirse a las células fotosintéticas.

Los haces vasculares, cada uno de los cuales contiene tanto xilema como floema, están incrustados en el mesófilo y se dividen en nervaduras finas que llegan muy cerca de cada célula fotosintética. Así, cada célula recibe energía de la luz solar transmitida a través de la epidermis transparente, dióxido de carbono del aire y agua del xilema. Los azúcares que produce son llevados al resto de la planta por el floema.

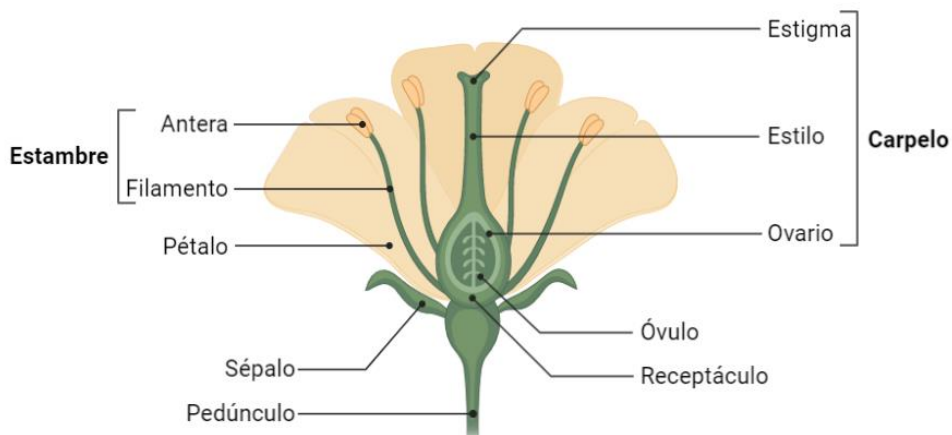
5.3.4 La flor

Las flores son los órganos reproductores de las angiospermas, dentro de estas se encuentran los gametofitos masculinos y/o femeninos. Las flores completas tienen cuatro partes principales agrupadas concéntricamente, estas surgen de un meristemo y se consideran “hojas modificadas”: los sépalos, pétalos, estambres y carpelos (Figura 123).

Los sépalos están en la base de la flor. En las dicotiledóneas, los sépalos suelen ser verdes y tienen aspecto de hoja, por su lado en las monocotiledóneas, casi todos los sépalos se parecen a los pétalos. En ambos casos, los sépalos rodean y protegen al capullo de la flor mientras se desarrollan. Justo arriba de los sépalos están los pétalos, que suelen tener colores brillantes y perfume para anunciar la ubicación de la flor a los polinizadores.

Figura 123

Estructura de una flor completa de una angiosperma



Los carpelos y estambres son, respectivamente, los órganos sexuales femeninos y masculinos. Algunas plantas, como el maíz, dan flores masculinas y femeninas separadas en un individuo, tales especies se llaman monoicas. En especies dioicas, por otro lado, las flores femeninas y masculinas se encuentran en distintos individuos, un ejemplo es el aguacate (*Persea americana*).

Los estambres, están sujetos inmediatamente arriba de los pétalos. La mayoría de estambres consisten en un filamento largo y delgado que sostiene una antera, la estructura que produce el polen. Los carpelos, ocupan la posición central en la flor. Generalmente tiene forma de jarrón, con un estigma pegajoso para atrapar polen montado sobre un estilo alargado. El estilo conecta al estigma con el ovario, que es bulboso. Dentro del ovario hay uno o más óvulos que formarán una envoltura protectora, adhesiva y/o comestible, el fruto.

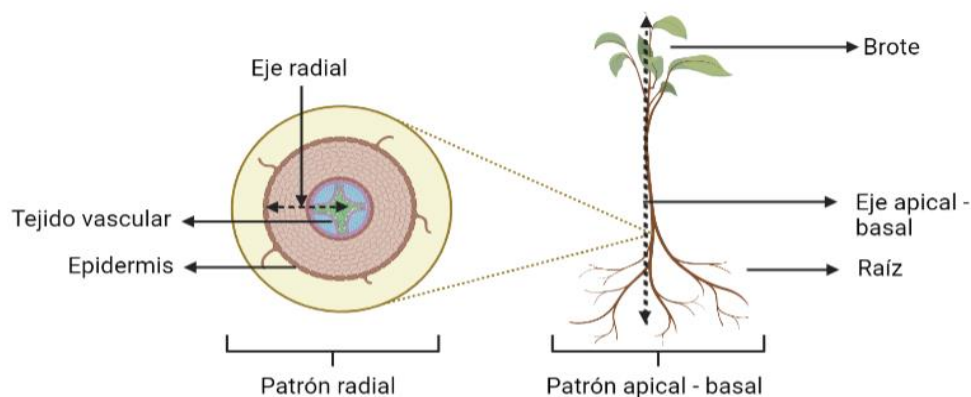
5.4 El desarrollo de una planta

En la embriogénesis de las plantas (formación de embriones) se establecen dos patrones básicos (Figura 124):

- El eje apical-basal: la disposición de las células y los tejidos a lo largo del eje principal desde la raíz hasta el brote.
- El eje radial: la disposición concéntrica de los sistemas de tejidos.

Figura 124

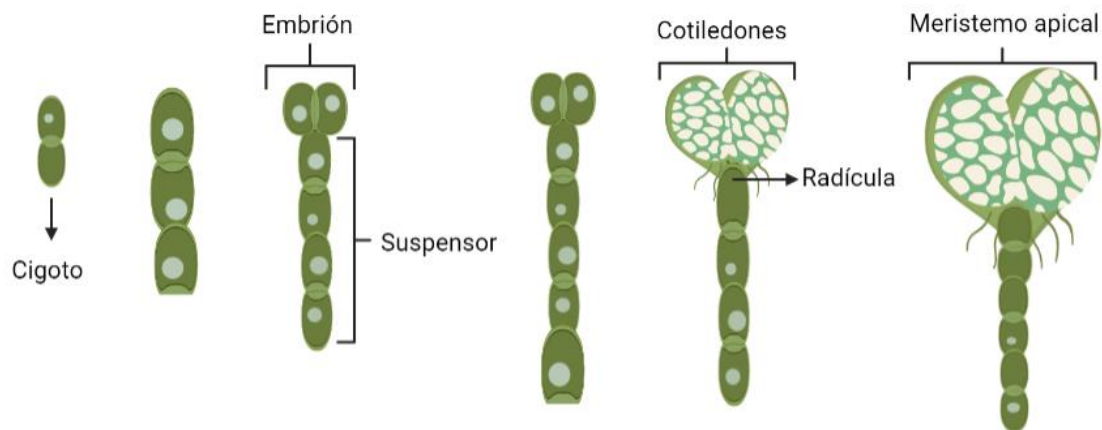
Patrones básicos del desarrollo de una planta, ejes apical-basal y radial



El primer paso en la formación de un embrión es una división mitótica del cigoto que da lugar a dos células hijas, una célula hija apical y una célula hija basal. Un plano asimétrico de la división celular da lugar a una distribución desigual del citoplasma entre estas dos células, lo que determina sus diferentes destinos. Las señales en la célula hija apical, más pequeña, la inducen a producir el embrión propiamente dicho, mientras que la célula hija basal, más grande, produce el suspensor, una estructura que conecta el embrión en desarrollo con el material de almacenamiento (Figura 125).

Figura 125

Estadios de la embriogénesis vegetal



Esta división no sólo establece el eje apical-basal de la nueva planta, sino que también determina su polaridad (¿qué extremo es la punta, o ápice, y cuál es la raíz?). Tras sólo cuatro divisiones mitóticas se distinguen un suspensor largo y delgado y un embrión más esférico o globular. El embrión inicialmente globular se convierte en el característico estadio de corazón cuando los cotiledones comienzan a crecer. Una mayor elongación de los cotiledones y del eje principal del embrión da lugar al estadio de torpedo, durante el cual algunos de los tejidos internos comienzan a diferenciarse (Figura 125).

Entre los cotiledones se encuentra el meristemo apical del brote; en el otro extremo del eje se encuentra el meristemo apical de la raíz. Cada uno de estos meristemas contiene células indiferenciadas que continuarán dividiéndose para dar lugar a los tejidos y órganos que se desarrollarán durante la vida de la planta.

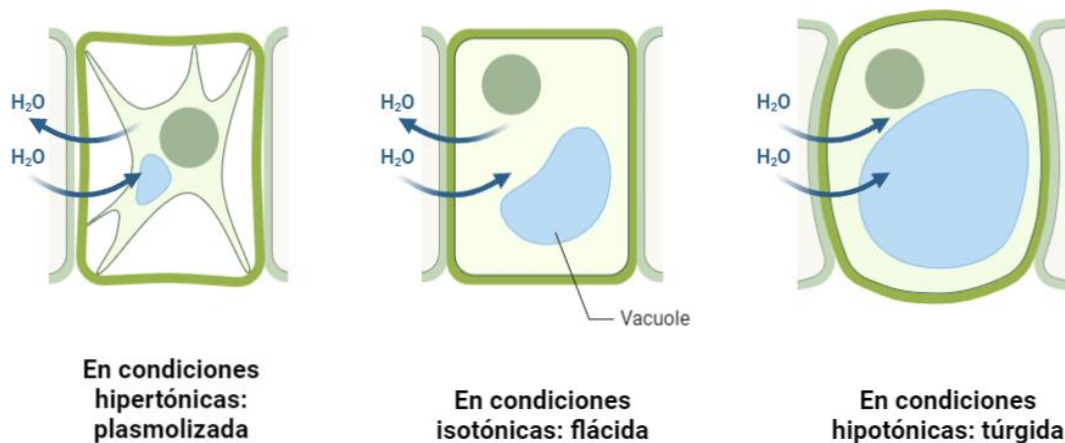
5.5 El transporte en las plantas

Las plantas terrestres obtienen toda el agua que necesitan a través del suelo, la cantidad de agua disponible es variable de acuerdo a la porosidad y grado de desecación del mismo. Las plantas tienen raíces profundas que les permiten alcanzar zonas en donde hay más agua disponible.

En las células, el sistema de transporte está relacionado con el potencial químico del agua (ψ), el cual depende de la concentración de agua, que a su vez depende de la presencia de los solutos en los medios intracelulares y extracelulares. Cuanto mayor es la concentración de solutos, menor es la concentración de agua y menor el potencial químico. Un factor adicional por el cual el potencial químico se puede ver afectado es la rigidez de las paredes celulares que rodean a las células vegetales. Una célula vegetal puede aumentar de volumen hasta donde se lo permite su pared celular. El posterior ingreso de agua por osmosis aumenta la presión que, a su vez, produce un aumento en el potencial químico del agua (Figura 126).

Figura 126

El ingreso o salida de agua de una célula depende de la concentración de solutos al interior y exterior de la célula. Por un proceso de ósmosis el potencial químico del agua también cambia



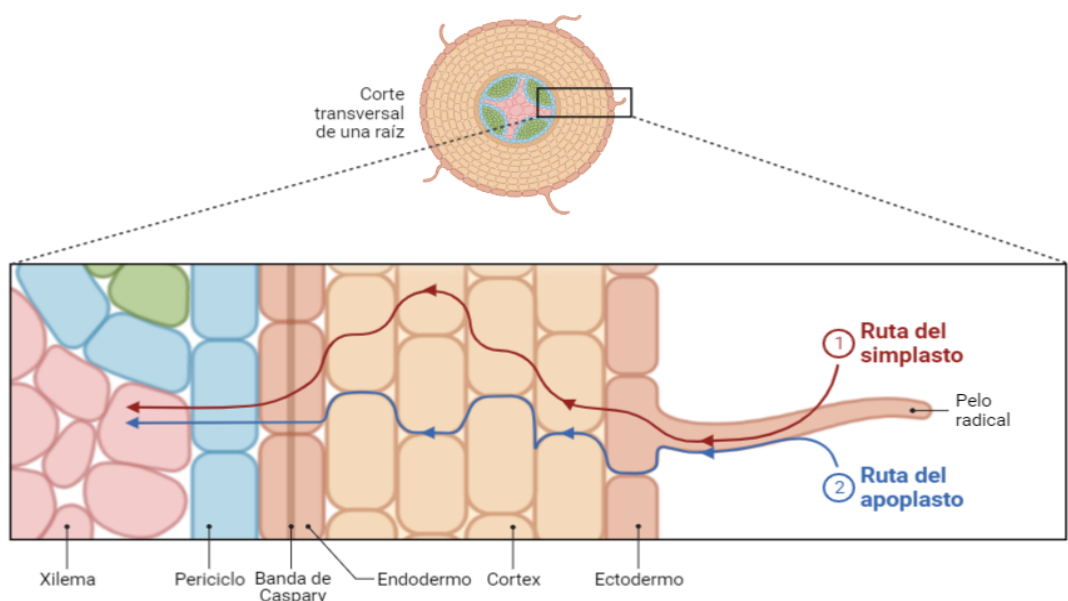
La mayor parte del agua circula a través de las acuaporinas (proteínas de membrana) siguiendo gradientes de potencial químico. La abundancia de acuaporinas y su grado de apertura regulan la permeabilidad de las membranas. El grado de apertura, a su vez, parece depender del estado de fosforilación de estas proteínas.

Para que el agua y los minerales disueltos del suelo ingresen a las células de la raíz el potencial de agua del suelo debe ser superior al de las raíces. El transporte hasta el xilema ocurre principalmente por uno de dos caminos, la ruta rápida llamada apoplasto, y la ruta más lenta, llamada el simplasto (Figura 127):

- El apoplasto consiste en las paredes celulares, que se encuentran fuera de las membranas celulares y los espacios intercelulares que son comunes en muchos tejidos vegetales. Es una malla continua a través de la cual se disuelve el agua y las sustancias pueden fluir sin tener que cruzar nunca una membrana. Es un rápido movimiento hasta llegar a la banda de Caspary en donde debe seguir la ruta del simplasto.
- El simplasto pasa a través del citoplasma continuo de las células vivas unidas por los plasmodesmos. El plasma selectivamente permeable las membranas de las células de la raíz controlan el acceso al simplasto, por lo que el movimiento del agua y sustancias disueltas es estrictamente regulado.

Figura 127

Rutas de transporte de agua y minerales a través de la raíz.



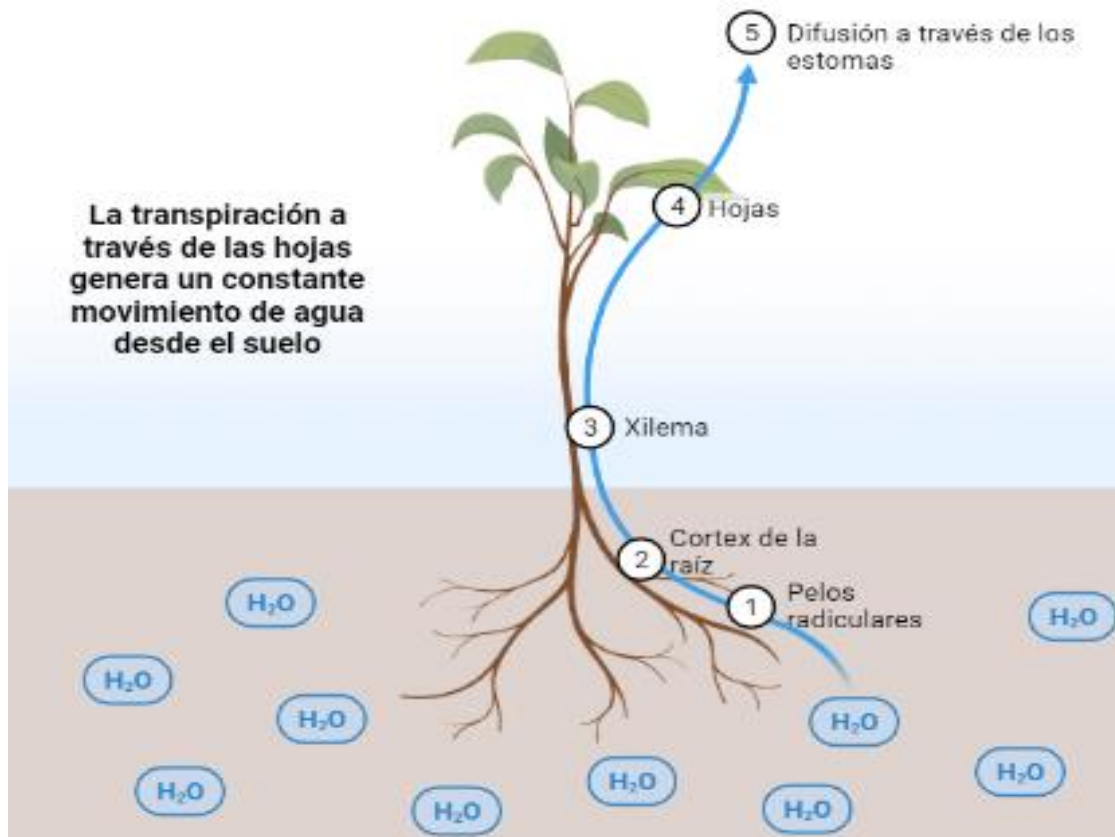
Una vez que han pasado la barrera endodérmica, el agua y los minerales permanecen en el simplasto hasta que alcanzan el parénquima. Como los iones minerales son transportados a la solución en las paredes celulares, el potencial hídrico en el apoplasto se vuelve más negativo; como consecuencia, el agua sale de las células y entra en el apoplasto por ósmosis. En otras palabras, los iones se transportan activamente y el agua sigue pasivamente. El resultado final es que el agua y los minerales terminan en el xilema, donde constituyen la savia del xilema.

Al menos el 90 por ciento del agua que ingresa por las raíces se evapora a través de los estomas de las hojas y, en menor grado, a través de los estomas de los tallos en un proceso llamado **transpiración**. Esta depende del gradiente de concentración de vapor de agua entre la hoja y la atmósfera circundante y es inverso a las resistencias de la hoja o de la atmósfera al movimiento del vapor de agua.

En una planta, el agua se evapora desde las paredes de las células parenquimáticas del mesófilo hacia los espacios aéreos de la hoja. La energía requerida para el cambio de estado proviene de la radiación solar. La evaporación provoca una disminución del potencial agua en las paredes celulares del mesófilo. Esto genera una presión negativa que determina el ascenso del agua por los vasos xilemáticos, donde el potencial agua es mayor, hacia las células de las hojas. La cohesión mantiene unidas a las moléculas de agua y el gradiente de presión causa una corriente dentro de las traqueidas y los vasos, que se extiende hasta la endodermis de las raíces. La pérdida de agua a través de los estomas junto con la alta cohesión de las partículas de agua y la resistencia de la raíz "tensan" la columna de agua. Esto provoca la disminución del potencial agua de las raíces y el agua circundante ingresa en la planta (Figura 128).

Figura 128

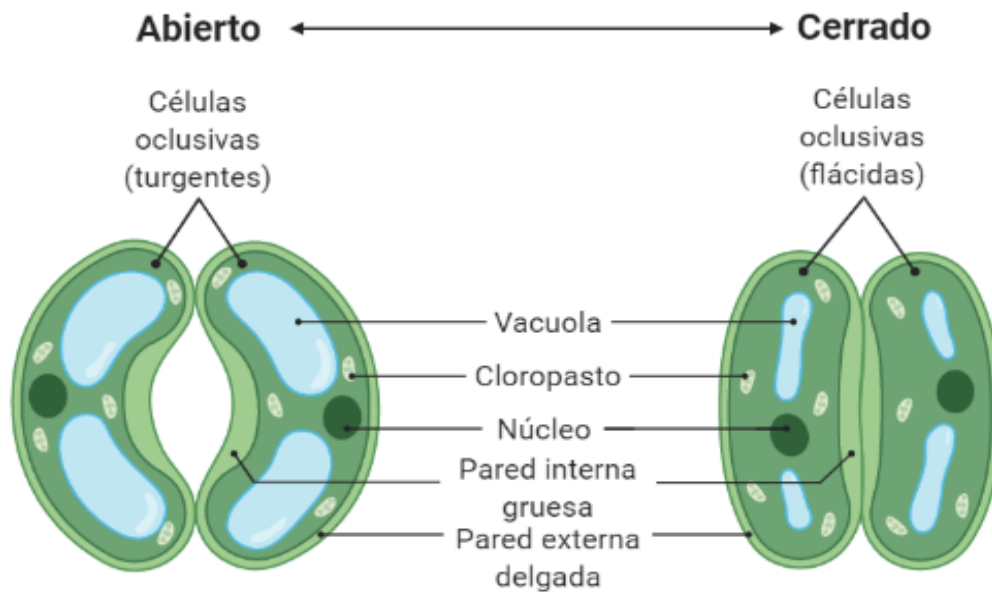
Movimiento de agua a través de la planta por el proceso de transpiración



Los estomas forman un papel importante en el proceso de transpiración y su regulación. Cada estoma está formado por dos células oclusivas. Cuando estas células están turgentes, se abre un orificio entre ambas; cuando las células se relajan, el orificio desaparece. La presión de turgencia depende directamente de la entrada o la salida del agua. Este movimiento, a su vez, depende de la concentración de solutos dentro de la célula (Figura 129).

Figura 129

Proceso de apertura y cierre de los estomas dependiendo de las condiciones externas



Cuando una planta pasa por un período prolongado de bajo potencial agua, entra en un estado de estrés hídrico. Las plantas responden a este estrés con actividades que involucran señales químicas, aumento de la actividad génica y modificación de la síntesis y la actividad de algunas proteínas. En la etapa inicial del estrés hídrico aumenta el nivel de ácido abscísico, una hormona que estimula el cierre de los estomas. El estado de los estomas se encuentra controlado también por factores que no están ligados a la disponibilidad de agua: dióxido de carbono, temperatura y luz.

REFERENCIAS

- Alberts, B. (2015). *Molecular Biology of the Cell*. 6th Edition, Garland Science, Taylor and Francis Group, New York
- Agez, M., Chen, J., Guerois, R., van Heijenoort, C., Thuret, J.Y., Mann, C., Ochsenbein, F. (2007) *Structure of the histone chaperone asf1 bound to the histone h3 C-terminal helix and functional insights. Structure 15: 191-199*
- Bertelsen, E.B., Chang, L., Gestwicki, J.E., Zuiderweg, E.R. (2009) *Solution conformation of wild-type E. coli Hsp70 (DnaK) chaperone complexed with ADP and substrate. Proc Natl Acad Sci U S A 106: 8471-8476*
- Biémont, C., Vieira, C. J. (2006). DNA as an evolutionary force. *Nature 443*, 521–524 <https://doi.org/10.1038/443521a>.
- Burrows, A., Radice, D., Vartanyan, D., Nagakura, H., Skinner, M. A., y Dolence, J. C. (2020). The overarching framework of core-collapse supernova explosions as revealed by 3D FORNAX simulations. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 491(2), 2715-2735.
- Campbell, N., y Reece, J. (2005). *Biología*. Editorial Médica Panamericana.
- Cook W.J., Jeffrey, L.C., Kasperk, E., Pickart, C.M. (1994). *Structure of tetraubiquitin shows how multiubiquitin chains can be formed. J Mol Biol 236: 601-609*
- Cuchillo-Ibañez, I., Lennol, M. P., Escamilla, S. (2021). The apolipoprotein receptor LRP3 compromises APP levels. *Alz Res Therapy*, 13(181). DOI: <https://doi.org/10.1186/s13195-021-00921-5>
- Huarte, J. (2014). *La reflexión teológico-moral sobre el embrión preimplantario: la embriología usada por los teólogos*. EUNSA.
- Hunter, Connie. (2010). El ceibo, gigante que ayuda a equilibrar el ecosistema costero. *El Universo*. <https://www.eluniverso.com/2010/07/11/1/1430/ceibo-gigante-ayuda-equilibrar-ecosistema-costero.html>
- Larsen, T.M., Benning, M.M., Rayment, I., Reed, G.H. (1998) *Structure of the bis(Mg²⁺)-ATP-oxalate complex of the rabbit muscle pyruvate kinase at 2.1 Å resolution: ATP binding over a barrel. Biochemistry 37: 6247-6255*
- Lauría Baca, L. (2016). *Biología I*. Grupo Editorial Patria.

- Lipińska, M., Olędryńska, N., Portilla, A., Łuszczek, D., Sumbembayev, A., Szlachetko, D. (2022). *Maxillaria anacatalinaportillae* (Orchidaceae, Maxillariinae), a new remarkable species from Ecuador. *PhytoKeys*, 15-33.
- Lodish, H., Berk, A., Matsudaira, P., Kaiser, C., Kriger, M., Scott, M., y Darnell, J. (2005). *Biología celular y molecular*. Editorial Médica Panamericana.
- Margulis, L. (2010). *Symbiogenesis. A new principle of evolution rediscovery of Boris Mikhaylovich Kozo-Polyansky (1890–1957)*.
- Mille, S., Pérez, A., y Villaseñor, R. (2001). *Biología de protozoarios e invertebrados no artrópodos*. Instituto Politécnico Nacional.
- Ministerio de Turismo del Ecuador. (2022). *Nuevas especies animales se descubren en Ecuador*. <https://www.turismo.gob.ec/nuevas-especies-animales-se-descubren-en-ecuador/>
- Moreira, D., & López-García, P. (2009). Ten reasons to exclude viruses from the tree of life. *Nature Reviews Microbiology*, 7(4), 306-311. Doi: <https://doi.org/10.1038/nrmicro2108>
- Pachés G., M.A.V. (2019). *Sistema de clasificación de los seres vivos*. Universitat Politècnica de Valencia. <https://riunet.upv.es/handle/10251/118401>
- Palaoro, L., & Mendeluk, G. (2020). *Citología exfoliativa y de la reproducción*. Eudeba.
- Paniagua, R., Nistal, M., Sesma, P., Álvarez-Uria, M., Fraile, B., Anadón, R., y Sáez, F. (2007). *Biología celular*. McGraw-Hill. <http://www.untumbes.edu.pe/vcs/biblioteca/document/varioslibros/0592.%20Biología%20celular.%20Paniagua.pdf>
- Quesada, V., Freitas-Rodríguez, S., Miller, J., Pérez-Silva, J., Jiang, Z., Tapia, W., Santiago-Fernández, O., Campos-Iglesias, D., Kuderna, L., Quinzin, M., Álvarez, M., Carrero, D., Beheregaray, L., Gibbs, J., Chiari, Y., Glaberman, S., Ciofi, C., Araujo-Voces, M., Mayoral, P., Arango, J., Tamargo-Gómez, D., Roiz-Valle, Pascual-Torner, M., Evans, B., Edwards, D., Garrick, R., Russello, M., Poulakakis, N., Gaughran, S., Rueda, D., Bretones, G., Marquès-Bonet, T., White, K., Caccone, A., López-Otín, C. (2019). Giant tortoise genomes provide insights into longevity and age-related disease. *Nat Ecol Evol* 3, 87–95. <https://doi.org/10.1038/s41559-018-0733-x>.
- Reina Valera. (1969). La biblia. Génesis 1:31. <https://www.biblia.es/reina-valera-1960.php>
- Ruiz Herrera, J. (2010). *Viaje al asombroso mundo de los hongos*. FCE - Fondo de Cultura Económica.

- Ruiz, M. J. F., y Umerez, J. (2018). Dealing with the changeable and blurry edges of living things: a modified version of property-cluster kinds. *European Journal for Philosophy of Science*, 8(3), 493-518. doi: 10.1007/s13194-018-0210-z
- Ruiz-Mirazo, K., Peretó, J., y Moreno, A. (2004). A universal definition of life: autonomy and open-ended evolution. *Origins of Life and Evolution of the Biosphere*, 34(3), 323-346. doi.org/10.1023/B:ORIG.0000016440.53346.dc
- Salazar, A., Sandoval, A., y Armendáriz, J. (2013). *Biología molecular. Fundamentos y aplicaciones en las ciencias de la salud*. Mc Graw Hill.
- Sehnal, D., Bittrich, S., Deshpande, M., Svobodová, R., Berka, K., Bazgier, V., Velankar, S., Burley, S., Koča, J., Rose A. (2021) Viewer: modern web app for 3D visualization and analysis of large biomolecular structures. *Nucleic Acids Research*. doi: 10.1093/nar/gkab314), and RCSB PDB.
- Sharp, D., Rogers, G. y Scholey, J. (2000). Microtubule motors in mitosis. *Nature* 407, 41–47. <https://doi.org/10.1038/35024000>
- Soetan, O., Olaiya, C., & Oyewole, O. (2010). The importance of mineral elements for humans, domestic animals and plants: A review. *African Journal of Food Science*, 4(5), 200-222.
- Tanabe AS, Toju H (2016) Correction: Two New Computational Methods for Universal DNA Barcoding: A Benchmark Using Barcode Sequences of Bacteria, Archaea, Animals, Fungi, and Land Plants. *PLOS ONE* 11(3), e0152242. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0152242>
- Vázquez Conde, R. (2016). *Biología*, Grupo Editorial Patria. <https://elibro.net/es/ereader/epoch/40456?page=16>.
- Villee, C., Salomon, E., Berg, L., y Martin, D. (1998). *Biología de Ville*. Interamericana.
- Walker, G. M., y Stewart, G. G. (2016). *Saccharomyces cerevisiae* in the production of fermented beverages. *Beverages*, 2(4), 30. <https://doi.org/10.3390/beverages2040030>
- Wheelis, M. L., Kandle, O., y Woese, C. R. (1992). On the nature of global classification. *PNAS*.
- Woese, C. R; Kandler, O.; Wheelis, M.L. (1990). Towards a natural system of organisms: Proposal for the domains Archaea, Bacteria, and Eucarya. *Proc. Natl. Acad. Sct. USA* 87, 4576-4579.
- Wohns, A., Wong, Y., Jeffery, B., Akbari, A., Mallick, S., Pinhasi, R., Patterson, N., Reich, D., Kelleher J. y Mcvean, G. (2022). A unified genealogy of modern and ancient genomes. *Science* 375. Doi: 10.1126/science.abi8264.

ISBN: 978-9942-844-93-4



9789942844934