

  
**UTEQ**  
UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE  
**QUEVEDO**  
2023

# Morfología Celular

**Mercedes Carranza Patiño**  
**Helen Carranza Patiño**  
**Ana Moreno Vera**  
**Mariela Díaz Ponce**  
**Yenny Torres Navarrete**



## Morfología Celular

**Publicado por:** Universidad Técnica Estatal de Quevedo.  
Dir. Av. Quito km 1½ vía a Santo Domingo de los  
Tsáchilas, Quevedo, Ecuador. [www.uteq.edu.ec](http://www.uteq.edu.ec).

**Derechos reservados:** © Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Ecuador 2023.  
Dirección de Investigación Ciencia y Tecnología (DICYT).  
Se autoriza la reproducción de esta publicación con fines  
educativos y otros que no sean comerciales sin permiso  
escrito previo detentar el derecho de autor, mencionando la  
cita.

**Cita del libro:** Carraza M., Carranza H., Moreno A., Díaz M. y Torres Y.  
2023. Morfología Celular. Universidad Técnica Estatal de  
Quevedo, Ecuador. 164 pp.

**Revisión de Pares Externos:** Francisco Xavier Chalén Noroña.  
Director Programa Marino y Costero.  
Conservación Internacional.

Telmo Ariel Escobar Troya.  
Docente Principal.  
Universidad de Guayaquil.

**Primera Edición:** Quevedo, Septiembre del 2023.

**ISBN:** 978-9978-371-88-6

**Equipo Editorial:** Econ. Carlos Edison Zambrano, PhD.  
**Director**

Ing. Javier Patiño Uyaguari, M.Sc.  
**Revisión y Corrección**

Ing. J. Bladimir Mora Macías  
**Edición y Diagramación**

“¿Te has preguntado alguna vez cómo una minúscula célula puede contener los secretos de la vida misma? Bienvenido a un fascinante viaje por el mundo de la morfología celular”.

ISBN: 978-9978-371-88-6



**Derechos de Autoras © 2023**

Mercedes Carranza Patiño

Helen Carranza Patiño

Ana Moreno Vera

Mariela Díaz Ponce

Yenny Torres Navarrete

## ► PRESENTACIÓN

---

El Comité Editorial de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ) es la unidad encargada de promover, gestionar y administrar el conocimiento resultante de las actividades de investigación científica, la docencia y la vinculación de docentes y estudiantes. Dentro del procedimiento para el reconocimiento al profesorado y estudiantado de la UTEQ se contempla la publicación como libros de proyectos de investigación o trabajos en el ámbito académico de profesores y estudiantes de grado y posgrado relacionados con las líneas de investigación institucionales.



## ► Morfología Celular

---

### **AUTORAS:**

Mercedes Carranza Patiño

Helen Carranza Patiño

Ana Moreno Vera

Mariela Díaz Ponce

Yenny Torres Navarrete



## PRÓLOGO

El libro “Morfología Celular” es una obra exhaustiva que aborda de manera detallada y actualizada los conceptos esenciales de esta disciplina. Este libro ha sido diseñado tanto para estudiantes como para profesionales en el campo de la biología y áreas afines. En este libro, encontrarás una amplia gama de temas relacionados con la Morfología Celular, que se han organizado de manera sistemática en varios capítulos. Comenzaremos con una presentación que establecerá el contexto y la importancia de esta área de estudio. A continuación, nos adentraremos en los fundamentos de la biología, explorando la historia de la disciplina y los conceptos básicos que sustentan nuestra comprensión de los organismos vivos. A lo largo de los capítulos, abordaremos temas clave, como la estructura y función celular, la clasificación de las células, la división celular, la reproducción y la herencia. Cada tema se presenta de manera clara y concisa, con una explicación detallada de los conceptos fundamentales. Además, se incluyen numerosas ilustraciones y diagramas que ayudan a visualizar la estructura celular y facilitan la comprensión de los temas presentados. Es importante destacar que este libro ha sido elaborado por un equipo de expertos en Morfología Celular, quienes han dedicado su experiencia y conocimientos para ofrecer una obra actualizada y de calidad. Su objetivo principal es proporcionar una guía completa y accesible para aquellos que deseen adquirir un conocimiento sólido en este campo en constante evolución. Ya seas un estudiante que busca ampliar tus conocimientos o un profesional que busca mantenerse actualizado, este libro será una herramienta valiosa en tu camino hacia la comprensión de la Morfología Celular. Te invitamos a sumergirte en sus páginas y explorar el fascinante mundo de las células y su estructura.

¡Deseamos que disfrutes de esta lectura y que te sea de gran utilidad en tu viaje académico y profesional!

Las autoras.

## CONTENIDO

PREFACIO .....	06
INTRODUCCIÓN .....	12
<b>CAPÍTULO I.</b>	
<b>Bases de la biología</b> .....	14
1.1. Bases de la biología .....	15
1.1.1. Historia de la Biología .....	16
1.1.2. Conceptos básicos de Biología .....	19
1.2. Implicaciones éticas en la morfología celular .....	22
1.3. Implicaciones éticas de la morfología celular enfocada al campo vegetal .....	24
1.4. Características básicas de los organismos vivos .....	26
1.5. Niveles de organización biológica .....	29
1.6. Descifrando los Misterios de la Célula: Avances en Biología Celular y sus Implicaciones Éticas .....	39
1.7. Los Cimientos de la Vida: La Revolución de la Teoría Celular .....	40
1.8. Métodos de estudio de la célula .....	42
1.9. Taller 1: Bases de la Biología y la Morfología Celular .....	43
1.9.1. Cuestionario capítulo I .....	45
<b>CAPÍTULO II.</b>	
<b>La célula estructura y función</b> .....	46
2.1. Células: Unidades fundamentales de la vida y su diversidad funcional .....	47
2.1.1. Clasificación de las células .....	48
2.2. Biomoléculas: Los componentes esenciales de la vida .....	52
2.3. La Estructura Celular: Un Recorrido por la Complejidad de la Célula .....	53
2.3.1. La estructura de la célula vegetal .....	58
2.3.2. Estructura de las células procariotas .....	61
2.3.3. El citosol o citoplasma de las células procariotas .....	62

2.4.	El citoesqueleto: Estructura y función en células procariontas y eucariontas .....	63
2.4.1.	Filamentos de actina .....	66
2.4.2.	Los microtúbulos .....	67
2.4.3.	Los filamentos intermedios .....	67
2.5.	Taller 2: La célula: estructura y función .....	68
2.5.1.	Cuestionario Capítulo II .....	71

### **CAPÍTULO III.**

<b>TIPOS DE CÉLULAS, FUNCIÓN Y DIVISIÓN CELULAR .....</b>	<b>72</b>	
3.1.	Diferentes tipos de células vegetales .....	73
3.2.	Composición estructural de la célula .....	74
3.2.1.	Función de la célula: .....	75
3.3.	El Ciclo Celular: Regulación y Fases del Proceso de Crecimiento y División Celular” .....	77
3.3.1.	Interfase .....	77
3.4.	División Celular Mitosis .....	79
3.4.1.	¿Qué ocurre en la célula al dividirse? .....	80
3.4.2.	¿Qué ocurre a nivel del centrosoma? .....	81
3.4.3.	Ejemplo de mitosis en plantas .....	83
3.5.	¿Qué ocurre a nivel de las bacterias como PGPR y rizobacterias en el proceso de división celular? .....	84
3.6.	División Celular Meiosis .....	85
3.6.1.	Meiosis II .....	87
3.6.2.	Ejemplo de meiosis en plantas .....	90
3.7.	Células haploides y diploides .....	91
3.8.	Taller 3 Tipos de células, función y división celular .....	92
3.8.1.	Cuestionario capítulo III .....	93

### **CAPÍTULO IV.**

<b>BASES DE LA REPRODUCCIÓN Y LA HERENCIA .....</b>	<b>94</b>	
4.1.	Bases de la reproducción y la herencia .....	95
4.2.	Tejidos embrionarios en los vegetales .....	100
4.2.1.	Clasificación de los tejidos vegetales .....	101

4.2.2.	Meritemos primarios y secundarios .....	104
4.3.	La reproducción sexual en las plantas .....	106
4.3.1.	Proceso de germinación .....	107
4.3.2.	Fases del proceso de germinación .....	108
4.4.	Los cuatro bloques de construcción de la vida: lípidos, carbohidratos, proteínas y ácidos nucleicos .....	109
4.4.1.	Lípidos .....	111
4.4.2.	Carbohidratos .....	111
4.4.3.	Proteínas .....	112
4.4.4.	Ácidos nucleicos .....	113
4.4.5.	Nucleótidos: Elementos básicos de los ácidos nucleicos .	114
4.5.	Mecanismos fundamentales de obtención y uso de la energía en células: Respiración celular y Fotosíntesis .....	116
4.5.1.	Metabolismo celular: catabolismo, anabolismo y tipos de metabolismo en los seres vivos .....	117
4.5.2.	¿Por qué necesitamos energía? .....	117
4.5.3.	Nutrición autótrofa y heterótrofa: dos formas de obtener energía en los seres vivos .....	118
4.5.4.	Clasificación de los organismos autótrofos: una mirada a la diversidad de la nutrición en la naturaleza .....	120
4.5.5.	Organismos Heterótrofos: Tipos y Clasificación .....	120
4.6.	Respiración celular y fotosíntesis: procesos bioquímicos fundamentales .....	122
4.6.1.	Respiración aerobia: proceso metabólico esencial para la producción de energía en los organismos vivos .....	124
4.6.2.	Etapas de la respiración anaerobia: una alternativa a la respiración celular aerobia .....	126
4.7.	La fotosíntesis: proceso vital para la vida en la Tierra .....	128
4.8.	Naturaleza molecular de los genes .....	129
4.8.1.	El Dogma Central de la Biología Molecular: Replicación, Transcripción y Traducción de la Información Genética” ...	131
4.9.	Mecanismos Genéticos de la Expresión de los Genes .....	136
	GLOSARIO DE TÉRMINOS .....	140

BIBLIOGRAFÍA .....	144
SOLUCIONARIO DE PREGUNTAS .....	153
5.1. Cuestionario capítulo 1 .....	153
5.2. Cuestionario capítulo 2 .....	155
5.3. Cuestionario capítulo 3 .....	156
5.4. Cuestionario capítulo 4 .....	158
Reseña de autores .....	161

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Estructura y forma de la célula eucariota animal .....	20
<b>Figura 2.</b> Anatomía microscópica de la pared celular .....	22
<b>Figura 3.</b> Características básicas de los organismos vivos .....	27
<b>Figura 4.</b> Niveles de organización biológica (Fernandes Ana, 2020) .	30
<b>Figura 5.</b> Microscopio de Leeuwenhoek, de una sola lente (datado de entre 1901 y 1930 en Leyden, Holanda), autor desconocido tomado de (Wikimedia commons, 2022) ....	41
<b>Figura 6.</b> Escala logarítmica de los tamaños de células procariotas, eucariotas, vegetales y animales, junto con otras moléculas y organismos .....	50
<b>Figura 7.</b> a) Célula eucariota. b) Célula procariota .....	51
<b>Figura 8.</b> Estructura de las biomoléculas: Carbohidratos, lípidos, proteínas y ácidos nucleicos (Unidad 5 – Tele Estudio – PROLIPA, n.d.) .....	53
<b>Figura 9.</b> Esquema que representa la organización de la membrana plasmática según el modelo de mosaico fluido de Singer y Nicolson (1972) .....	55
<b>Figura 10.</b> Diferencias entre célula eucariota animal y vegetal (Fernandes. Ana, 2020) .....	61
<b>Figura 11.</b> Estructura de la Célula procariota .....	62
<b>Figura 12.</b> Esquema de la distribución celular de los tres principales componentes del citoesqueleto en células animales .....	65

<b>Figura 13.</b>	Filamentos de actina (en verde) en células cultivadas, los cuales se concentran en la zona periférica de la célula .	66
<b>Figura 14.</b>	Ciclo celular Interfase. Adaptado de Flip Your Learning (2016) .....	79
<b>Figura 15.</b>	División de la célula, proceso a nivel de membrana plasmática, membrana nuclear y centrosomas. Adaptado de Flip Your Learning (2016) .....	81
<b>Figura 16.</b>	Proceso que ocurre a nivel del centrosoma en el proceso de división celular. Adaptado de Flip Your Learning (2016) .....	82
<b>Figura 17.</b>	Proceso de división celular meiosis I y Meiosis II (Fernandes. Ana, 2020) .....	89
<b>Figura 18.</b>	La embriogénesis de las plantas normalmente ocurre en los tejidos reproductivos de la flor .....	98
<b>Figura 19.</b>	Fecundación en Arabidopsis .....	100
<b>Figura 20.</b>	Clasificación de tejidos vegetales (Megías et al., 2020) .	101
<b>Figura 21.</b>	Clasificación de los tejidos de las plantas .....	102
<b>Figura 22.</b>	Biomoléculas esenciales para la vida: carbohidratos, lípidos, proteínas y ácidos nucleicos Nota. Tomado de (Parada, 2022) .....	110
<b>Figura 23.</b>	Estructura del nucleótido .....	116
<b>Figura 24.</b>	Formas y lugar de nutrición: autótrofa, heterótrofa ....	119
<b>Figura 25.</b>	Comparación de los procesos de Respiración Aerobia y Anaerobia .....	127
<b>Figura 26.</b>	Revelando los Secretos del ADN: Una Representación Gráfica de la Replicación del Material Genético en Células. Fuente (Docz, 2023) .....	133
<b>Figura 27.</b>	Descifrando el Código Genético: Una Imagen Paso a Paso de la Transcripción del ADN en la Síntesis de ARN. Fuente (Docz, 2023) .....	134
<b>Figura 28.</b>	Traducción del ADN: Una Representación Gráfica del Proceso de Síntesis de Proteínas a partir del ARN Mensajero. Fuente (Docz, 2023) .....	135

## INTRODUCCIÓN

El libro “Morfología Celular” es una obra exhaustiva que ofrece una introducción detallada a los conceptos esenciales de la Morfología Celular. Está diseñado tanto para estudiantes como para profesionales. La obra aborda de manera minuciosa los fundamentos de la Morfología Celular, proporcionando una base sólida de conocimientos en este campo. Cada uno de los temas se presenta de manera clara y concisa, con una explicación detallada de los conceptos claves. Además, se incluyen numerosas ilustraciones y diagramas que ayudan a visualizar la estructura y función celular, y que facilitan la comprensión de los temas presentados.

La biología es una ciencia fascinante y dinámica que nos permite comprender los procesos biológicos y la diversidad de los seres vivos. La biología es una disciplina que nos enseña a entender cómo funcionan los seres vivos, desde su estructura celular hasta los procesos que les permiten sobrevivir y adaptarse a su entorno. En este libro de Morfología Celular, exploraremos temas fundamentales en la biología, con el objetivo de proporcionar una comprensión profunda de la célula y su función en los seres vivos. Este libro está diseñado para estudiantes de biología y para cualquier persona interesada en aprender acerca de la estructura y función de las células.

En la unidad 1, “Bases de la Biología”, nos adentraremos en la biología como ciencia y en los diferentes niveles de organización biológica. Analizaremos los conceptos fundamentales de la biología general, incluyendo la teoría celular, que establece que la célula es la unidad básica de la vida.

En la unidad 2, “La célula estructura y función”, nos adentraremos en la célula y su estructura, desde la membrana celular hasta los diferentes tipos de orgánulos que componen una célula eucariota y procariota. Analizaremos la función de cada orgánulo y cómo éstos trabajan en conjunto para mantener la vida de la célula.

En la unidad 3, “El ciclo celular y división celular”, exploraremos el proceso de división celular, incluyendo la mitosis y meiosis, y cómo éstos juegan un papel crucial en la reproducción y crecimiento de los seres vivos.

Finalmente, en la unidad 4, “Bases de la reproducción y la herencia”, analizaremos los mecanismos de reproducción y herencia en los seres vivos, incluyendo el crecimiento primario y secundario, la composición química de la materia viva, la respiración celular y la fotosíntesis, así como la naturaleza molecular de los genes y los mecanismos de control de la expresión genética.

La comprensión profunda de la morfología celular que se presenta en este libro no solo es esencial para los estudiantes y profesionales de la biología, sino que también puede beneficiar a cualquier lector interesado en entender su propio cuerpo y el funcionamiento de los seres vivos a nivel celular. Conocer la estructura y función de la célula nos permite admirar la complejidad de la vida y apreciar la preciada maquinaria que existe dentro de cada una de nuestras células. Además, el estudio detallado de la morfología celular puede ser la chispa que inspire a futuros científicos a seguir una carrera investigando los intrincados procesos que sustentan la vida. Este libro constituye una invitación abierta no solo a comprender la biología celular, sino también a maravillarse con la diversidad de la vida y sus sorprendentes mecanismos en el nivel microscópico.

## **CAPÍTULO I.**

### **BASES DE LA BIOLOGÍA**

*Identificar los procesos biológicos aplicando conceptos y principios fundamentales en los diferentes sistemas biológicos y su medio*

*“¿Qué tienen en común una bacteria, una planta y un ser humano? La respuesta se encuentra en la célula, la unidad fundamental de la vida que nos conecta a todos los organismos del planeta.”*

## Introducción

Este capítulo introductorio presenta una breve historia de la biología como ciencia, desde sus inicios en la antigua Grecia hasta los descubrimientos clave de los siglos XIX y XX que sentaron las bases de la biología moderna. Se cubren conceptos fundamentales como la teoría celular, el ADN y la evolución. Se realiza un recorrido por los principales hitos y figuras en el desarrollo de la biología como ciencia, desde Aristóteles hasta la actualidad. Se cubren los aportes clave de científicos como Hooke, Pasteur, Mendel, Darwin, entre otros. Se incluye además una explicación de términos fundamentales en biología como la célula, el ADN, los procesos de transcripción y traducción, homeostasis, selección natural, biodiversidad. Permite al lector familiarizar con la terminología básica de esta ciencia. Se realiza una discusión de temas éticos relevantes al estudio de la morfología celular, como el uso de células madre, la clonación, la experimentación con embriones. Se exploran los debates actuales sobre los límites éticos de las investigaciones en este campo.

### 1.1 Bases de la biología

La biología es la ciencia que estudia los seres vivos y sus procesos vitales, desde su origen y evolución hasta su relación con el medio ambiente. Esta disciplina se encarga de analizar los diferentes niveles de organización biológica, desde la célula hasta los ecosistemas, con el objetivo de comprender los procesos que permiten la vida en la Tierra.

Según Campbell et al. (2018), la biología se puede dividir en diferentes campos de estudio, como la biología molecular, la biología celular, la ecología, la genética, entre otros. Cada uno de estos campos se enfoca en aspectos específicos de la biología, como el estudio de la estructura y función de las células, la herencia y variación genética, la interacción entre los seres vivos y su ambiente, entre otros.

Además, la biología se relaciona con otras disciplinas, como la química, la física, la matemática y la informática, con el objetivo de analizar los procesos biológicos desde una perspectiva multidisciplinaria (National Research Council, 2009).

En este primer tema se abordarán las bases de la biología, incluyendo el encuadre de la unidad de aprendizaje, la definición de la biología, los organismos y su orden, los niveles de organización biológica, la introducción a la biología general y la teoría celular. Todo esto con el objetivo de sentar las bases para el estudio posterior de la célula, su estructura y función, la división celular, la reproducción y la herencia.

### **1.1.1 Historia de la Biología**

Los primeros vestigios de la biología se remontan a la antigua Grecia, donde filósofos como Aristóteles y Hipócrates realizaron importantes observaciones sobre la anatomía y fisiología de los seres vivos. Según Aristóteles, “La biología trata de la vida en todas sus formas” (Aristóteles, 384 a.C. - 322 a.C.). También señaló la importancia de la observación detallada y sistemática, afirmando que “La observación es la clave de todo conocimiento biológico” (Aristóteles, 384 a.C. - 322 a.C.).

Durante la Edad Media, la biología se vio influenciada por la religión y la filosofía. La teoría de la generación espontánea, que sostenía que los seres vivos podían surgir de la materia inerte, fue una creencia muy extendida. Sin embargo, algunos científicos como Francesco Redi desafiaron esta teoría con experimentos que demostraron la presencia de larvas en la carne podrida solo cuando las moscas depositaban sus huevos en ella. Redi afirmó que “la vida solo puede surgir de la vida” (Redi, 1668).

En el siglo XIX, la biología experimentó un gran avance con el descubrimiento de la célula y la teoría de la evolución de Charles Darwin. La célula fue descubierta por el botánico Robert Hooke, quien la observó por

primera vez en un microscopio. Por su parte, Darwin propuso la teoría de la evolución por selección natural, según la cual los seres vivos evolucionan a lo largo del tiempo en respuesta a las presiones del entorno. Como dijo Darwin: “No es la especie más fuerte la que sobrevive, ni la más inteligente, sino la que mejor se adapta al cambio” (Darwin, 1859). En el siglo XX, la biología se ha expandido en numerosas áreas como la genética, la biotecnología, la ecología y la conservación. Los avances tecnológicos, como la secuenciación del ADN, han permitido una mayor comprensión de la vida a nivel molecular y han posibilitado el desarrollo de terapias génicas y la manipulación genética. Como afirmó James Watson, uno de los descubridores de la estructura del ADN: “La biología molecular nos ha permitido entender la vida en términos de moléculas, lo que ha sido un gran logro” (James & Watson, 2003).

La biología es una disciplina en constante evolución que ha permitido un mayor conocimiento sobre la vida y su diversidad. Desde los primeros filósofos griegos hasta los avances tecnológicos modernos, la biología ha desempeñado un papel fundamental en nuestra comprensión del mundo natural.

### **1.1.1.1 Tres etapas de la historia de la biología**

De acuerdo a Montoya (2017) la historia de la biología se puede dividir en tres períodos principales:

El primero es la época antigua que abarca desde la prehistoria hasta la Edad Media, en la que el hombre comenzó a observar los fenómenos de la naturaleza, aunque se explicaban a través de la religión y la mitología. Los filósofos griegos naturalistas, como Tales de Mileto, Anaximandro, Pitágoras, Jenófanes de Colofón y Parménides de Elea, fueron los primeros en escribir sobre biología. En esta época, Hipócrates es recordado por sus documentos sobre biología y su Juramento, mientras que Aristóteles es conocido como el padre de la zoología y Galeano como el padre de la anatomía.

El segundo período es la época moderna, que comenzó con el Renacimiento y terminó poco antes del siglo XX. En esta época, se produjeron grandes avances en la biología, y se inventaron algunas herramientas y aparatos que permitieron investigaciones más precisas. El avance más importante de esta época fue la invención del microscopio, con el cual se pudieron observar estructuras biológicas que no eran visibles a simple vista.

En la biología moderna existen varios temas unificadores que la definen. Estos incluyen la Teoría Celular, la Teoría de la Evolución por Selección Natural de Darwin y Wallace, las Leyes de Mendel, la Teoría Cromosómica de la Herencia, y el Dogma Central de Crick sobre el flujo de la información. En este período, también se estableció un método de trabajo experimental y se intentó relacionar las estructuras celulares con su función. Surgieron nuevos campos de la biología, como la Microbiología y la Genética.

Dentro de la biología moderna, hubo varios investigadores destacados que establecieron la importancia de la célula como la unidad anatómica fundamental de todos los organismos vivos. Robert Hooke fue el primer científico en utilizar la palabra “célula”, mientras que Robert Brown estableció en 1831 que todos los tipos de célula tienen núcleo. En 1838, Matthias Schleiden y Theodor Schwann establecieron que la célula era la unidad anatómica y estructural fundamental de todos los seres vivos, lo que se convirtió en dos de los postulados de la Teoría Celular. Rudolf Virchow propuso el tercer postulado de la Teoría Celular al afirmar en 1858 que la célula es la unidad de origen. Además, otros investigadores importantes de esta época incluyen a Charles Darwin, Louis Pasteur, Gregor Johann Mendel y Carlos Linneo, quienes contribuyeron a la teoría de la evolución, la microbiología, las leyes de Mendel y la clasificación de los organismos, respectivamente.

En la actualidad, la biología se centra en el nivel molecular y celular, y se basa en la estructura celular como su base fundamental. Esta fase de

la biología, conocida como biología molecular, se originó en 1920 y se ha visto impulsada por los avances tecnológicos y la invención del microscopio electrónico. Uno de los mayores logros de la biología en este período ha sido en el campo de la genética, impulsado en gran parte por el redescubrimiento del trabajo de Mendel a principios del siglo XX y los avances de la síntesis evolutiva moderna en los años 30. La genética se fusionó con la clasificación natural y la genética de poblaciones, y la síntesis evolutiva moderna se estableció. La investigación genética continuó avanzando y en 1953, James Watson y Francis Crick descubrieron la estructura del ADN, lo que llevó a la creación de nuevos campos de estudio como la Genómica y la Proteómica a finales del siglo XX. Los biólogos orgánicos utilizaron técnicas moleculares para estudiar la interacción entre genes y el entorno, lo que llevó a nuevos descubrimientos en la biología molecular.

## **1.1.2 Conceptos básicos de Biología**

### **1.1.2.1 Morfología celular**

La morfología celular es un campo de estudio que se enfoca en la estructura y forma de las células, sus componentes y su organización. Según Lodish et al. (2021), “la célula es la unidad básica de la vida, y su morfología es una parte integral de su función”. Esta rama de la biología celular se ha desarrollado gracias al avance de la microscopía y las técnicas de imagen que permiten estudiar con detalle la estructura de las células y sus componentes Figura 1.

En el libro “Molecular Biology of the Cell” (Alberts et al., 2014), se destaca que la morfología celular es importante para comprender el funcionamiento de los procesos biológicos y las interacciones celulares. Además, el estudio de la morfología celular es relevante en la identificación y clasificación de diferentes tipos celulares y en la comprensión de las diferencias morfológicas entre organismos unicelulares y multicelulares.

La morfología celular es una disciplina fundamental en la biología celular y su estudio proporciona información valiosa para comprender los procesos biológicos a nivel celular.

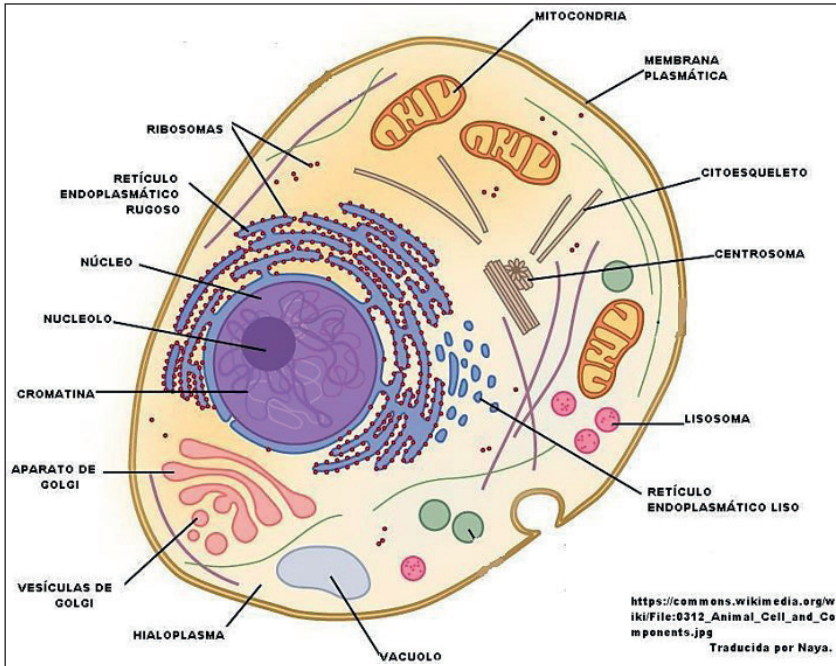


Figura 1. Estructura y forma de la célula eucariota animal

### 1.1.2.2 Biología, estructura y anatomía

**La biología.**- es la ciencia que estudia a los seres vivos, sus estructuras, procesos y relaciones. La estructura de un organismo está compuesta por diferentes niveles de organización, desde células hasta sistemas de órganos complejos.

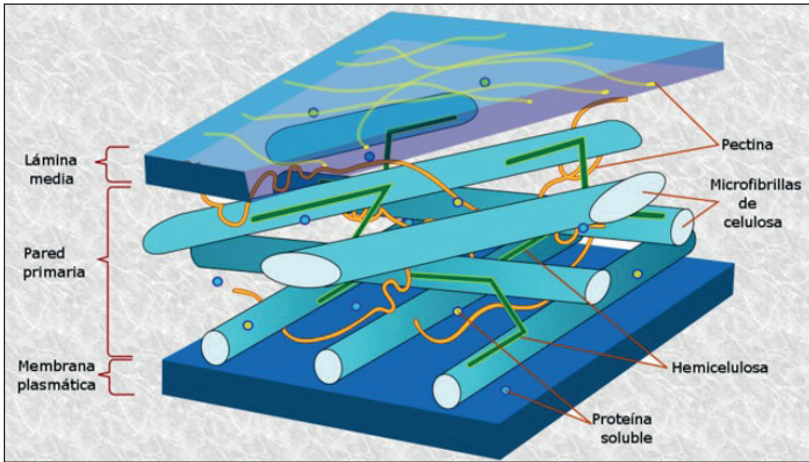
**La anatomía.**- se refiere a la estructura de los seres vivos, mientras que la fisiología se centra en los procesos y funciones del cuerpo. Según Starr et al. (2018), la anatomía se divide en tres niveles de organización: ma-

croscópico, microscópico y molecular. El nivel macroscópico se refiere a la estructura de los organismos a simple vista, mientras que el nivel microscópico se enfoca en las células y tejidos. Finalmente, el nivel molecular se centra en la estructura y función de las moléculas que componen las células.

La anatomía se divide en varias ramas, las cuales son:

1. Anatomía macroscópica o regional: se encarga del estudio de las estructuras corporales grandes y visibles a simple vista, como los órganos y sistemas.
2. Anatomía microscópica o histología: estudia los tejidos y células del cuerpo humano, sus formas y funciones Figura 2.
3. Anatomía de superficie: es el estudio de la forma externa del cuerpo humano.
4. Anatomía comparada: se centra en comparar las estructuras corporales de diferentes especies para encontrar similitudes y diferencias.
5. Anatomía del desarrollo: se enfoca en el estudio del crecimiento y desarrollo de los órganos y sistemas del cuerpo.

Cada una de estas subdivisiones de la anatomía tiene sus propias técnicas de estudio y métodos de análisis. Juntas, proporcionan una comprensión completa y detallada de la estructura y función del cuerpo humano y de otros organismos vivos.



**Figura 2.** Anatomía microscópica de la pared celular

**La fisiología.-** es un campo de estudio de la biología que se enfoca en los procesos biológicos y cómo los organismos llevan a cabo sus funciones vitales. Según Starr et al. (2020) “la fisiología se centra en cómo funcionan los organismos vivos y cómo interactúan con su entorno para sobrevivir”. La fisiología también se divide en diferentes áreas de estudio, como la fisiología celular, que se enfoca en los procesos internos de las células; la fisiología de los órganos, que estudia la función de los órganos individuales; y la fisiología de los sistemas, que se centra en la integración de múltiples órganos para realizar funciones más complejas en el cuerpo (Starr et al., 2020). La biología estudia la estructura y función de los seres vivos, y la anatomía y la fisiología son ramas clave de esta ciencia que se enfocan en la estructura y los procesos biológicos de los organismos.

## 1.2 Implicaciones éticas en la morfología celular

La morfología celular es el estudio de la forma, la estructura y la función de las células. El estudio de la morfología celular es fundamental para la

comprensión de la biología celular y la biología molecular. Sin embargo, también plantea importantes cuestiones éticas.

Una de las implicaciones éticas más evidentes en la morfología celular es el uso de células madre. Las células madre son células que tienen la capacidad de convertirse en cualquier tipo de célula en el cuerpo. Esto las convierte en una herramienta valiosa para la investigación médica y la terapia regenerativa. Sin embargo, el uso de células madre plantea importantes cuestiones éticas, ya que a menudo se obtienen embriones humanos.

Otro problema ético relacionado con la morfología celular es el uso de células animales en la investigación. Muchas veces, los investigadores utilizan células animales para estudiar la biología celular y molecular. Sin embargo, el uso de células animales plantea cuestiones éticas, ya que a menudo se obtuvieron animales que han sido sacrificados para la investigación.

Además, la manipulación genética y la clonación también son áreas de la morfología celular que plantean importantes cuestiones éticas. La manipulación genética puede ser utilizada para modificar la estructura y función de las células, lo que puede tener efectos impredecibles en el organismo. La clonación también plantea importantes cuestiones éticas, ya que puede ser utilizada para crear seres humanos a medida.

La morfología celular plantea importantes cuestiones éticas que deben ser abordadas cuidadosamente. La investigación en este campo puede ser valiosa para la comprensión de la biología celular y la biología molecular, pero debe ser realizada de manera responsable y ética. Es importante que los investigadores y la sociedad en general consideren cuidadosamente las sugerencias éticas de la investigación en la morfología celular.

### **1.3 Implicaciones éticas de la morfología celular enfocada al campo vegetal**

La ética juega un papel importante en la morfología celular y en cualquier campo de la biología, ya que se trata de una ciencia que trabaja con seres vivos y, por lo tanto, implica una responsabilidad hacia la vida y el medio ambiente. En el caso específico de la morfología celular vegetal, la ética es esencial para garantizar un uso responsable de las técnicas y herramientas de investigación.

La morfología celular vegetal es el estudio de la estructura y función de las células de las plantas, lo que incluye aspectos como la observación y descripción de las características celulares y la identificación de las diferencias entre distintos tipos de células vegetales. La ética es importante en este campo ya que la investigación puede involucrar el uso de técnicas invasivas o destructivas, como el corte de tejidos o el uso de colorantes y tintes, que pueden dañar o incluso matar a las plantas.

Por lo tanto, es importante que los investigadores en morfología celular vegetal tomen medidas para minimizar el impacto de su investigación en los organismos vivos utilizados en el estudio. Esto incluye el uso de técnicas no invasivas siempre que sea posible, así como el cuidado y la atención adecuados hacia las plantas y el entorno en el que se realizan los estudios. También es importante que los investigadores consideren la relevancia y la necesidad de su trabajo, y que trabajen para equilibrar los beneficios potenciales de la investigación con las consideraciones éticas.

La ética es fundamental en la morfología celular vegetal, ya que garantiza un uso responsable de las técnicas y herramientas de investigación, así como el respeto y cuidado hacia los seres vivos utilizados en los estudios. La aplicación de principios éticos en la investigación de la morfología celular vegetal contribuye a la preservación y protección de la vida vegetal y el medio ambiente en general.

El estudio de la morfología celular en las células vegetales plantea varias cuestiones éticas que pueden surgir en relación con la investigación y el uso de estas células. Algunas de estas cuestiones incluyen:

**Manipulación genética.**- La modificación genética de las células vegetales puede plantear dilemas éticos. Por ejemplo, la alteración genética de las plantas puede tener implicaciones en la seguridad alimentaria, la biodiversidad y el equilibrio ecológico. Los científicos deben considerar cuidadosamente las consecuencias y los posibles riesgos antes de realizar modificaciones genéticas en células vegetales.

**Uso de organismos modificados genéticamente (OMGs):** Los OMGs, que a menudo se generan utilizando células vegetales, pueden generar preocupaciones éticas en términos de su liberación en el medio ambiente, el impacto en los ecosistemas naturales y la posible afectación de especies nativas o salvajes. Además, también se plantean interrogantes sobre la seguridad alimentaria y la transparencia en la comercialización de alimentos derivados de células vegetales modificadas genéticamente.

**Propiedad intelectual y patentes:** La investigación y el desarrollo de nuevas tecnologías basadas en células vegetales pueden dar lugar a conflictos éticos relacionados con la propiedad intelectual y las patentes. Existen debates sobre la privatización de los recursos genéticos de las plantas y la apropiación de conocimientos tradicionales asociados a ellas, especialmente en comunidades indígenas que han utilizado y conservado variedades vegetales durante generaciones.

**Experimentación en plantas:** Al igual que ocurre con los animales, la experimentación en células vegetales también puede generar inquietudes éticas. Los investigadores deben asegurarse de que se sigan rigurosos estándares éticos al llevar a cabo experimentos en plantas, minimizando el sufrimiento y garantizando que se obtengan resultados científicamente relevantes y valiosos.

**Conservación de la biodiversidad:** El estudio de la morfología celular en las plantas también está vinculado a la conservación de la biodiversidad. Las acciones que se tomen con respecto a las células vegetales pueden tener impactos directos o indirectos en la conservación de las especies vegetales y sus ecosistemas. La ética de la conservación y el uso sostenible de las células vegetales debe ser considerada para evitar daños irreparables a la naturaleza.

Estas cuestiones éticas son importantes para garantizar que la investigación y el uso de células vegetales se realicen de manera responsable, respetando los principios éticos fundamentales, el bienestar de los seres vivos y el equilibrio ecológico. Es necesario tener en cuenta la precaución y la consideración de los impactos a largo plazo en el entorno natural y en las comunidades humanas involucradas.

#### **1.4 Características básicas de los organismos vivos**

Los seres vivos tienen características únicas que los distinguen de los objetos inanimados Figura 3. Estas características incluyen la capacidad de crecer, reproducirse, adaptarse al medio ambiente, responder a estímulos externos, realizar funciones metabólicas, y mantener una homeostasis interna. Además, los seres vivos están compuestos por células, la unidad básica de la vida, y contienen material genético que les permite heredar rasgos de sus progenitores (Campbell et al., 2017).



**Figura 3.** Características básicas de los organismos vivos

Como seres vivos, todos los organismos comparten características básicas que los definen y los diferencian de la materia inerte. Una de estas características es la organización, que se refiere a la estructura jerárquica de los organismos desde el nivel celular hasta el nivel de la comunidad. Como señalan Alberts et al. (2016), la organización es importante porque permite que los organismos realicen sus funciones vitales de manera eficiente, al tiempo que les proporciona la capacidad de responder a su ambiente cambiante. La organización de los organismos vivos también está estrechamente relacionada con su procesamiento de energía, ya que la mayoría de los procesos biológicos requieren energía para llevarse a cabo.

El procesamiento de energía es fundamental para la vida de los organismos, ya que permite que realicen todas sus funciones vitales, desde la síntesis de moléculas hasta el movimiento y la reproducción. La mayoría de los organismos obtienen la energía que necesitan a través de procesos metabólicos como la respiración celular y la fotosíntesis. Como señala

Lodish et al. (2016), estos procesos implican la conversión de moléculas orgánicas en energía utilizable por la célula, como el ATP. La eficiencia del procesamiento de energía es crucial para la supervivencia de los organismos, ya que los organismos con una tasa metabólica insuficiente no podrán llevar a cabo sus funciones vitales y morirán.

La respuesta al ambiente es otra característica fundamental de los organismos vivos. Los organismos tienen la capacidad de responder a cambios en su ambiente, ya sea a nivel celular o a nivel de la comunidad, a través de mecanismos de adaptación. Como señala Campbell et al. (2021), la capacidad de los organismos para responder a su ambiente es fundamental para su supervivencia, ya que les permite ajustarse a las condiciones cambiantes y explotar oportunidades para obtener recursos. La respuesta al ambiente también está estrechamente relacionada con la organización y el procesamiento de energía, ya que los organismos deben ser capaces de detectar y responder a estímulos ambientales para llevar a cabo sus funciones vitales.

El crecimiento y desarrollo son procesos fundamentales para los organismos vivos, los cuales se llevan a cabo mediante una compleja serie de procesos celulares y moleculares. Como afirman Campbell et al. (2017) el crecimiento implica un aumento en el tamaño de las células y el número de células, mientras que el desarrollo se refiere a la diferenciación celular y la adquisición de funciones específicas. La reproducción es un proceso vital para la supervivencia de las especies, y consiste en la producción de nuevos individuos. La reproducción puede llevarse a cabo de dos maneras: sexual y asexual. En la reproducción sexual, dos células reproductoras diferentes, una del macho y otra de la hembra, se fusionan para formar un nuevo individuo. En cambio, en la reproducción asexual, un solo individuo produce descendencia sin la necesidad de una célula reproductora del sexo opuesto. La reproducción sexual implica la fusión de gametos, mientras que la asexual implica la producción de descendencia genéticamente idéntica al progenitor.

La adaptación evolutiva es un proceso clave para la supervivencia de los organismos en su entorno cambiante. Como señala Darwin (1859) en su obra clásica “El origen de las especies”, los organismos que poseen características que les confieren una ventaja selectiva en su entorno tendrán mayores probabilidades de sobrevivir y transmitir sus genes a las generaciones futuras. La adaptación puede ser tanto fisiológica como morfológica, como se explica en el libro Freeman et al. (2017), y puede ocurrir a través de procesos como la selección natural y la deriva genética.

## **1.5 Niveles de organización biológica**

La biología se encarga del estudio de los seres vivos y sus procesos vitales. Una de las formas en que se pueden estudiar los organismos es a través de sus diferentes niveles de organización biológica, que van desde el nivel molecular al nivel de ecosistemas completos. Cada nivel de organización presenta características y propiedades únicas que influyen en el funcionamiento de los organismos y su interacción con el ambiente. Comprender estos niveles de organización es fundamental para entender cómo funcionan los seres vivos y cómo se relacionan entre sí y con su entorno.

Los niveles de organización biológica son una jerarquía que se utiliza para describir la complejidad de los seres vivos, desde los componentes más pequeños hasta los organismos completos y sus interacciones con el medio ambiente Figura 4.



**Figura 4.** Niveles de organización biológica (Fernandes. Ana, 2020)

Según (Campbell & Reece, 2007) los niveles de organización biológica comienzan con los átomos y moléculas, que forman los componentes básicos de las células. Luego, las células se organizan en tejidos, que a su vez se combinan para formar órganos y sistemas de órganos. Los organismos completos, a su vez, interactúan con otros organismos en su entorno, formando poblaciones, comunidades y ecosistemas.

Además, es importante destacar que cada nivel de organización biológica se caracteriza por tener propiedades emergentes que no se pueden explicar completamente por los niveles inferiores. Por ejemplo, el comportamiento de un organismo completo no puede ser explicado únicamente por la biología molecular de sus células. Como señala Sadava (2014), la emergencia de estas propiedades se debe a la interacción y la coordinación de los componentes a niveles más bajos.

Los niveles de organización biológica proporcionan una estructura para entender la complejidad y la interconexión de los seres vivos y su am-

biente. Desde los componentes más pequeños hasta las interacciones a gran escala, cada nivel de organización es esencial para comprender la biología de los seres vivos y sus procesos.

### **Nivel molecular:**

El nivel molecular es el nivel más básico de organización biológica y se refiere a las moléculas que forman la célula, como los ácidos nucleicos, proteínas, lípidos y carbohidratos. Estas moléculas interactúan entre sí para llevar a cabo funciones importantes en la célula y mantener la vida. Según Alberts et al. (2016), las moléculas biológicas están organizadas en estructuras tridimensionales complejas que les permiten llevar a cabo sus funciones específicas.

### **Nivel celular:**

El nivel celular se refiere a la célula como la unidad básica de la vida. Las células son las unidades fundamentales de la estructura y función de los seres vivos, y son capaces de realizar todas las funciones necesarias para mantener la vida. Según Lodish et al. (2016), las células están compuestas por organelos, que son estructuras especializadas que llevan a cabo funciones específicas en la célula.

En el caso de la biología vegetal, las células vegetales tienen algunas características únicas, como la presencia de paredes celulares rígidas compuestas principalmente por celulosa. Además, las células vegetales tienen órganos especializados llamados cloroplastos, que contienen clorofila, un pigmento que capta la energía de la luz solar para convertirla en energía química que la célula puede usar. La comprensión de la estructura y función de las células vegetales es fundamental para el avance en la biología vegetal y la producción de cultivos más resistentes y eficientes.

“La célula es el nivel más básico de organización biológica, y las células vegetales tienen características únicas, como paredes celulares rígidas y cloroplastos especializados” (L. Taiz & Zeiger, 2010).

### **Nivel de tejidos:**

Los tejidos son grupos de células que trabajan juntas para llevar a cabo una función específica en el organismo. Según Junqueira y Carneiro (2005), los tejidos pueden ser clasificados en cuatro tipos principales: epitelial, conectivo, muscular y nervioso. Cada tipo de tejido tiene una estructura y función específica que lo hacen adecuado para su papel en el organismo.

El nivel de tejidos en plantas es similar al de los animales, en el sentido de que los tejidos están formados por células especializadas que trabajan juntas para llevar a cabo una función específica en la planta. Sin embargo, en las plantas, los tejidos se organizan de manera diferente y se dividen en tres sistemas principales: el sistema dérmico, el sistema vascular y el sistema fundamental.

El sistema dérmico está compuesto por el tejido epidérmico, que recupera la superficie de la planta y la protege de daños externos. El sistema vascular está compuesto por el xilema y el floema, que son responsables del transporte de agua, nutrientes y hormonas por toda la planta. Finalmente, el sistema fundamental está compuesto por el parénquima, el colénquima y el esclerénquima, que son responsables de la fotosíntesis, el almacenamiento de nutrientes y el soporte mecánico de la planta.

Dentro de cada uno de estos sistemas, se encuentran diferentes tipos de células que tienen funciones específicas. Por ejemplo, las células epidérmicas tienen paredes celulares delgadas y están provistas de pelos y glándulas que protegen a la planta de daños externos. El xilema está compuesto por células muertas llamadas traqueidas y vasos, que trans-

portan agua y nutrientes desde las raíces hasta las hojas. El floema, por otro lado, está compuesto por células vivas llamadas células cribosas y células acompañantes, que transportan nutrientes y hormonas por toda la planta.

En cuanto a la investigación en este campo, un estudio publicado en la revista *Plant Cell* en 2019 mostró cómo los científicos utilizaron técnicas de microscopía avanzada para observar la formación de los tejidos vasculares en las plantas (Zhao et al., 2019). Esto podría tener implicaciones importantes para el desarrollo de cultivos más resistentes y eficientes en el futuro.

El nivel de tejidos en las plantas es esencial para el funcionamiento y la supervivencia de estas. La comprensión de los diferentes tipos de tejidos y células que los componen es fundamental para la investigación en biología vegetal y para el desarrollo de cultivos más resistentes y eficientes en el futuro.

### **Nivel de órganos:**

Los órganos son estructuras formadas por dos o más tejidos diferentes que trabajan juntos para llevar a cabo una función específica en el cuerpo. Por ejemplo, el corazón es un órgano formado por tejido muscular y tejido nervioso que trabaja para bombear la sangre por todo el cuerpo. Según Tortora & Derrickson (2017), los órganos son la siguiente etapa de organización después de los tejidos en la jerarquía de la estructura biológica.

Los órganos vegetales son estructuras formadas por dos o más tipos de tejidos vegetales que trabajan juntos para llevar a cabo funciones específicas en las plantas. Al igual que en los organismos animales, los órganos vegetales son fundamentales para el funcionamiento y la supervivencia de las plantas. Algunos ejemplos de órganos vegetales incluyen:

**Hojas:** Las hojas son los órganos principales de la fotosíntesis en las plantas. Están compuestas principalmente por tejido parenquimático, que contiene cloroplastos para la captura de la luz solar y la producción de nutrientes. Además, las hojas también pueden contener tejido vascular para el transporte de agua y nutrientes.

**Tallos:** Los tallos son órganos que proporcionan soporte estructural a las plantas y permiten la transportación de agua y nutrientes entre las raíces y las hojas. Están compuestos por diferentes tejidos, como el tejido vascular (xilema y floema), el tejido dérmico (epidermis) y el tejido parenquimático.

**Raíces:** Las raíces son los órganos responsables de la absorción de agua y nutrientes del suelo, así como de la fijación de la planta al sustrato. Están compuestas por tejido vascular (xilema y floema), tejido dérmico (rizoderma) y tejido parenquimático.

**Flores:** Las flores son los órganos reproductivos de las plantas y tienen una estructura especializada para la reproducción sexual. Están formadas por varios tejidos, como el tejido floral (pétalos, sépalos, estambres y pistilo), que se encargan de la atracción de polinizadores y la producción de gametos.

Estos son solo algunos ejemplos de órganos vegetales que demuestran la diversidad y la especialización en las plantas. Cada órgano desempeña un papel único y esencial en el ciclo de vida y la función de las plantas. La organización de los órganos vegetales permite el desarrollo de estructuras complejas y la realización de funciones vitales para la planta.

### **Nivel de sistema:**

Los sistemas son grupos de órganos que trabajan juntos para llevar a cabo una función específica en el cuerpo. Por ejemplo, el sistema cardio-

vascular está formado por el corazón, las arterias, las venas y los capilares, y trabaja para transportar la sangre oxigenada y los nutrientes por todo el cuerpo. Según (Le Vay et al., 2019) los sistemas son la siguiente etapa de organización después de los órganos en la jerarquía de la estructura biológica.

El nivel de órganos y sistemas de órganos es un componente importante en la jerarquía de la estructura biológica. En este nivel, los órganos individuales se organizan y trabajan juntos para formar sistemas de órganos que realizan funciones más complejas en el cuerpo humano.

pueden identificar sistemas de órganos que trabajan en conjunto para llevar a cabo funciones específicas en las plantas. Estos sistemas de órganos vegetales permiten la coordinación de diversas actividades necesarias para el crecimiento, desarrollo y supervivencia de las plantas. Algunos ejemplos de sistemas de órganos vegetales son:

**Sistema radicular:** El sistema radicular de una planta está compuesto por las raíces y desempeña un papel fundamental en la absorción de agua y nutrientes del suelo, así como en la fijación de la planta al sustrato. El sistema radicular trabaja en conjunto con otros sistemas de órganos para el transporte de agua y nutrientes a través de la planta.

**Sistema vascular:** El sistema vascular de las plantas está compuesto por el xilema y el floema, que son tejidos especializados en el transporte de agua, nutrientes y sustancias orgánicas por toda la planta. Este sistema permite la distribución eficiente de los recursos necesarios para el crecimiento y desarrollo de la planta.

**Sistema de reproducción:** En las plantas, el sistema de reproducción está compuesto por las flores y los órganos reproductivos asociados. Este sistema se encarga de la producción de gametos y la realización de la reproducción sexual en las plantas.

**Sistema fotosintético:** El sistema fotosintético de las plantas incluye las hojas y otros órganos relacionados con la captura de la luz solar y la producción de nutrientes a través de la fotosíntesis. Este sistema es esencial para la generación de energía y la producción de materia orgánica en las plantas.

Estos son solo algunos ejemplos de sistemas de órganos vegetales que demuestran la organización y la interdependencia de los diferentes órganos en las plantas. Cada sistema de órganos vegetales cumple una función específica y contribuye al funcionamiento global de la planta. La organización en sistemas de órganos vegetales permite a las plantas llevar a cabo actividades complejas y adaptarse a su entorno.

## **Nivel órganos**

Los órganos son estructuras anatómicas que están formadas por tejidos y que tienen una función específica tanto en el cuerpo humano como en las plantas. Por ejemplo, en las plantas, las hojas son órganos especializados en la fotosíntesis y están formadas por tejido parenquimático y tejido vascular. Estos órganos trabajan en conjunto para capturar la luz solar y producir nutrientes para la planta.

Además, al igual que en los organismos animales, las plantas también poseen sistemas de órganos que realizan funciones específicas. Por ejemplo, el sistema radicular de las plantas está compuesto por las raíces y tiene la función de absorber agua y nutrientes del suelo. El sistema vascular, formado por el xilema y el floema, permite el transporte de agua, nutrientes y sustancias orgánicas a través de la planta. Estos sistemas de órganos vegetales trabajan en conjunto para mantener el crecimiento, el desarrollo y la supervivencia de las plantas.

La importancia de los sistemas de órganos en las plantas radica en su capacidad para realizar funciones complejas y específicas. Por ejemplo,

el sistema de raíces y el sistema vascular trabajan en conjunto para asegurar el suministro adecuado de agua y nutrientes a todas las partes de la planta. Otro ejemplo es el sistema de reproducción en las plantas, que incluye las flores y los órganos reproductivos asociados, y se encarga de la producción de semillas y la reproducción sexual.

Así como en el cuerpo humano, la comprensión de la estructura y función de los órganos y sistemas de órganos en las plantas es fundamental para el estudio de la biología vegetal y la agricultura. El conocimiento de cómo los órganos y sistemas de órganos vegetales trabajan en conjunto nos permite entender mejor cómo las plantas crecen, se desarrollan y se adaptan a su entorno.

### **Nivel organismo**

El nivel de organismo se refiere al ser vivo completo, que está compuesto por sistemas de órganos que trabajan juntos para mantener la vida. Según Starr et al. (2018), los organismos pueden ser unicelulares o multicelulares, y pueden ser clasificados en diferentes especies basadas en su estructura y función. Los organismos interactúan con su entorno para mantener la homeostasis y sobrevivir.

### **Nivel Poblaciones**

El nivel de organización biológica “poblaciones” se refiere a un grupo de organismos de la misma especie que viven en un área determinada. El estudio de las poblaciones vegetales es importante para entender cómo las plantas interactúan con su entorno y cómo las perturbaciones ambientales pueden afectar su distribución y diversidad. Los ecólogos pueden estudiar cómo las poblaciones vegetales interactúan con otros seres vivos en su entorno, mientras que los genetistas pueden investigar la adquisición genética dentro de una población y cómo se transmite a través de las generaciones (Silvertown, 2009).

## **Nivel comunidades**

El nivel de organización biológica “comunidades” se refiere a un grupo de poblaciones de diferentes especies que viven en un área determinada y están interconectadas por diferentes interacciones ecológicas. En el caso de las comunidades vegetales, estas pueden ser estudiadas en términos de su estructura, diversidad y función ecológica. Los investigadores pueden analizar la composición de especies y la distribución espacial de las plantas en una comunidad, así como también estudiar las interacciones entre plantas, como la competencia por recursos y la simbiosis. Comprender cómo las comunidades funcionan es fundamental para la conservación de los vegetales de la biodiversidad y la gestión sostenible de los ecosistemas (Whittaker, 1975).

## **Nivel ecosistemas**

El nivel de organización biológica “ecosistemas” se refiere a un conjunto de comunidades biológicas que interactúan entre sí y con su entorno abiótico. Los ecosistemas vegetales son aquellos en los que las plantas son la base de la cadena alimentaria y el hábitat sostenible para una gran variedad de organismos. Los ecólogos pueden estudiar cómo los ecosistemas vegetales son afectados por factores como el clima, la topografía y la actividad humana, y cómo estos factores pueden afectar la biodiversidad y la productividad del ecosistema. Comprender cómo funcionan los ecosistemas vegetales es fundamental para la conservación de la biodiversidad y la gestión sostenible de los recursos naturales (Chapin et al., 2011).

## **Nivel Biósfera**

La biosfera es el nivel de organización biológica más grande y abarca todos los seres vivos del planeta y su entorno físico. Incluye la interacción entre los seres vivos y los componentes no vivos de la Tierra, como

la atmósfera, la hidrosfera y la litosfera. Los procesos biológicos en la biosfera, como la fotosíntesis y la respiración, están vinculados a los procesos físicos y químicos que ocurren en los demás sistemas terrestres. La comprensión de la biosfera es esencial para comprender cómo los seres vivos interactúan con su entorno y cómo los cambios en el medio ambiente pueden afectar a los sistemas terrestres (Lovelock & Orbis, 1979).

## **1.6 Descifrando los Misterios de la Célula: Avances en Biología Celular y sus Implicaciones Éticas**

La Biología Celular es una disciplina científica que se enfoca en el estudio de la célula, la unidad básica de la vida. Esta área de la biología ha proporcionado una explicación clara y sencilla de muchos aspectos funcionales de la célula viva. Algunos de los aspectos más importantes que se han explicado son los siguientes:

- a) Estructura celular: La Biología Celular ha permitido identificar y describir la estructura de la célula, así como sus componentes básicos, como el núcleo, la membrana celular, los orgánulos y las moléculas.
- b) Funciones celulares: La Biología Celular ha permitido explicar cómo las células llevan a cabo sus funciones, como la síntesis de proteínas, la producción de energía, la división celular y la comunicación celular.
- c) Regulación celular: La Biología Celular ha permitido entender cómo las células regulan sus procesos internos para mantener el equilibrio y adaptarse a cambios en su entorno.
- d) Enfermedades: La Biología Celular ha permitido entender las causas moleculares de muchas enfermedades, como el cáncer, y ha proporcionado una base para el desarrollo de tratamientos más efectivos.
- e) Ingeniería celular: La Biología Celular ha permitido la creación de células y tejidos artificiales, lo que ha llevado a avances importantes en la medicina regenerativa y la ingeniería de tejidos.
- f) El conocimiento adquirido en la Biología Celular ha proporcionado importantes ventajas prácticas en el área de la salud humana, pero

también ha generado debates éticos y controversias en varios aspectos. Algunos de estos aspectos son los siguientes:

- g) **Terapias génicas:** La Biología Celular ha permitido el desarrollo de terapias génicas que pueden curar enfermedades genéticas. Sin embargo, esta tecnología también plantea preguntas éticas sobre la manipulación genética y los posibles efectos secundarios.
- h) **Clonación:** La Biología Celular ha permitido la clonación de células y organismos, lo que ha generado debates sobre la ética de la clonación y sus posibles aplicaciones.
- i) **Investigación con células madre:** La Biología Celular ha generado importantes avances en la investigación con células madre, lo que ha llevado a la creación de tratamientos para enfermedades como la diabetes y la enfermedad de Parkinson. Sin embargo, también ha generado controversias sobre el uso de células madre embrionarias y su obtención.
- j) **Edición genética:** La Biología Celular ha permitido la edición genética, lo que ha generado debates éticos sobre los posibles usos de esta tecnología y los límites éticos de la manipulación genética.
- k) **Bioética:** El conocimiento adquirido en la Biología Celular ha llevado a un aumento en la conciencia y discusión sobre los problemas éticos en la investigación biomédica y la práctica clínica.

El conocimiento adquirido en la Biología Celular ha proporcionado importantes ventajas prácticas en el área de la salud humana, pero también ha generado debates éticos y controversias en varios aspectos relacionados con la manipulación genética, la clonación, la investigación con células madre, la edición genética y la bioética. Es importante abordar estos temas con responsabilidad y reflexión para garantizar que la investigación y la práctica biomédica se realicen de manera ética y responsable.

## **1.7 Los Cimientos de la Vida: La Revolución de la Teoría Celular**

La teoría celular es una de las teorías fundamentales de la biología y establece que todos los seres vivos están compuestos por células y que

las células son la unidad básica de la vida. Según esta teoría, las células son capaces de reproducirse por sí mismas y todas las células derivan de otras células preexistentes.

La teoría celular fue propuesta por primera vez por los biólogos Matthias Jakob Schleiden y Theodor Schwann en 1839, y más tarde fue desarrollada por Rudolf Virchow en 1855. Esta teoría revolucionó el campo de la biología, ya que permitió entender la vida desde una perspectiva completamente nueva.

Aunque hoy en día nos resulte evidente que la célula es la unidad básica de la vida, su importancia y el descubrimiento de su existencia fueron igualmente significativos y difíciles de lograr, al igual que el descubrimiento de los átomos en la química. De hecho, el descubrimiento de la célula marcó un cambio de paradigma en la forma de entender la vida. La teoría celular se basó en los avances en la observación realizados por científicos como Robert Hooke y Antoni Van Leeuwenhoek. Hooke construyó numerosos microscopios, siendo los más avanzados los de dos lupas combinadas como ocular y objetivo, pero los de una sola lente, como los que construyó Van Leeuwenhoek, resultaban preferibles debido a su menor aberración cromática (Figura 5). Con estos instrumentos, estos científicos pudieron descubrir infusorios, bacterias y la existencia de capilares en la membrana interdigital de las ranas (Berón, 2006).



**Figura 5.** Microscopio de Leeuwenhoek, de una sola lente (datado de entre 1901 y 1930 en Leyden, Holanda), autor desconocido tomado de (Wikimedia commons, 2022)

La teoría celular enunciada por Matthias Schleiden (1804-1881) y Theodor Schwann (1810-1882). Propone los siguientes conceptos fundamentales: Todas las formas de vida están compuestas por células. Este es uno de los postulados fundamentales de la teoría celular. Todas las estructuras de los seres vivos, desde las más simples hasta las más complejas, están formadas por células.

Las células son la unidad básica de la vida. La célula es la unidad estructural y funcional de todos los organismos vivos. Las células son capaces de realizar todas las funciones vitales necesarias para el mantenimiento y la reproducción de los seres vivos.

Todas las células provienen de otras células preexistentes. Este es otro de los postulados fundamentales de la teoría celular. La célula es capaz de reproducirse y dar origen a nuevas células, lo que permite el crecimiento y la renovación de los organismos.

## **1.8 Métodos de estudio de la célula**

El estudio de la estructura celular se ha llevado a cabo principalmente mediante tres tipos de instrumentos: el microscopio óptico compuesto, el microscopio electrónico de transmisión y el microscopio electrónico de barrido. El primero, que utiliza los fotones de la luz visible, consiste en un tubo con dos lentes, el objetivo y el ocular, y permite observar células vivas o muertas de unas pocas micras de grosor. Sin embargo, para hacer visibles las estructuras celulares, se emplean colorantes vitales como el azul de metileno. Para obtener preparaciones permanentes, se requiere la fijación, inclusión, corte y coloración mediante técnicas de preparaciones microscópicas. Se utilizan líquidos llamados fijadores para preservar la morfología celular, organización interna y composición química en la fijación. La inclusión se utiliza para estructuras tiernas y las muestras se cortan con microtomos, se fijan en portaobjetos y se tiñen (Alvarez Martinez, 2016).

El poder de resolución en el microscopio óptico tiene un límite debido a la longitud de onda de la luz, mientras que el microscopio electrónico utiliza un haz de electrones con una longitud de onda mucho menor para aumentar el poder de resolución. En el microscopio electrónico de transmisión, los electrones pasan a través de la muestra y se proyectan para su observación en una pantalla fluorescente, mientras que en el de barrido, el haz de electrones es dirigido hacia la superficie de la muestra y se emiten electrones secundarios que se detectan en la pantalla. La preparación de las muestras para el microscopio electrónico es diferente a la del óptico, incluyendo deshidratación y contrastado con soluciones de sales de metales pesados. Otros métodos de investigación citológica incluyen fraccionamiento celular mediante ultracentrífuga, seguimiento radioactivo, métodos inmunocitológicos y cultivos celulares (Alvarez Martinez, 2016).

## **1.9 Taller 1: Bases de la Biología y la Morfología Celular**

Este taller tiene como objetivo brindar a los participantes una comprensión sólida de las bases fundamentales de la biología y la Morfología celular. Los participantes adquirirán conocimientos sobre la historia de la biología y las tres etapas principales, los conceptos básicos de la biología y su implicación ética, las características básicas de los organismos vivos y los niveles de organización biológica, la teoría celular y los métodos de estudio de la célula.

### **Metodología:**

El taller se llevará a cabo mediante la lectura de las bases de la biología y la historia de la biología, para luego comprender los conceptos básicos y las características de los organismos vivos. Se sugiere reflexionar sobre las implicaciones éticas en la morfología celular y hacer el taller 1 para afianzar el conocimiento.

## Actividades:

- Introducción a la biología: los participantes se familiarizarán con los conceptos básicos de la biología, su objeto de estudio y su importancia en la comprensión de los seres vivos.
- Historia de la biología: se presentarán las tres etapas principales de la historia de la biología: antigua, medieval y moderna, haciendo énfasis en los aportes de las figuras más destacadas en cada etapa.
- Características básicas de los organismos vivos: se analizarán las características comunes a todos los seres vivos, como la organización celular, el metabolismo y la capacidad de respuesta a estímulos.
- Niveles de organización biológica: se explicarán los distintos niveles de organización biológica, desde el nivel molecular hasta el ecosistema.
- Teoría celular: se presentará la teoría celular y sus postulados principales, y se analizará su importancia en la comprensión de la biología celular.
- Biología celular: se abordarán los conceptos fundamentales de la biología celular, como la estructura y función de la célula, los tipos de células y las diferencias entre ellas.
- Métodos de estudio de la célula: se presentarán los métodos más utilizados para el estudio de la célula, como la microscopía óptica y electrónica, y se analizarán sus ventajas y limitaciones.
- Implicaciones éticas en la biología celular: se discutirán las implicaciones éticas de la biología celular, como el uso de células madre y la clonación, y se reflexionará sobre cómo la investigación científica puede ser responsable y ética.

### 1.9.1 Cuestionario capítulo I

- ¿Cuáles son las tres etapas principales de la historia de la biología?
- ¿Qué características comunes tienen todos los seres vivos?
- ¿Cuáles son los distintos niveles de organización biológica?
- ¿Cuáles son los postulados principales de la teoría celular?
- ¿Qué conceptos fundamentales se abordan en la biología celular?
- ¿Cuáles son los métodos más utilizados para el estudio de la célula?
- ¿Cuáles son las implicaciones éticas de la biología celular?
- ¿Cómo puede la investigación científica ser responsable y ética en el campo de la biología celular?
- ¿Qué importancia tiene la biología celular en la comprensión de los seres vivos?
- ¿Qué papel juega la teoría celular en la biología moderna?

The background of the page features a microscopic view of cells, likely stained with pink and yellow dyes. The cells are irregular in shape and contain various internal structures, including what appear to be nuclei and cytoplasm. The overall aesthetic is scientific and artistic, with a focus on cellular morphology.

## **CAPÍTULO II.**

# **LA CÉLULA ESTRUCTURA Y FUNCIÓN**

*“La célula: un universo en miniatura con  
infinitos secretos por descubrir.”*

## Introducción

La célula es la unidad fundamental de la vida. Todos los organismos están constituidos por células. En este capítulo se explora la diversidad de las células y las funciones especializadas que desempeñan. Se analiza las biomoléculas que componen las células, incluyendo proteínas, lípidos, carbohidratos y ácidos nucleicos. Se profundiza en los distintos componentes estructurales de la célula, desde la membrana plasmática hasta el núcleo, se examina las diferencias entre células procariotas y eucariotas. Se cubren con detalle las orgánulos celulares y su papel en procesos esenciales como la respiración, la síntesis de proteínas y el transporte de sustancias. Se dedica atención especial al citoesqueleto, la red de filamentos y microtúbulos que otorga forma, movilidad y organización interna a la célula. Se analiza la estructura y función de los filamentos de actina, los microtúbulos y los filamentos intermedios. Al finalizar este capítulo, el lector contará con los conocimientos básicos de la composición y estructura celular, preparándose para comprender procesos celulares más complejos en los siguientes capítulos.

### 2.1 Células: Unidades fundamentales de la vida y su diversidad funcional

La célula es la unidad básica de la vida, es decir, la estructura más pequeña capaz de realizar todas las funciones necesarias para la vida, como el metabolismo, la reproducción y la adaptación al medio ambiente. Las células pueden ser unicelulares, como las bacterias y algunos protozoos, o formar parte de organismos multicelulares, como las células que componen los tejidos de los animales y las plantas. La célula está formada por una membrana plasmática, un citoplasma y un núcleo (en las células eucariotas), y en su interior se encuentran orgánulos que realizan funciones específicas necesarias para su supervivencia (Lodish et al., 2016).

### **2.1.1 Clasificación de las células**

La clasificación de las células también puede basarse en el número de células que conforman un organismo. En este caso, podemos hablar de células unicelulares y células pluricelulares. Las células unicelulares son aquellas que componen organismos formados por una sola célula, como algunas bacterias, protistas y levaduras. Estas células tienen la capacidad de realizar todas las funciones necesarias para su supervivencia, ya que están completas en sí mismas. Las células pluricelulares, por otro lado, son células que se agrupan en tejidos y órganos para formar organismos más complejos, como animales y plantas. Cada célula de un organismo pluricelular está especializada en una función específica, y todas trabajan juntas para llevar a cabo las funciones necesarias para la supervivencia del organismo completo (Campbell et al., 2017).

#### **2.1.1.1 Clasificación según su forma, tamaño y función**

Las células pueden ser clasificadas según su tamaño, forma y función. A continuación, se detalla cada una de estas clasificaciones (Alberts et al., 2014):

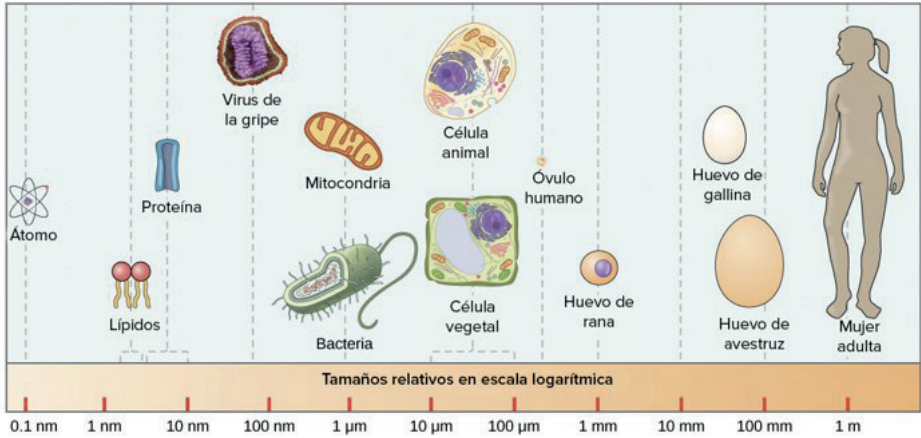
- 1) Según su tamaño: Las células se pueden clasificar en dos tipos según su tamaño: células microscópicas y células macroscópicas. Las células microscópicas son aquellas que sólo pueden ser vistas a través del microscopio, mientras que las células macroscópicas son lo suficientemente grandes para ser vistas a simple vista. Por ejemplo, los óvulos y los espermatozoides son células macroscópicas, mientras que las células sanguíneas y las células del tejido muscular son células microscópicas Figura 6.
- 2) Según su forma: Las células se pueden clasificar según su forma en células esféricas (como las células sanguíneas), células cúbicas (como las células del hígado), células prismáticas (como las células del epitelio intestinal) y células fusiformes (como las células musculares).

- 3) Según su función: Las células se pueden clasificar según su función en células de sostén (como las células del tejido conectivo), células de protección (como las células de la piel), células de secreción (como las células glandulares), células contráctiles (como las células musculares) y células nerviosas (como las células del sistema nervioso).

Es importante destacar que una célula puede pertenecer a más de una clasificación, ya que su forma y función están relacionadas entre sí. Por ejemplo, las células musculares tienen una forma fusiforme para permitir su contracción, mientras que las células del tejido conectivo tienen una forma alargada y de sostén para brindar soporte al cuerpo.

En el caso de las células vegetales, se pueden clasificar de la siguiente manera:

- a) Según su tamaño: Las células vegetales son generalmente células macroscópicas, lo suficientemente grandes para ser vistas a simple vista. Por ejemplo, las células del tejido de la hoja o del tallo son células macroscópicas.
- b) Según su forma: Las células vegetales tienen una forma variada, y pueden ser células esféricas (como las células del parénquima), células alargadas (como las células del xilema), células aplanadas (como las células de la epidermis) y células ramificadas (como las células del sistema radicular).
- c) Según su función: Las células vegetales se pueden clasificar según su función en células de sostén (como las células del colénquima y esclerénquima), células fotosintéticas (como las células del parénquima clorofílico), células de transporte (como las células del xilema y floema) y células de almacenamiento (como las células del parénquima de reserva).



**Figura 6.** Escala logarítmica de los tamaños de células procariotas, eucariotas, vegetales y animales, junto con otras moléculas y organismos.

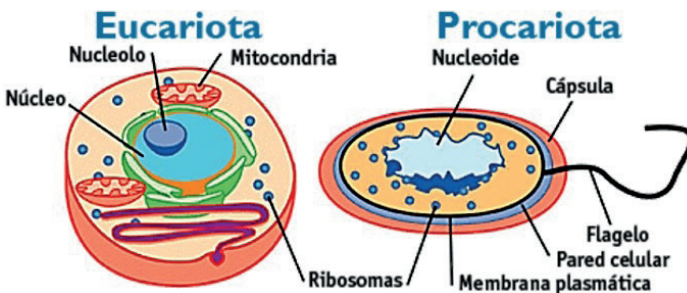
**Nota.** Cada incremento en la escala logarítmica es de 10 veces la unidad anterior, lo que implica diferencias significativas en el tamaño de los organismos y moléculas representados, fuente (Connie Rye et al., 2016)

### 2.1.1.2 Clasificación de las células según su tipo: células eucariotas y células procariotas.

Las células eucariotas son células complejas que se encuentran en animales, plantas, hongos y protistas. Tienen un núcleo bien definido que contiene el material genético de la célula, rodeado por una membrana nuclear. Además, tienen numerosos orgánulos como mitocondrias, aparato de Golgi, retículo endoplásmico, cloroplastos (en las células vegetales) y lisosomas, entre otros Figura 7a. Las células procariotas, por otro lado, son células más simples que se encuentran en bacterias y arqueas. No tienen núcleo definido, el material genético se encuentra disperso en el citoplasma, y carecen de orgánulos. En su lugar, tienen estructuras especializadas, como ribosomas, flagelos y pared celular, que les permiten llevar a cabo las funciones necesarias para su supervivencia Figura 7b (Alberts et al., 2016).

Las células eucariotas presentan una mayor diversidad estructural y funcional en comparación con las células procariotas. Además de los orgánulos mencionados anteriormente, también pueden contener otros componentes especializados. Por ejemplo, algunas células eucariotas tienen complejos de centriolos, que desempeñan un papel importante en la división celular y la formación del citoesqueleto. Además, en las células vegetales, se encuentran los plasmodesmos, estructuras que permiten la comunicación y transporte de sustancias entre células adyacentes. Por otro lado, las células procariotas son extremadamente pequeñas y suelen tener un tamaño de alrededor de 1-5 micrómetros. Aunque carecen de los orgánulos membranosos presentes en las células eucariotas, poseen ribosomas que son responsables de la síntesis de proteínas. Además, muchas células procariotas tienen una pared celular externa compuesta principalmente de peptidoglicano, que les proporciona rigidez y protección contra el entorno. Algunas bacterias también pueden tener estructuras adicionales como pili y fimbrias, que les permiten adherirse a superficies y participar en la transferencia de material genético entre células (Madigan et al., 2017).

Las células eucariotas son más complejas y están presentes en organismos multicelulares, mientras que las células procariotas son más simples y se encuentran en bacterias y arqueas. Ambos tipos de células tienen características distintivas en términos de estructura y función, lo que refleja su adaptación a diferentes ambientes y modos de vida.



**Figura 7.** a) Célula eucariota. b) Célula procariota

## 2.2 Biomoléculas: Los componentes esenciales de la vida

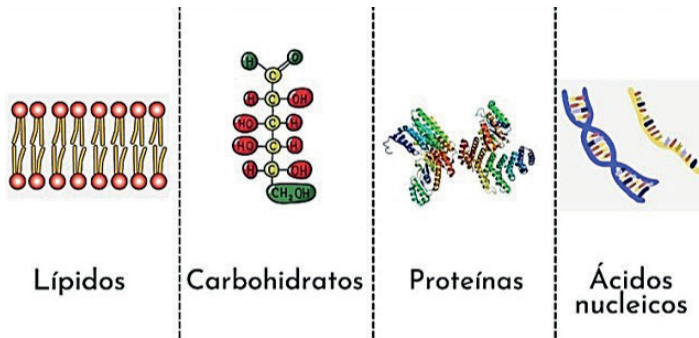
Las biomoléculas son compuestos químicos esenciales para la vida, que se encuentran en todos los seres vivos Figura 8. Estas moléculas incluyen los carbohidratos, lípidos, proteínas y ácidos nucleicos. Los carbohidratos son compuestos orgánicos formados por carbono, hidrógeno y oxígeno, y se encuentran en alimentos como frutas, verduras y granos. Según Lodish et al. (2016), los carbohidratos son importantes como fuente de energía para las células y también para la formación de estructuras celulares.

Los lípidos, por otro lado, son moléculas que contienen principalmente carbono e hidrógeno, y se encuentran en alimentos como aceites, mantequilla y carnes. Estas moléculas son importantes como componentes estructurales de las membranas celulares y como almacenamiento de energía. Según Alberts et al. (2002) Alberts et al. (2002), los lípidos también actúan como señalizadores celulares, y algunos tipos de lípidos están involucrados en la regulación del crecimiento y la diferenciación celular.

Las proteínas, por su parte, son moléculas compuestas por aminoácidos y se encuentran en alimentos como carnes, huevos y lácteos. Estas moléculas tienen múltiples funciones en la célula, como la regulación de procesos celulares y la catalización de reacciones químicas. De acuerdo con Stryer (1995), las proteínas también son importantes para la defensa del cuerpo contra enfermedades, como anticuerpos, y para la comunicación entre células, como hormonas.

Finalmente, los ácidos nucleicos son moléculas compuestas por nucleótidos, y se encuentran en el núcleo de las células. Estas moléculas son esenciales para el almacenamiento y la transmisión de la información genética. Según (Watson et al., 2014), los ácidos nucleicos son importantes para la síntesis de proteínas y para la regulación de la expresión génica.

Las biomoléculas son compuestos esenciales para la vida, que tienen múltiples funciones en la célula. Los carbohidratos, lípidos, proteínas y ácidos nucleicos son algunos ejemplos de biomoléculas importantes, y su estudio es fundamental para comprender los procesos biológicos en los seres vivos.



**Figura 8.** Estructura de las biomoléculas: Carbohidratos, lípidos, proteínas y ácidos nucleicos (Unidad 5 – Tele Estudio – PROLIPA, n.d.)

### 2.3 La Estructura Celular: Un Recorrido por la Complejidad de la Célula

De acuerdo a Alberts et al. (2016) La célula es la unidad básica de la vida y presenta una estructura compleja. A continuación, se describen las principales características de la célula eucariota animal.

**a) Membrana celular:** La membrana celular es una estructura que rodea y protege a la célula, manteniendo el ambiente interno separado del ambiente externo y regulando el intercambio de sustancias entre ambos. Los componentes principales de la membrana celular son los fosfolípidos, las proteínas y los glúcidos (Alberts et al., 2016).

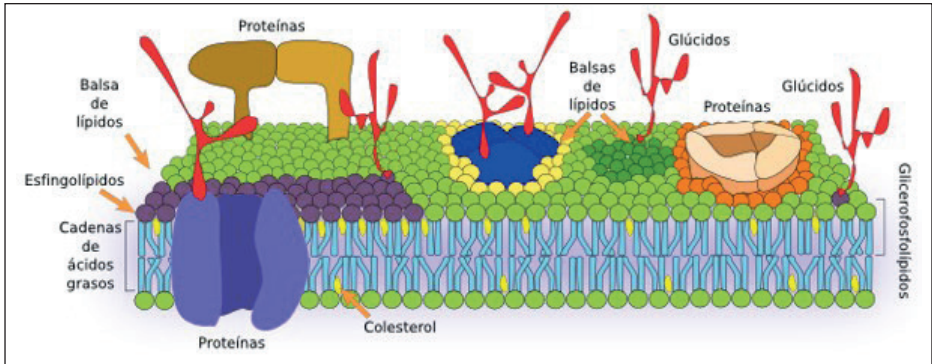
**Fosfolípidos.-** son moléculas formadas por una cabeza hidrofílica (que se une a otras moléculas polares, como el

agua) y dos colas hidrofóbicas (que no se unen a las moléculas polares). Los fosfolípidos forman una bicapa lipídica que constituye la base estructural de la membrana celular.

**Proteínas.-** las proteínas de la membrana celular pueden ser periféricas (unidas a la superficie de la membrana) o integrales (atravesan la bicapa lipídica). Estas proteínas tienen diversas funciones, como transportar sustancias a través de la membrana, transmitir señales entre la célula y el exterior, o actuar como receptores.

**Glúcidos.-** los glúcidos se encuentran unidos a las proteínas o a los fosfolípidos de la membrana, formando glucoproteínas y glucolípidos. Estas moléculas pueden actuar como señales de reconocimiento para otras células y moléculas, o participar en procesos de adhesión celular.

**La membrana celular.-** es esencial para la supervivencia de la célula, ya que regula el flujo de sustancias hacia dentro y hacia fuera de la célula, protege a la célula del ambiente externo, y permite la comunicación entre la célula y su entorno. Además, la membrana celular tiene una gran capacidad de adaptación a distintas condiciones ambientales, lo que permite a la célula mantener su homeostasis Figura 9.



**Figura 9.** Esquema que representa la organización de la membrana plasmática según el modelo de mosaico fluido de Singer y Nicolson (1972)

**Nota.** La membrana plasmática es una bicapa fluida que se encuentra estructurada por los lípidos, pero heterogénea en su organización. Algunos lípidos se asocian para formar agrupaciones más densas llamadas dominios lipídicos, en los cuales se sitúan proteínas específicas por afinidad eléctrica. El colesterol se localiza en la zona hidrofóbica de la bicapa, entre las cadenas de ácidos grasos de algunos lípidos. Las proteínas transmembranales permiten la comunicación entre el interior y el exterior de la célula. Los glúcidos se localizan en la parte extracelular formando el glicocalix. Sin embargo, este esquema no muestra las interacciones de la membrana plasmática con la matriz extracelular ni con las moléculas del citoesqueleto. Adaptado de (Edidin, 2003; Nicolson, 2014).

**b) Citoplasma y organelos:** El citoplasma es la parte de la célula que se encuentra entre la membrana celular y el núcleo. Está compuesto por un gel acuoso llamado citosol y varios organelos celulares. Los organelos celulares son estructuras especializadas que realizan diferentes funciones dentro de la célula (Lodish et al., 2016).

**c) Mitocondrias:** Son los organelos encargados de la producción de energía en la célula, a través de la respiración celular. Las mitocondrias son orgánulos celulares de 1 a 10  $\mu\text{m}$  de largo y

de 0,5 a 1  $\mu\text{m}$  de ancho, rodeados por membranas dobles. La membrana exterior tiene un diámetro de 50 a 75  $\text{Å}$  y la interior de 75 a 100  $\text{Å}$ . Este último forma las estructuras, llamadas crestas. Las mitocondrias se asocian frecuentemente con el citoesqueleto y este último puede controlar la distribución de este orgánulo dentro de la célula y su transmisión durante la citocinesis. Las mitocondrias tienen un papel importante en la generación de ATP y en el transporte de electrones (Rédei, 2008).

**d) Retículo endoplásmico:** Es una red de membranas que se encarga del transporte y procesamiento de proteínas y lípidos. Retículo endoplásmico (ER): El sistema de membrana interna dentro de la célula eucariota con canales secretorios. Dentro de estos compartimentos unidos a la membrana se sintetizan proteínas y lípidos, y tiene lugar la glicosilación, sulfatación de proteínas secretoras y unidas a la membrana, proteoglicanos y lípidos. El retículo endoplásmico rugoso tiene ribosomas adheridos que causan la apariencia no lisa (retículo endoplásmico rugoso). Muchas cadenas peptídicas nascentes se transfieren al RE donde se completa la síntesis de las proteínas y se pliegan las proteínas. Si el plegamiento se ralentiza, la respuesta de proteína desplegada (UPR) estimula la transcripción de proteínas residentes en ER (Rédei, 2008).

**e) Aparato de Golgi:** Es un organelo que se encarga de modificar, clasificar y empacar proteínas y lípidos para su transporte a otras partes de la célula o para su secreción fuera de la célula. El aparato de Golgi es un conjunto de vesículas planas (cisternas) que contienen material de transporte y almacenamiento celular involucrado en procesos como la glicosilación, sulfatación y proteólisis en animales. Aunque se ha pensado que el transporte de estas vesículas ocurre en una sola dirección, existe evidencia que sugiere que también puede ocurrir

desde la membrana celular hacia el retículo endoplásmico. El transporte es facilitado por la proteína de cubierta I (COPI) y SNARE (Soluble NSF Attachment Protein Receptor). En plantas, las estructuras homólogas se denominan dictiosomas. El Golgi está compuesto de fragmentos apilados, algunos de los cuales están situados junto al retículo endoplásmico (cis Golgi), mientras que otros se encuentran a cierta distancia (trans Golgi) (Rédei, 2008).

- f) Lisosomas:** Son orgánulos membranosos que contienen enzimas hidrolíticas capaces de degradar y reciclar moléculas y orgánulos celulares dañados o envejecidos. Además, los lisosomas también participan en la digestión extracelular, como en la fagocitosis y la endocitosis. La importancia de los lisosomas radica en su papel en la homeostasis celular y en la eliminación de desechos celulares (Luzio et al., 2007).
- g) Citoesqueleto:** Es una estructura proteica que da soporte y forma a la célula, además de permitir el movimiento y transporte de organelos y moléculas (Alberts et al., 2016)
- h) Núcleo:** Es un organelo membranoso que se encuentra en el centro de la célula. Contiene el material genético de la célula en forma de cromosomas, que están compuestos por ADN y proteínas. El núcleo es esencial para la división celular y para la regulación de la expresión génica. El núcleo es uno de los orgánulos más importantes de la célula, ya que contiene y protege el material genético de la célula en forma de cromosomas. Además, es el sitio de síntesis de ARN y de regulación de la expresión génica. Los componentes principales del núcleo son la membrana nuclear, el nucleolo y los nucleosomas. La membrana nuclear es una doble membrana que rodea el núcleo y lo separa del citoplasma, y presenta poros nucleares que permiten

la comunicación entre el núcleo y el citoplasma. El nucleolo es una estructura esférica dentro del núcleo que es responsable de la síntesis y ensamblaje de los ribosomas, que son responsables de la síntesis de proteínas. Los nucleosomas son estructuras formadas por ADN enrollado alrededor de proteínas llamadas histonas, y están implicados en el empaquetamiento del material genético en la célula (Alberts et al., 2014).

### 2.3.1 La estructura de la célula vegetal

**a) Pared celular:** Es una capa rígida que rodea la célula y la protege. Está compuesta principalmente por celulosa. La pared celular es una estructura que se encuentra en las células de plantas, hongos, bacterias y algunas algas. De acuerdo a (Popper, 2020). La pared celular tiene varias funciones importantes para la célula, incluyendo:

- **Proporcionar soporte estructural:** La pared celular es una estructura rígida que proporciona soporte a la célula y mantiene su forma.
- **Protección contra el estrés mecánico:** La pared celular protege a la célula contra el estrés mecánico al actuar como una barrera física.
- **Regulación del crecimiento y desarrollo:** La pared celular juega un papel importante en la regulación del crecimiento y desarrollo celular.
- **Regulación de la comunicación celular:** La pared celular también puede actuar como un medio de comunicación celular, permitiendo la transferencia de señales entre células

**b) Membrana plasmática:** Capa semipermeable que rodea el citoplasma y controla el flujo de sustancias hacia y desde la célula (Lodish et al., 2016).

- c) **Citoplasma:** Fluido gelatinoso que llena la célula y contiene orgánulos celulares (Alberts et al., 2016).
- d) **Núcleo:** Orgánulo que contiene el material genético de la célula (Alberts et al., 2002).
- e) **Cloroplastos:** Orgánulos que contienen clorofila y son responsables de la fotosíntesis (Lodish et al., 2016).
- f) **Los plastidios:** Son orgánulos celulares que se originan a partir de los proplastidios en las células vegetales. Son responsables de diversas funciones, incluyendo la fotosíntesis, la síntesis y almacenamiento de lípidos y proteínas, y la pigmentación. Los cloroplastos son el tipo más conocido de plastidios y son los orgánulos donde se lleva a cabo la fotosíntesis en las células vegetales. Además de la fotosíntesis, los cloroplastos también participan en la producción de carotenoides y otros pigmentos (Z. E. Taiz, 2002).

Otro tipo de plastidios son los cromoplastos, que son responsables de la síntesis y almacenamiento de pigmentos no fotosintéticos, como los carotenoides y antocianinas, que confieren color a frutas y flores. Los leucoplastos, por otro lado, son plastidios que no contienen pigmentos y se especializan en la síntesis y almacenamiento de almidón, lípidos y proteínas (Alberts et al., 2016).

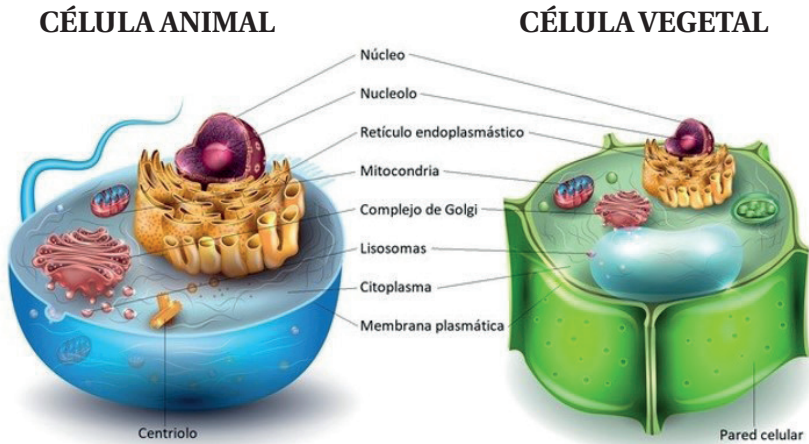
Los plastidios son orgánulos importantes en la célula vegetal debido a su papel en la síntesis de compuestos y su capacidad para almacenar energía en forma de carbohidratos, lípidos y proteínas.

- g) **Vacuolas:** Orgánulos que almacenan agua y nutrientes (Alberts et al., 2002).
- h) **Mitocondrias:** Orgánulos que producen la energía necesaria para el funcionamiento celular (Lodish et al., 2016).
- i) **Retículo endoplásmico:** sistema de membranas que se extiende por todo el citoplasma y está involucrado en la síntesis y transporte de proteínas y lípidos (Alberts et al., 2002).
- j) **Aparato de Golgi:** orgánulo que modifica, clasifica y empaqueta las proteínas y lípidos para su distribución en la célula (Alberts et al., 2002).
- k) **El plasmodesmata:** Es un tipo de estructura celular que se encuentra en las células de las plantas. Son canales o puentes que conectan las células adyacentes y les permiten comunicarse y compartir materiales, como nutrientes y señales. A través de estos canales, las células pueden coordinar sus actividades y responder de manera coordinada a los cambios en el entorno. Los plasmodesmata son importantes para el desarrollo de la planta, el transporte de nutrientes, la comunicación celular y la respuesta a los estímulos externos (López-Sáez et al., 1966).
- l) **Los glioxisomas:** Son orgánulos que se encuentran en las células de ciertas plantas y microorganismos, como las levaduras y algunos hongos. Estos orgánulos son similares en estructura y función a los peroxisomas, pero tienen una función específica en el metabolismo de las plantas (Gooch, 2011)

En particular, los glioxisomas se encargan de la conversión de los lípidos almacenados en semillas en azúcares, que pueden ser utilizados como fuente de energía para la germinación de

la semilla. Además, los glioxisomas también pueden estar involucrados en la síntesis de aminoácidos y en la detoxificación de compuestos tóxicos en las células. Los glioxisomas son especialmente importantes para las plantas que crecen en condiciones de baja disponibilidad de nutrientes, ya que les permiten utilizar los lípidos almacenados en las semillas como fuente de energía durante la germinación y los primeros estadios de crecimiento (Gooch, 2011).

La célula vegetal tiene una estructura más rígida y estática que la célula animal debido a la presencia de la pared celular y una gran vacuola central Figura 10.

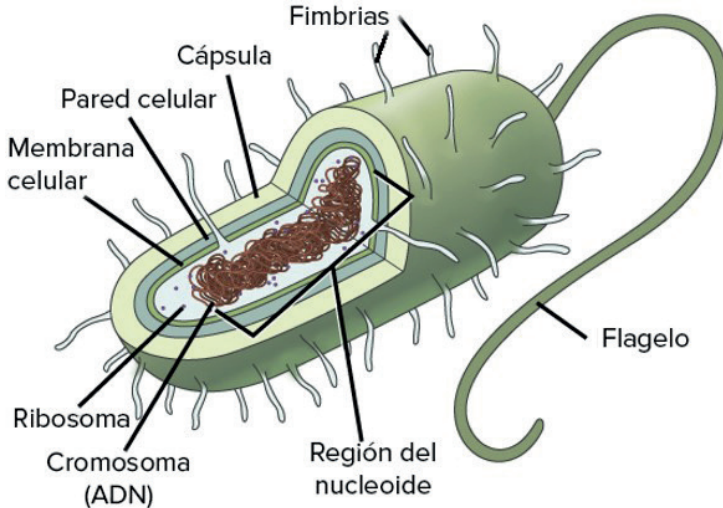


**Figura 10.** Diferencias entre célula eucariota animal y vegetal (Fernandes. Ana, 2020)

### 2.3.2 Estructura de las células procariotas

Las células procariotas figura 11, no están divididas internamente por paredes membranas, consisten en un solo espacio y su material genético, en su mayoría, se encuentra en un nucleoide central. Este nucleoide típicamente se conforma de un cromosoma circular. También existen

otras características comunes observadas en las células procariotas, las cuales se muestran en un diagrama del corte de una bacteria con forma de bastón (Khan Academy, 2023).



**Figura 11.** Estructura de la Célula procariota

**Nota.** La figura ilustra la estructura básica de una célula procariota, la cual incluye el ADN cromosómico ubicado en un nucleoide, ribosomas, una membrana celular y una pared celular. Sin embargo, es importante destacar que algunas bacterias pueden presentar otras estructuras adicionales no mostradas en la figura. (Connie Rye et al., 2016)

### 2.3.3 El citosol o citoplasma de las células procariotas

El citosol es una parte del citoplasma que no contiene orgánulos ni núcleo, mientras que el citoplasma es todo el contenido celular excepto el núcleo. El citosol es una sustancia acuosa que rodea a los orgánulos y al núcleo y puede representar más de la mitad del volumen celular en las células animales. En las células vegetales maduras, la mayor parte del volumen celular está ocupado por las vacuolas. El citosol es el lugar donde se llevan a cabo muchas reacciones metabólicas, como la glicólisis, la traducción de proteínas y las cascadas de señalización celular, y

donde se mueven las moléculas y las vesículas que comunican las diferentes partes de la célula. También contiene el citoesqueleto, formado por filamentos proteicos altamente versátiles y plásticos, y acumula moléculas de reserva en forma de gotas de lípidos y de glucógeno (Megías M & Molist P, 2019).

## **2.4 El citoesqueleto: Estructura y función en células procariotas y eucariotas**

El citoesqueleto es un componente fundamental de la célula que desempeña un papel crucial en su estructura y función. Según se revisa en el artículo “Morfología celular: Perspectivas actuales en la comprensión de la organización y función de la célula” publicado en *Annual Review of Cell and Developmental Biology*, el citoesqueleto es una red compleja de proteínas que proporciona soporte y forma a la célula, y participa en la división celular, el transporte intracelular y la migración celular. La observación del citoesqueleto mediante técnicas de microscopía de alta resolución y modelado computacional ha permitido una mayor comprensión de su organización y dinámica. Existen diferentes proteínas que componen el citoesqueleto, como las actinas, los microtúbulos y los filamentos intermedios, y cómo interactúan para formar la estructura del citoesqueleto. Es importante destacar que los cambios en el citoesqueleto pueden afectar la función celular (Pollard, 2019).

Tanto las células procariotas como las células eucariotas pueden tener citoesqueleto, aunque existen diferencias en su estructura y composición:

En las células eucariotas, el citoesqueleto es una red de filamentos proteicos que proporciona soporte estructural y contribuye a la forma de la célula. Está compuesto por tres tipos principales de filamentos: microtúbulos, filamentos de actina y filamentos intermedios. Estos filamentos están involucrados en una variedad de funciones celulares, incluyendo el mantenimiento de la forma celular, el soporte para la división celular,

el movimiento de orgánulos y vesículas, y la migración celular (Alberts et al., 2016).

En las células procariotas, el citoesqueleto es menos complejo que en las células eucariotas, pero también juega un papel importante en la organización y función celular. En las bacterias, por ejemplo, se han identificado proteínas similares a los filamentos de actina y los filamentos intermedios de las células eucariotas. Estas proteínas están involucradas en la división celular, la forma celular y el movimiento de orgánulos (Alberts et al., 2002, 2016).

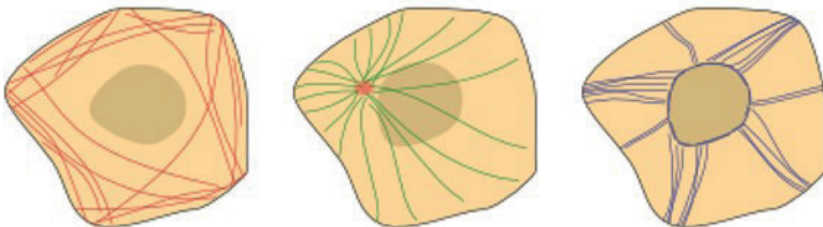
Es importante destacar que la composición y función del citoesqueleto pueden variar entre diferentes tipos de células procariotas y eucariotas. Además, algunas células procariotas pueden carecer de un citoesqueleto bien definido. Por lo tanto, aunque el citoesqueleto está presente en muchas células procariotas y eucariotas, su organización y funciones específicas pueden ser diferentes en cada caso (Alberts et al., 2016).

El citoesqueleto es un complejo sistema de estructuras proteicas que se encuentran en todas las células eucariotas. Los tres componentes principales del citoesqueleto son los microfilamentos, los microtúbulos y los filamentos intermedios Figura 12 (Alberts et al., 2016).

**Filamentos de actina**

**Microtúbulos**

**Filamentos intermedios**



**Figura 12.** Esquema de la distribución celular de los tres principales componentes del citoesqueleto en células animales.

**Nota.** Los filamentos de actina se encuentran mayoritariamente cerca de la membrana plasmática, mientras que los microtúbulos se organizan de manera radial desde el centrosoma. Por su parte, los filamentos intermedios se anclan a complejos de unión de la membrana plasmática y también pueden encontrarse en el núcleo. Es importante tener en cuenta que estas disposiciones pueden variar dependiendo del tipo celular y difieren en las células vegetales (Megías et al., 2019).

**Los microfilamentos o filamentos de actina** están compuestos principalmente de la proteína actina y se encuentran cerca de la membrana celular y en el citoplasma. Cumplen funciones en la división celular, la contracción muscular, el movimiento celular y la formación de proyecciones celulares (Rottner et al., 2017).

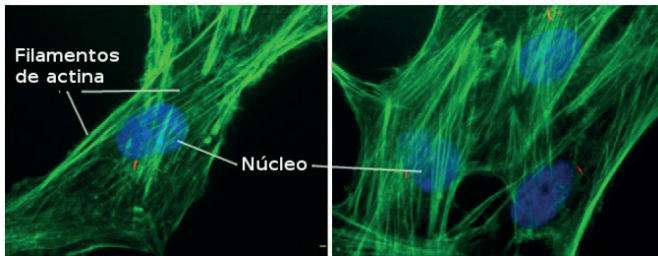
La actina es una proteína fundamental en la célula que desempeña un papel importante en la formación del citoesqueleto y en la división celular, entre otras funciones. El citoesqueleto de actina y las proteínas motoras asociadas son responsables de crear la impresionante variedad de formas y movimientos que se observan en las células de los mamíferos. Más allá de su papel en la motilidad, diferenciación y división celular, el citoesqueleto de actina también proporciona fuerzas para dar forma y mover las membranas y vesículas intracelulares. Para lograr las diversas funciones del ensamblaje de actina, los nucleadores de actina se dirigen a compartimentos subcelulares específicos, asegurando que se generen estructuras de filamentos de actina particulares en los sitios apropiados (Rottner et al., 2017).

Como maquinaria celular principal para la generación de fuerza, el citoesqueleto de actina puede producir fuerzas de empuje (protusión) mediante la polimerización coordinada de múltiples filamentos de actina, fuerzas de tracción (contráctiles) mediante el deslizamiento de filamentos bipolares de miosina II a lo largo de los filamentos de actina y fuerzas de resistencia (moldeado) mediante la formación de arreglos de filamentos entrecruzados asociados a membranas. Las fuerzas dependientes de

la actina son esenciales para la migración celular, la interacción con el entorno, la forma y las propiedades mecánicas de la superficie celular, y el tráfico y la morfogénesis de los orgánulos de la membrana (Svitkina, 2018).

### 2.4.1 Filamentos de actina

De acuerdo a Megías et al. (2019) En las células animales, los filamentos de actina son una parte integral del citoesqueleto y se encuentran con mayor frecuencia cerca de la membrana plasmática. Allí, forman una estructura enredada conocida como entramado cortical Figura 13.



**Figura 13.** Filamentos de actina (en verde) en células cultivadas, los cuales se concentran en la zona periférica de la célula

**Nota.** Esta imagen ha sido proporcionada por Sheila Castro Sánchez del Departamento de Bioquímica, Genética e Inmunología de la Universidad de Vigo (Megías et al., 2019).

Las células vegetales también tienen filamentos de actina, aunque su organización y función pueden ser diferentes de las células animales. En las células vegetales, los filamentos de actina se encuentran en diversas localizaciones, incluyendo la punta de los tubos polares, los poros nucleares, los plasmodesmos y las zonas de crecimiento de la pared celular. Además, los filamentos de actina también participan en la división celular, la polaridad celular y la respuesta a señales ambientales en las células vegetales.

### 2.4.2 Los microtúbulos

Están formados por la proteína tubulina y se organizan en estructuras cilíndricas largas. Se ubican en todo el citoplasma de la célula, desde el centro hasta la periferia. A continuación, se detallan algunas de las funciones más importantes de los microtúbulos (Alberts et al., 2002).

- a) Mantenimiento de la forma celular: Los microtúbulos proporcionan la estructura rígida necesaria para mantener la forma de la célula.
- b) Movimiento celular: Los microtúbulos son responsables del movimiento de la célula en procesos como la división celular, la migración y el transporte intracelular de orgánulos y vesículas.
- c) Organización de los orgánulos celulares: Los microtúbulos son esenciales para la organización y el posicionamiento de los orgánulos celulares, como el aparato de Golgi y los centrosomas.
- d) Formación del huso mitótico: Los microtúbulos desempeñan un papel crucial en la formación del huso mitótico durante la división celular, permitiendo la correcta separación y distribución de los cromosomas.
- e) Transporte axonal: Los microtúbulos son responsables del transporte bidireccional de moléculas y vesículas a lo largo de los axones de las neuronas.

### 2.4.3 Los filamentos intermedios

Están formados por una variedad de proteínas fibrosas, como la queratina, vimentina y desmina, y se encuentran en la periferia del núcleo, en los citoesqueletos de células epiteliales y musculares, y en las células nerviosas. Proporcionan soporte estructural y resistencia mecánica a la célula, y se encargan de mantener la integridad y forma celular (Alberts et al., 2002).

Los filamentos intermedios son importantes para la integridad mecánica de las células, ya que proporcionan una red de soporte estructural.

También son esenciales en la protección celular contra el estrés mecánico y otros tipos de estrés celular, como la exposición a productos químicos tóxicos. Además, los filamentos intermedios son importantes para mantener la forma y la estabilidad de los tejidos en el cuerpo humano (Herrmann et al., 2007).

Los diferentes tipos de filamentos intermedios se expresan en diferentes tipos de células y tejidos y cumplen funciones específicas en cada uno de ellos. Por ejemplo, los filamentos intermedios de queratina se encuentran en células epiteliales, como la piel y las uñas, donde ayudan a proteger y mantener la integridad mecánica de estas estructuras. Los filamentos intermedios de vimentina se expresan en células del tejido conectivo, como fibroblastos y células musculares, y ayudan a mantener la forma y la integridad de estas células (Herrmann et al., 2007).

## **2.5 Taller 2: La célula: estructura y función**

El objetivo general de este taller es proporcionar a los participantes una comprensión profunda de la estructura y función de las células, su clasificación según su forma, tamaño y función, y la diferencia entre células eucariotas y procariotas. Además, los participantes podrán familiarizarse con las biomoléculas presentes en las células y analizar la estructura de la célula vegetal y las células procariotas. También se cubrirán los temas del citosol o citoplasma, el citoesqueleto, incluyendo los filamentos de actina, los microtúbulos y los filamentos intermedios.

### **Metodología:**

En este taller se propone estudiar la estructura y función de la célula a través de la clasificación de las células y las biomoléculas. Es importante prestar atención a la estructura de la célula vegetal y a las células procariotas, y realizar las actividades para profundizar en el tema.

### **Actividades:**

- **Introducción a la célula:** los participantes se familiarizarán con la estructura y función de la célula, su importancia y su relación con otros organismos vivos.
- **Clasificación de las células:** se presentarán las distintas clasificaciones de las células según su forma, tamaño y función.
- **Células eucariotas y procariotas:** se analizarán las diferencias y similitudes entre ambos tipos de células, incluyendo sus características estructurales y funcionales.
- **Biomoléculas:** se explicarán las principales biomoléculas presentes en las células, como los carbohidratos, lípidos, proteínas y ácidos nucleicos.
- **Estructura de la célula vegetal:** se abordará la estructura de la célula vegetal y sus componentes, incluyendo la pared celular, cloroplastos y vacuolas.
- **Citosol o citoplasma:** se presentará el citosol o citoplasma, el líquido en el que se encuentran los orgánulos celulares y las biomoléculas.
- **Citoesqueleto:** se analizará el citoesqueleto, la estructura que sostiene y da forma a la célula, incluyendo los filamentos de actina.

## **Entregables del taller:**

**Presentación en PowerPoint:** Cada participante deberá crear una presentación en PowerPoint sobre un tema específico relacionado con la célula, ya sea su estructura, función, clasificación, biomoléculas, entre otros. La presentación debe incluir imágenes, gráficos y ejemplos relevantes para ilustrar el tema abordado.

**Exposición oral:** Cada participante deberá exponer su presentación en clase, explicando de manera clara y concisa el tema seleccionado. Se dará un tiempo limitado para cada exposición, y los demás participantes tendrán la oportunidad de hacer preguntas y comentarios al final de cada presentación.

**Resumen de artículo científico:** Los participantes deberán seleccionar un artículo científico relacionado con la célula y elaborar un resumen en el que se destaquen los principales hallazgos y conclusiones del estudio. El resumen debe ser claro y preciso, y debe estar escrito en un lenguaje accesible para los no expertos en el tema.

En cuanto a la redacción de la exposición, se recomienda seguir los siguientes pasos:

**Introducción:** Se debe dar una breve introducción al tema que se va a tratar, estableciendo su importancia y relevancia en el campo de la biología.

**Desarrollo:** Se deben presentar los aspectos más relevantes del tema, explicando conceptos clave, ejemplos y datos relevantes. Se puede apoyar la exposición con imágenes, gráficos y ejemplos concretos para facilitar la comprensión del tema.

**Conclusiones:** Se debe realizar una síntesis de los aspectos más importantes tratados en la exposición y destacar su relevancia en el contexto de la biología celular. Es importante destacar las limitaciones del tema y las posibles direcciones futuras para su investigación.

**Preguntas y respuestas:** Al final de la exposición se debe dar la oportunidad a los participantes de hacer preguntas y comentarios sobre el tema. Es importante estar preparado para responder a estas preguntas de manera clara y precisa.

### 2.5.1 Cuestionario Capítulo II

- ¿Cómo se clasifican las células según su forma?
- ¿Cuál es la principal diferencia entre células eucariotas y células procariontas?
- ¿Cuáles son los cuatro tipos principales de biomoléculas?
- ¿Qué estructuras se encuentran en el citosol o citoplasma de la célula?
- ¿Qué función tienen los filamentos de actina en la célula?
- ¿Qué función tiene el citoesqueleto en la célula?
- ¿Cuál es la función de la pared celular en la célula vegetal?
- ¿Qué organelo es responsable de la fotosíntesis en la célula vegetal?
- ¿Qué es el retículo endoplásmico y cuál es su función en la célula?
- ¿Qué función tienen las mitocondrias en la célula?



## **CAPÍTULO III.**

### **TIPOS DE CÉLULAS, FUNCIÓN Y DIVISIÓN CELULAR**

*“Las células tienen la notable capacidad  
de duplicarse a sí mismas.  
Descubre los intrigantes mecanismos  
detrás de este proceso”.*

## Introducción

En este capítulo se exploran los diferentes tipos de células vegetales, analizando su composición estructural y la función especializada que desempeña cada tipo celular. Se profundizará en el ciclo celular, el proceso regulado de crecimiento y división que experimentan las células para generar nuevas células hijas. Se describen en detalle las fases del ciclo celular, haciendo énfasis en los procesos de división celular mitosis y meiosis. Se explica cada etapa de la mitosis y meiosis, analizando lo que ocurre a nivel del centrosoma y el material genético durante estas divisiones. Se discute el proceso de división en bacterias como las rizo-bacterias y su importancia en la promotora del crecimiento vegetal. Asimismo, se cubre el concepto de células haploides y diploides, resultado de los diferentes tipos de división celular.

### 3.1 Diferentes tipos de células vegetales

Existen varios tipos de células vegetales que se encuentran en diferentes partes de la planta y que tienen funciones específicas. Algunos de los principales tipos de células vegetales son de acuerdo a Martín-Montiel et al. (2013).

**Células epidérmicas:** Estas células cubren la superficie exterior de la hoja, tallo y raíz de la planta. Son las primeras células en entrar en contacto con el medio ambiente y están cubiertas por una capa de cutícula que les ayuda a reducir la pérdida de agua.

**Células de guarda:** Son células especializadas que se encuentran en la superficie inferior de la hoja y controlan la apertura y el cierre de los estomas. Los estomas son pequeños orificios que permiten el intercambio de gases y la transpiración.

**Células parenquimatosas:** Son células vivas y de pared celular delgada que se encuentran en todas las partes de la planta. Realizan la fotosíntesis, almacenan nutrientes y llevan a cabo diversas funciones metabólicas.

**Células colenquimatosas:** Estas células tienen paredes celulares engrosadas y se encuentran en los tallos jóvenes y en las hojas. Proporcionan soporte y protección a la planta y ayudan a mantener su estructura.

**Células esclerenquimatosas:** Son células con paredes celulares engrosadas y lignificadas que se encuentran en los tallos y las raíces. Proporcionan soporte y protección a la planta y ayudan a resistir el estrés mecánico y ambiental.

**Células de conducción:** Son células especializadas que se encargan del transporte de agua y nutrientes a través de la planta. Los vasos y traqueidas son los dos tipos principales de células de conducción que se encuentran en los tallos y las raíces.

**Células del xilema:** Estas células forman los vasos del xilema, que se encargan de transportar agua y nutrientes desde las raíces hasta las hojas y otros órganos de la planta.

**Células del floema:** Estas células forman los vasos del floema, que se encargan de transportar nutrientes y otras sustancias desde las hojas hasta otros órganos de la planta.

### 3.2 Composición estructural de la célula

La célula es la unidad estructural y funcional básica de todos los seres vivos. La composición estructural y función de la célula se puede describir de la siguiente manera (Alberts et al., 2014):

**Membrana celular:** Es una capa delgada y flexible que rodea la célula y la separa del entorno. Está compuesta principalmente por lípidos y proteínas y tiene la función de regular el intercambio de sustancias entre la célula y el medio ambiente.

**Citoplasma:** Es el espacio dentro de la célula que contiene todos los orgánulos celulares, así como el citoesqueleto, una red de fibras proteicas que le da forma y soporte a la célula. El citoplasma también contiene diversas sustancias disueltas, como iones, proteínas y nutrientes.

**Núcleo:** Es un orgánulo celular que se encuentra en las células eucariotas y contiene el material genético de la célula, el ADN. El núcleo está rodeado por una membrana nuclear que lo separa del citoplasma.

### 3.2.1 Función de la célula:

Las células realizan una gran variedad de funciones en los organismos vivos, y estas funciones varían dependiendo del tipo de célula y del organismo al que pertenece. Algunas de las funciones generales que realizan las células de acuerdo a Lodish et al. (2016) incluyen:

**Obtención de nutrientes y energía:** Las células pueden tomar nutrientes y energía del medio ambiente y utilizarlos para sus propias necesidades.

**Eliminación de residuos:** Las células producen residuos como resultado de sus procesos metabólicos, y deben eliminarlos para evitar la acumulación de sustancias tóxicas.

**Mantenimiento de la homeostasis:** Las células tienen la capacidad de mantener un ambiente interno constante, a pesar de los cambios en el ambiente externo.

**Almacenamiento de información genética:** Las células contienen información genética en forma de ADN, que se transmite de una célula a otra durante la reproducción celular.

**Producción de proteínas:** Las células pueden producir una gran variedad de proteínas, que son esenciales para su funcionamiento y para el funcionamiento del organismo en general.

**Reproducción celular:** La división celular es esencial para el crecimiento y desarrollo de los organismos, así como para la regeneración de tejidos dañados. Además, la reproducción celular es importante para la transmisión de la información genética de una célula a su descendencia. Según un artículo de revisión publicado en la revista *Nature*, “el proceso de división celular es crucial para la vida y ha sido objeto de estudio durante más de un siglo” (Sánchez-Alcázar et al., 2007).

**Metabolismo:** El metabolismo celular es responsable de la producción de energía, la síntesis de proteínas y otras moléculas esenciales, así como de la eliminación de desechos y toxinas del cuerpo. De hecho, las células necesitan energía para llevar a cabo todas sus funciones, desde la división celular hasta la síntesis de proteínas y la comunicación celular. Según un artículo publicado en la revista *Trends in Cell Biology*, “el metabolismo celular es una función esencial para la supervivencia de todas las células y está regulado por una compleja red de vías metabólicas” (Chen et al., 2009).

**Comunicación celular:** Las células pueden comunicarse entre sí mediante señales químicas y eléctricas para coordinar sus actividades y responder a los cambios en el entorno. Esto es importante para la organización y funcionamiento adecuados de los tejidos y órganos en un organismo multicelular. Según un artículo de revisión publicado en la revista *Science*, “la comunicación celular es esencial para la supervivencia y la función normal de las células y los organismos” (Schneider MB et al., 2010).

**Adaptación y respuesta al entorno:** Las células pueden detectar y responder a los cambios en el entorno mediante la regulación de la expresión génica, la modificación de su forma y estructura, o mediante la activación de respuestas celulares específicas. Esto es importante para la supervivencia de las células y la adaptación de los organismos a su entorno. Según un artículo publicado en la revista *Nature Reviews Molecular Cell Biology*, “las células tienen la capacidad de detectar y responder a señales ambientales y, por lo tanto, pueden cambiar sus comportamientos para adaptarse a diferentes condiciones” (Alberts et al., 2002).

### 3.3 El Ciclo Celular: Regulación y Fases del Proceso de Crecimiento y División Celular”

El ciclo celular es un proceso fundamental que todas las células deben llevar a cabo para crecer, replicar su material genético y dividirse en dos células hijas idénticas. Este proceso está cuidadosamente regulado por una serie de mecanismos moleculares que garantizan que la célula se divida de manera precisa y controlada. Entender el ciclo celular resulta fundamental para comprender tanto el crecimiento como la división celular. Acorde a Lodish et al. (2016) el ciclo celular se divide en dos fases principales: la interfase y la fase mitótica.

#### 3.3.1 Interfase

**La interfase** es la fase del ciclo celular en la que la célula se prepara para la división celular. Durante esta fase, la célula crece y replica su ADN, y lleva a cabo su función normal. La interfase se subdivide en tres etapas: G1 (crecimiento y actividad metabólica), S (síntesis de ADN) y G2 (otro período de crecimiento) Figura 14 (Lodish et al., 2016).

Durante la etapa G1, la célula crece y se prepara para la replicación del ADN. Esta fase es crucial para el crecimiento celular y puede ser prolongada o corta dependiendo de las necesidades de la célula. Durante

esta etapa, la célula también realiza sus funciones metabólicas normales, como la síntesis de proteínas y la producción de energía.

La fase S es la etapa del ciclo celular en la que la célula replica su ADN. Durante esta fase, la célula utiliza las enzimas de replicación del ADN para copiar cada hebra del ADN. El proceso de replicación del ADN es un proceso complejo que involucra la separación de las dos hebras de ADN y la síntesis de una nueva hebra complementaria a cada hebra original. La fase G2 es la última etapa de la interfase y es otro período de crecimiento y preparación para la mitosis. Durante esta fase, la célula completa la síntesis de proteínas y los orgánulos necesarios para la división celular, y se prepara para la entrada en la fase mitótica (Lodish et al., 2016).

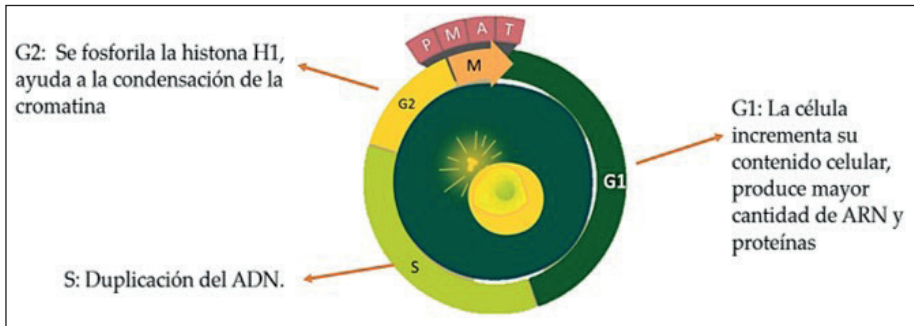
La regulación de la interfase es crítica para el correcto funcionamiento del ciclo celular, ya que cualquier error puede llevar a una replicación del ADN defectuosa o a una célula que no esté completamente preparada para la mitosis. La regulación de la interfase se lleva a cabo mediante la interacción de varios mecanismos de control moleculares, incluidas las proteínas quinasas y las proteínas ciclinas (Lodish et al., 2016).

Las proteínas quinasas son enzimas que regulan la actividad de otras proteínas, incluyendo proteínas que están involucradas en la regulación del ciclo celular. Las proteínas quinasas del ciclo celular funcionan para controlar la progresión del ciclo celular, asegurando que cada etapa se complete antes de avanzar a la siguiente. Las proteínas quinasas específicas del ciclo celular, como la quinasa dependiente de ciclina (CDK), actúan para fosforilar proteínas específicas del ciclo celular y así regular su actividad (Lodish et al., 2016).

Las proteínas ciclinas, por otro lado, son proteínas que regulan la actividad de las quinasas dependientes de ciclinas. Las proteínas ciclinas se llaman así porque sus niveles aumentan y disminuyen a lo largo del

ciclo celular en ciclos coordinados con las diferentes fases del ciclo celular. La interacción de las proteínas ciclinas con las proteínas quinasas del ciclo celular regula la actividad de estas quinasas y así controla la progresión del ciclo celular (Lodish et al., 2016).

En conjunto, la regulación cuidadosa de las proteínas quinasas y las proteínas ciclinas en la interfase asegura que la célula esté completamente preparada para la replicación del ADN y la división celular antes de avanzar a la siguiente etapa del ciclo celular. Cualquier error en la regulación de la interfase puede llevar a un ciclo celular anormal, lo que puede tener consecuencias graves para la salud de la célula y el organismo en general (Lodish et al., 2016).



**Figura 14.** Ciclo celular Interfase. Adaptado de Flip Your Learning (2016)

### 3.4 División Celular Mitosis

La fase mitótica es la segunda fase del ciclo celular y se subdivide en varias etapas, que incluyen profase, prometáfase, metafase, anafase y telofase. Durante la fase mitótica, la célula se divide en dos células hijas idénticas mediante la separación de los cromosomas duplicados. Acorde a Alberts et al. (2014) las fases son las siguientes:

En la profase, los cromosomas se condensan y se vuelven visibles bajo el microscopio. Las fibras del huso se forman en los dos extremos opuestos

de la célula, y los centrosomas se separan y se mueven hacia los polos opuestos.

En la prometafase, la membrana nuclear se desintegra y los cromosomas se unen a las fibras del huso mediante las estructuras llamadas cinetocoros, que se encuentran en el centrómero de cada cromosoma.

En la metafase, los cromosomas se alinean en el plano ecuatorial de la célula y están listos para ser separados en cromátidas hermanas durante la anafase.

En la anafase, las fibras del huso se acortan y tiran de las cromátidas hermanas hacia los polos opuestos de la célula.

Finalmente, en la telofase, los cromosomas llegan a los polos opuestos de la célula y se descondensan, formando una nueva membrana nuclear alrededor de cada conjunto de cromosomas. La célula se divide en dos células hijas mediante la citocinesis, que es la división del citoplasma.

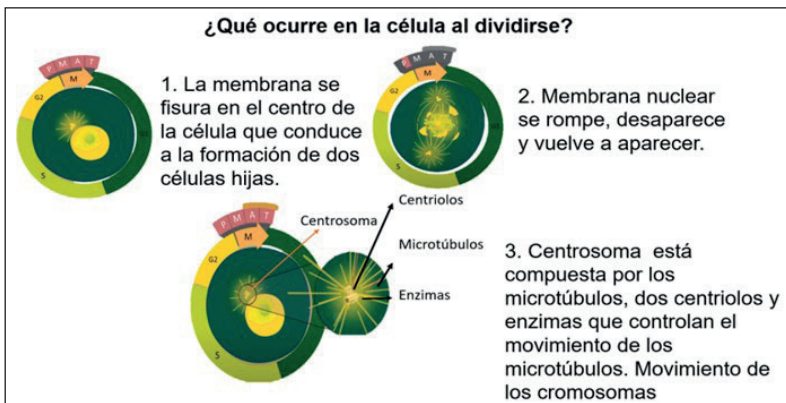
La mitosis es un proceso esencial para el crecimiento y la reparación de los tejidos en los organismos multicelulares. También es fundamental para la reproducción asexual en algunos organismos unicelulares y en la formación de células sexuales en la reproducción sexual. La mitosis es controlada por una serie de procesos regulados por proteínas, incluyendo la síntesis y la degradación de ciclinas y la activación y desactivación de diversas quinasas (Alberts et al., 2014).

### **3.4.1 ¿Qué ocurre en la célula al dividirse?**

La membrana plasmática forma una fisura en el centro de la célula que conduce a la formación de dos células hijas separadas, cada una con su propia membrana plasmática. En cuanto a la membrana nuclear, durante la mitosis, se desintegra y se descompone en pequeños fragmentos que

permiten la liberación de los cromosomas para que puedan moverse libremente en la célula. Luego, se reforma alrededor de los dos juegos de cromosomas separados al final de la mitosis (Alberts et al., 2016).

El centrosoma es una estructura presente en las células animales que contiene dos centriolos y está involucrado en la organización de los microtúbulos necesarios para la división celular. Los centriolos son los responsables de organizar los microtúbulos que ayudan en el movimiento de los cromosomas hacia los polos de la célula durante la mitosis. Además, el centrosoma también ayuda a controlar el movimiento de los microtúbulos a través de la actividad de las enzimas que lo componen Figura 15 (Alberts et al., 2016).



**Figura 15.** División de la célula, proceso a nivel de membrana plasmática, membrana nuclear y centrosomas. Adaptado de Flip Your Learning (2016)

### 3.4.2 ¿Qué ocurre a nivel del centrosoma?

Durante la división celular, el centrosoma es una estructura importante que se encarga de organizar los microtúbulos necesarios para la correcta separación de los cromosomas en las células hijas. El centrosoma está compuesto por dos centriolos, que son estructuras cilíndricas formadas por microtúbulos, y una matriz pericentriolar, que contiene las proteínas

y enzimas necesarias para organizar y controlar los microtúbulos (Cooper, 2000).

Durante la fase temprana de la mitosis, los centriolos del centrosoma se replican y se separan, moviéndose hacia polos opuestos de la célula. Luego, los microtúbulos se organizan alrededor de los centrosomas, formando un huso mitótico que se extiende desde un polo al otro de la célula. Los microtúbulos del huso mitótico se unen a los cromosomas en el centrómero y los separan hacia los polos opuestos de la célula. Las enzimas presentes en el centrosoma, como la cinasa Aurora y la proteína Ran, controlan la actividad de los microtúbulos y aseguran que los cromosomas se muevan de manera eficiente y se separen correctamente. Una vez que los cromosomas se han separado, los microtúbulos se desensamblan y el huso mitótico se desintegra. Finalmente, los centrosomas se replican de nuevo y se separan, preparándose para la próxima división celular Figura 16 (Cooper, 2000).



**Figura 16.** Proceso que ocurre a nivel del centrosoma en el proceso de división celular. Adaptado de Flip Your Learning (2016)

### 3.4.3 Ejemplo de mitosis en plantas

#### a) Cultivo de tejidos

El proceso de cultivo de tejidos vegetales es un ejemplo de cómo se utiliza la mitosis en las plantas para producir células idénticas a partir de una célula madre.

En el cultivo de tejidos vegetales, se toma una pequeña porción de tejido de una planta y se coloca en un medio de cultivo estéril. Este medio de cultivo contiene nutrientes y hormonas que estimulan la división celular y el crecimiento de las células. A medida que las células del tejido comienzan a dividirse, se produce la mitosis, que implica la duplicación de los cromosomas y la separación de los conjuntos de cromosomas idénticos en dos células hijas. Estas células hijas también se dividen, produciendo más células idénticas .

El resultado final del cultivo de tejidos vegetales es una masa de células idénticas que pueden ser utilizadas para producir clones de la planta original. Esto es útil para la propagación de plantas con características deseables, como la resistencia a enfermedades o el alto rendimiento de la cosecha.. El proceso de cultivo de tejidos vegetales es un ejemplo de cómo la mitosis se utiliza en las plantas para producir células idénticas y puede ser utilizado en la propagación de plantas de manera más eficiente.

#### b) Propagación vegetativa

La propagación vegetativa es un método de reproducción asexual en el que se utiliza una parte de una planta para producir una nueva planta genéticamente idéntica a la original. La mitosis juega un papel importante en este proceso, ya que es el proceso mediante el cual se producen células hijas idénticas a la célula madre.

Un ejemplo de mitosis en propagación vegetativa se puede observar en la técnica de esquejes. En esta técnica, se toma una parte de la planta, como una hoja o un tallo, y se coloca en un medio de cultivo para estimular el enraizamiento y el crecimiento de la nueva planta. Una vez que se coloca el esqueje en el medio de cultivo, comienza a formarse un callo en el lugar donde se hizo el corte. Este callo está compuesto de células en división que se están replicando a través de la mitosis. A medida que se produce la mitosis, las células se dividen y se forman más células idénticas a la célula madre. Con el tiempo, estas células forman raíces y tallos, lo que resulta en una nueva planta genéticamente idéntica a la planta original.

Este proceso de propagación vegetativa mediante esquejes es utilizado comúnmente en la producción de plantas ornamentales, frutales y forestales. La ventaja de este método es que se pueden producir plantas idénticas a la planta original, lo que garantiza características específicas de la planta como la floración, el sabor de la fruta, la resistencia a enfermedades, entre otras.

### **3.5 ¿Qué ocurre a nivel de las bacterias como PGPR y rizobacterias en el proceso de división celular?**

Las bacterias PGPR (Plant Growth-Promoting Rhizobacteria) y las rizobacterias son bacterias beneficiosas para las plantas, que promueven su crecimiento y les brindan protección contra enfermedades (Vessey, 2003). La mitosis no se produce en las bacterias, ya que son organismos procariotas y su material genético es circular y no está contenido en un núcleo, sin embargo, estos microorganismos se reproducen por división celular.

Un ejemplo de la importancia de la reproducción de bacterias beneficiosas por división celular se puede observar en la rizosfera, que es la zona que rodea las raíces de las plantas y que está habitada por una gran cantidad

de microorganismos, incluyendo bacterias PGPR y rizobacterias. En la rizosfera, las bacterias beneficiosas se reproducen rápidamente por división celular, lo que les permite colonizar rápidamente la superficie de las raíces de las plantas y proporcionar una serie de beneficios. Por ejemplo, algunas rizobacterias pueden fijar el nitrógeno atmosférico y convertirlo en una forma disponible para las plantas, lo que promueve su crecimiento y desarrollo (Paliwoda & Mikiciuk, 2020; Vessey, 2003).

Además, las bacterias PGPR y rizobacterias producen compuestos que promueven la germinación de semillas y mejoran la absorción de nutrientes por parte de las plantas. También pueden producir compuestos que protegen a las plantas contra patógenos y enfermedades, como los hongos. Aunque las bacterias no experimentan mitosis, su rápida reproducción por división celular en la rizosfera les permite colonizar rápidamente la superficie de las raíces de las plantas y proporcionar una serie de beneficios, como la fijación de nitrógeno, la promoción del crecimiento y la protección (Bashan et al., 2016)

### **3.6 División Celular Meiosis**

La meiosis es un proceso de división celular que ocurre en células sexuales (gametos) de organismos eucariotas. A diferencia de la mitosis, que produce células idénticas a la célula madre, la meiosis produce células hijas con la mitad del número de cromosomas que la célula madre. Este proceso es crucial para la reproducción sexual, ya que permite la formación de gametos haploides, que al unirse durante la fecundación, dan lugar a un cigoto diploide. La meiosis consta de dos divisiones celulares consecutivas, denominadas meiosis I y meiosis II, cada una de las cuales incluye cuatro fases: profase, metafase, anafase y telofase (Alberts et al., 2016).

El proceso de la meiosis I, que incluye la profase I, la metafase I, la anafase I y la telofase I.

La primera etapa de la meiosis I es la profase I, que se subdivide en cinco fases: leptoteno, cigoteno, paquiteno, diploteno y diacinesis (Alberts et al., 2016). Durante la profase I, los cromosomas se condensan y se hacen visibles bajo el microscopio, y los homólogos se aparean y forman una estructura llamada bivalente o tétrada. En la fase de leptoteno, los cromosomas se condensan y se hacen visibles, mientras que en la fase de cigoteno, los cromosomas homólogos se emparejan y forman el complejo sinaptonémico. En la fase de paquiteno, los cromosomas se condensan aún más y se producen intercambios de segmentos entre los cromosomas homólogos en un proceso llamado entrecruzamiento. En la fase de diploteno, los cromosomas homólogos comienzan a separarse, aunque permanecen unidos en los puntos de entrecruzamiento. Finalmente, en la fase de diacinesis, los cromosomas homólogos se separan completamente, y los puntos de entrecruzamiento se convierten en quiasmas (Alberts et al., 2016).

Después de la profase I, viene la metafase I, en la que los bivalentes se alinean en el ecuador de la célula, formando una placa metafásica (Alberts et al., 2016). En esta etapa, los microtúbulos del huso se unen a los cinetocoros de los bivalentes, lo que les permite moverse hacia los polos opuestos de la célula durante la anafase I.

En la anafase I, los bivalentes se separan y los cromosomas homólogos se mueven hacia los polos opuestos de la célula (Alberts et al., 2016). En este proceso, los microtúbulos del huso se acortan y los cinetocoros se separan, lo que permite la separación de los cromosomas homólogos. Es importante destacar que, a diferencia de la mitosis, en la meiosis I los cromosomas homólogos se separan, no las cromátidas hermanas.

Finalmente, en la telofase I, los cromosomas homólogos llegan a los polos opuestos de la célula y se produce la citocinesis, dividiendo la célula en dos células hijas (Alberts et al., 2016). Los cromosomas se descondensan y la membrana nuclear se reconstituye en cada célula hija. Es importante

señalar que, en algunos casos, la citocinesis no ocurre completamente, y las células hijas resultantes permanecen unidas por un puente citoplasmático conocido como citocinesis incompleta. Este proceso, aunque poco común, puede dar lugar a la formación de células con más de dos juegos de cromosomas, lo que se conoce como poliploidía y puede tener importantes implicaciones en la evolución y adaptación de las especies (Otto, 2007).

La meiosis I es una etapa crítica en la formación de células reproductoras haploides. Durante esta etapa, se produce la recombinación genética y la separación de los cromosomas homólogos, lo que da lugar a una variabilidad genética importante. Además, es importante señalar que cualquier error en este proceso puede dar lugar a aneuploidías, trastornos cromosómicos que pueden tener importantes implicaciones en la salud y el desarrollo de los organismos.

### **3.6.1 Meiosis II**

La meiosis II es la segunda etapa del proceso de división celular meiótica. Después de que se completa la meiosis I, las células hijas tienen la mitad del número de cromosomas que la célula madre, pero todavía están formadas por cromosomas homólogos con dos cromátidas hermanas cada uno. En la meiosis II, estas células hijas pasan por una segunda ronda de división celular, que tiene como objetivo separar las cromátidas hermanas de cada cromosoma y producir cuatro células haploides (Alberts et al., 2002).

La función principal de la meiosis II es producir células hijas haploides que contienen una sola copia de cada cromosoma. La reducción cromosómica se produce en la meiosis I, cuando los cromosomas homólogos se separan, y se completa en la meiosis II, cuando las cromátidas hermanas se separan. El resultado final es que las células hijas de la meiosis II tienen la mitad del número de cromosomas que la

célula madre y una sola copia de cada cromosoma (Alberts et al., 2002).

La variabilidad genética se produce en la meiosis II a través de la separación de las cromátidas hermanas, que permite la distribución aleatoria de los cromosomas a las células hijas. Durante la meiosis I, se produce la recombinación genética por la separación y el intercambio de material genético entre los cromosomas homólogos. La combinación de estos dos procesos, separación de las cromátidas hermanas y recombinación genética, permite la formación de gametos con variabilidad genética, lo que aumenta la diversidad en la descendencia (Alberts et al., 2016).

La función de la meiosis II es reducir el número de cromosomas a la mitad y generar células hijas haploides con una sola copia de cada cromosoma, y al mismo tiempo, generar variabilidad genética en la descendencia a través de la separación de las cromátidas hermanas y la recombinación genética en la meiosis I (Alberts et al., 2016).

La meiosis II es la segunda etapa de la meiosis, que consta de cuatro fases: la profase II, la metafase II, la anafase II y la telofase II. Durante la meiosis II, las células hijas producidas en la meiosis I se dividen de manera similar a la mitosis, produciendo cuatro células hijas haploides con una sola copia de cada cromosoma (Alberts et al., 2016).

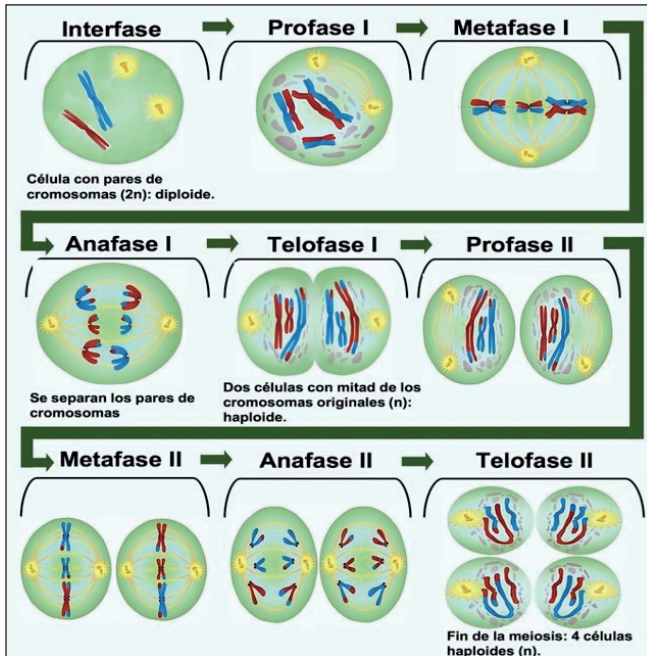
En la profase II, los cromosomas condensados se vuelven visibles y se mueven hacia el ecuador de la célula, donde se alinean en la placa metafásica en la metafase II (Alberts et al., 2016).. A diferencia de la metafase I, donde los cromosomas homólogos se emparejan, en la metafase II los cromosomas se alinean en la placa metafásica individualmente.

En la anafase II, las cromátidas hermanas se separan y se mueven hacia los polos opuestos de la célula, separándose de las otras cromátidas

hermanas (Alberts et al., 2016).. Este proceso es similar a la anafase de la mitosis.

Finalmente, en la telofase II, los cromosomas llegan a los polos opuestos de la célula y se produce la citocinesis, dividiendo la célula en dos células hijas (Alberts et al., 2016). Cada célula hija haploide tiene una sola copia de cada cromosoma y contiene la mitad del número de cromosomas de la célula original.

La meiosis II es esencial para la formación de células hijas haploides y la diversidad genética. Durante esta etapa, los cromosomas se separan en las células hijas a través de la anafase II y se produce la citocinesis en la telofase II, formando cuatro células hijas haploides idénticas a las células originales.



**Figura 17.** Proceso de división celular meiosis I y Meiosis II (Fernandes. Ana, 2020)

### 3.6.2 Ejemplo de meiosis en plantas

La meiosis es un proceso fundamental en la reproducción sexual de las plantas, ya que permite la formación de células reproductivas haploides, como los gametos masculinos y femeninos, a partir de células diploides. Un ejemplo de meiosis en plantas se puede observar en la formación de las células reproductoras de las flores, como el polen y los óvulos.

Durante la meiosis en las células precursoras del polen, se produce la reducción del número de cromosomas de diploide ( $2n$ ) a haploide ( $n$ ), lo que resulta en la formación de cuatro células hijas haploides, cada una con un conjunto único de cromosomas. Estas células hijas son los granos de polen, que pueden ser transportados por el viento o los insectos para fertilizar el óvulo de otra flor y dar lugar a una nueva planta (Alberts et al., 2016).

Por otro lado, en la meiosis de las células precursoras del óvulo, también se produce la reducción del número de cromosomas de diploide ( $2n$ ) a haploide ( $n$ ), pero solo una de las cuatro células hijas resultantes se convierte en el óvulo funcional, mientras que las otras tres células se convierten en células accesorias o antípodas. La fecundación de este óvulo por un grano de polen haploide resulta en la formación de un cigoto diploide que se convierte en la semilla de una nueva planta (Alberts et al., 2016).

La meiosis es un proceso esencial en la reproducción sexual de las plantas y permite la formación de células reproductoras haploides, como el polen y los óvulos, a partir de células diploides. El conocimiento de la meiosis en plantas es importante para entender la diversidad genética de las especies y la evolución de las mismas.

### 3.7 Células haploides y diploides

Una célula diploide es una célula que contiene dos juegos completos de cromosomas, uno heredado de cada progenitor. Las células diploides son comunes en organismos multicelulares y se representan con la letra “ $2n$ ”, donde “ $n$ ” es el número de cromosomas haploides en una célula. Por ejemplo, los seres humanos tienen 46 cromosomas en sus células somáticas, lo que indica que tienen 23 pares de cromosomas diploides (Campbell et al., 2017).

Por otro lado, una célula haploide es una célula que contiene solo un juego completo de cromosomas. Las células haploides se representan con la letra “ $n$ ”. Los organismos haploides son aquellos que tienen solo una copia de cada cromosoma en cada célula, como los gametos (células sexuales) de la mayoría de los organismos, como los óvulos y los espermatozoides en los seres humanos (Campbell et al., 2017).

La diferencia fundamental entre las células haploides y diploides es el número de cromosomas que contienen. Las células diploides tienen dos copias de cada cromosoma, mientras que las células haploides solo tienen una. La diploidía se encuentra comúnmente en organismos multicelulares y está relacionada con la reproducción sexual y la herencia genética. La haploidía, por otro lado, es esencial para la producción de gametos y la formación de células reproductivas. Además, la combinación de células haploides durante la fecundación da lugar a una célula diploide que contiene información genética de ambos progenitores, lo que es importante para la variabilidad genética y la evolución de las especies. La célula diploide y la célula haploide son dos tipos de células diferentes en términos de su número de cromosomas y su función en el proceso de reproducción (Campbell et al., 2017).

### **3.8 Taller 3 Tipos de células, función y división celular**

El objetivo general de este taller es proporcionar a los participantes una comprensión profunda de los diferentes tipos de células vegetales, la composición estructural de la célula y su función, así como los procesos de división celular, tanto mitosis como meiosis. Al finalizar el taller, los participantes estarán capacitados para identificar y diferenciar entre células haploides y diploides, comprender los procesos de división celular en bacterias como PGPR y rizobacterias, así como en plantas, y conocer los detalles del ciclo celular, la interfase y la fase mitótica. Además, podrán aplicar este conocimiento a diversas áreas de la investigación en biología vegetal así como biotecnología.

#### **Metodología**

En el taller se aconseja aprender sobre los diferentes tipos de células, su función y la división celular, enfocándose en la mitosis y la meiosis, para lo cual se deben realizar las actividades y completar el cuestionario:

#### **Actividades**

- Presentación y discusión de los diferentes tipos de células vegetales, su estructura y funciones.
- Descripción del ciclo celular, con especial atención en las fases de la mitosis y la meiosis.
- Análisis de las diferencias entre células haploides y diploides.
- Observación y análisis de ejemplos de mitosis y meiosis en plantas.
- Análisis de los procesos de división celular en bacterias como PGPR y rizobacterias.
- Debate y discusión de las implicaciones éticas en la morfología celular, especialmente enfocadas al campo vegetal.
- Realización de ejercicios prácticos para la identificación y clasificación de diferentes tipos de células.

### 3.8.1 Cuestionario capítulo III

- ¿Cuáles son los diferentes tipos de células vegetales y cuáles son sus funciones?
- ¿Cómo está compuesta estructuralmente una célula vegetal y cuáles son sus componentes más importantes?
- ¿Cuál es la función de la célula vegetal en el organismo vegetal?
- ¿Qué es el ciclo celular y cuáles son sus fases?
- ¿Qué ocurre durante la fase de interfase del ciclo celular en una célula vegetal?
- ¿Qué ocurre durante la fase mitótica del ciclo celular en una célula vegetal?
- ¿Cómo se lleva a cabo la división celular en una célula vegetal y cuáles son sus resultados?
- ¿Qué ocurre a nivel del centrosoma durante la división celular en una célula vegetal?
- ¿Cuál es el ejemplo de mitosis en plantas más comúnmente observado?
- ¿Qué es la meiosis, cuál es su función en las plantas y cómo difiere de la mitosis?



## **CAPÍTULO IV.**

# **BASES DE LA REPRODUCCIÓN Y LA HERENCIA**

*La reproducción y la herencia:  
procesos esenciales para la continuidad  
de la vida plagados de intrigantes  
mecanismos por revelar.*

## Introducción

En este cuarto capítulo se exploran los fundamentos de la reproducción y la herencia genética. Se describen los tejidos embrionarios presentes en vegetales, incluyendo la clasificación de tejidos vegetales y los meristemos primarios y secundarios. Se detalla el proceso de reproducción sexual en plantas, cubriendo la germinación y sus fases. Se analizan las biomoléculas esenciales para la vida: lípidos, carbohidratos, proteínas y ácidos nucleicos. Se explica la estructura de los nucleótidos como unidades básicas de los ácidos nucleicos. Se discuten los mecanismos celulares fundamentales para la obtención de energía, como la respiración celular y la fotosíntesis. Se cubre el metabolismo celular, los tipos de nutrición autótrofa y heterótrofa, y sus clasificaciones. Se profundiza en los procesos bioquímicos de la respiración aerobia y anaerobia. Se detalla la fotosíntesis como proceso esencial para la vida. Se explora la naturaleza molecular de los genes y el dogma central de la biología molecular. Finalmente, se analizan los mecanismos genéticos que regulan la expresión génica. Al finalizar el capítulo, el lector comprende los principios fundamentales de la herencia biológica y su relación con la reproducción celular. Al finalizar este capítulo, el lector comprenderá los mecanismos que regulan el crecimiento y la proliferación celular en organismos vegetales y bacterias, profundizando en el conocimiento de la reproducción celular.

### 4.1 Bases de la reproducción y la herencia

Las bases de la reproducción y la herencia están relacionadas con la transmisión de la información genética de una generación a otra, y con la forma en que esta información se expresa en los organismos. En esencia, se trata de los procesos mediante los cuales se crean y se transmiten los rasgos hereditarios de los progenitores a sus descendientes.

La reproducción es un proceso clave en la vida de los seres vivos, ya que permite la continuidad de la especie y la evolución a lo largo del tiempo. Existen dos tipos principales de reproducción: la asexual y la sexual. La reproducción asexual implica la creación de un nuevo organismo a partir de uno existente, sin la participación de células sexuales. La reproducción sexual, por otro lado, implica la fusión de gametos (células sexuales) de dos individuos diferentes para crear un nuevo organismo (Sadava et al., 2013).

En cuanto a la herencia, esta se refiere a la transmisión de los rasgos genéticos de los progenitores a sus descendientes. Los rasgos hereditarios son determinados por los genes, que son segmentos de ADN ubicados en los cromosomas de las células. Los genes pueden ser dominantes o recesivos, y se expresan en diferentes formas dependiendo de su interacción con otros genes. La comprensión de las bases de la reproducción y la herencia es fundamental para la biología, la genética y la evolución de los seres vivos. La investigación en estas áreas ha llevado a importantes descubrimientos y avances en la mejora de la salud, la agricultura y la biotecnología (Sadava et al., 2013).

## **Embrión, Crecimiento primario, secundario**

El término “embrión” proviene del griego ἔμβρυον (émbruon), que significa “lo que se está formando dentro”. La primera referencia conocida al término se atribuye al filósofo griego Aristóteles en el siglo IV a.C., quien utilizó la palabra “embrión” para describir el desarrollo de animales en etapas tempranas (Cunningham & Cunningham, 2013).

Las plantas han desarrollado varios mecanismos para dispersar a su descendencia y explorar nuevos hábitats, a pesar de ser en gran medida organismos inmóviles. Una forma de expandir su área de población es a través de la propagación vegetativa utilizando estructuras especializadas como rizomas o estolones. Sin embargo, estos mecanismos tienen limitaciones y no pueden superar los obstáculos (Peris et al., 2010).

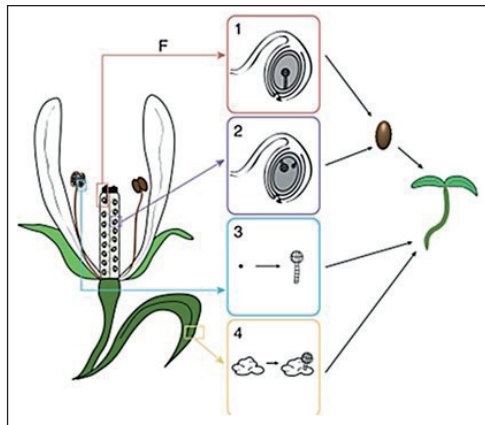
La innovación que permitió a las plantas superar estas restricciones y utilizar diferentes medios de dispersión como el viento, el agua, los animales, la gravedad e incluso mecanismos balísticos es la semilla. Las semillas también permiten que el embrión encerrado permanezca inactivo y sobreviva a las duras condiciones ambientales durante largos períodos de tiempo. Cuando las condiciones se vuelven favorables, las semillas proporcionan al embrión los nutrientes necesarios para apoyar el desarrollo postembrionario. La forma y el tamaño de las semillas varían para cumplir con estos requisitos, permitiendo que las plantas ocupen nuevos nichos ecológicos y dominen diferentes hábitats en climas cálidos y fríos (Kessler & Stuppy, 2006).

Existen dos principales categorías de plantas con semilla: gimnospermas y angiospermas. Las gimnospermas tienen óvulos en escamas, a menudo en estructuras parecidas a conos, mientras que las angiospermas tienen órganos reproductores organizados en flores. A pesar de las diferencias en la anatomía y función de las semillas, la organización básica del cuerpo y el desarrollo del embrión son muy similares entre las plantas superiores (Lersten, 2004a). El desarrollo embrionario se divide en tres fases comunes: la elongación del huevo fertilizado, la división celular y la formación de los órganos fundamentales, y la preparación para la dormancia. Las semillas típicamente llevan un solo embrión, pero se ha observado la formación de semillas poliembriónicas en varias especies. Además, se menciona la posibilidad de la formación de embriones a partir de células no fertilizadas en un proceso llamado apomixis (Bewley et al., 1994).

Por lo general, las semillas llevan un solo embrión que emerge como producto de la fertilización del óvulo (Figura 18, recuadro 1) (Batygina & Vinogradova, 2007). Las células no fertilizadas poseen el potencial de formar embriones dentro de una semilla. Estos mecanismos reproductivos asexuales de formación de embriones se han resumido bajo el término apomixis (Figura. 18, recuadro 2) (Koltunow & Grossniklaus, 2003). Además de los orígenes naturales de la embriogénesis, los gametos masculinos (granos de polen) pueden dar lugar a embriones viables

pero haploides cuando se cultivan en determinadas condiciones (Figura 18, recuadro 3) (Seguí-Simarro & Nuez, 2008). Por último, las células somáticas pueden ser forzadas a seguir una vía embriogénica mediante el tratamiento de explantes cultivados con auxina (2,4-D) Figura 18 recuadro 4 (Toonen & de Vries, 1996).

El proceso de embriogénesis puede ocurrir naturalmente en los tejidos reproductivos dentro de una flor, o puede inducirse en varios tipos de células a través de tratamientos experimentales. Los diferentes modos de embriogénesis incluyen la embriogénesis cigótica, la embriogénesis apomítica, la embriogénesis a partir de microsporas y la embriogénesis somática. A pesar de los variados orígenes y patrones celulares de división, todos los modos de embriogénesis dan como resultado el desarrollo de una plántula que consta de un eje apico-basal con meristemas apicales de brote y raíz, un eje radial que define los respectivos tejidos, y uno o dos cotiledones colocados en el entorno inmediato del meristemo apical del brote (Peris et al., 2010).

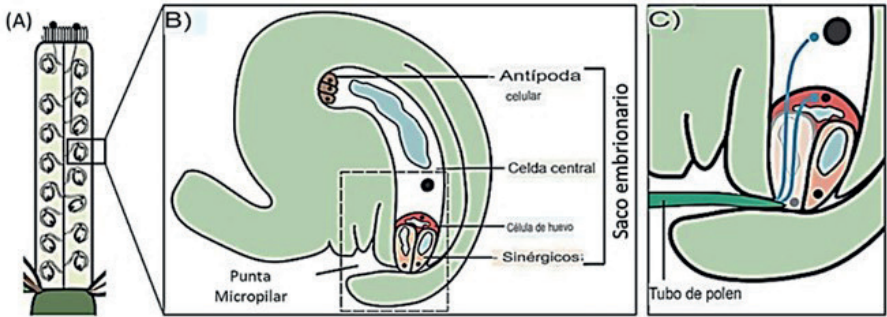


**Figura 18.** La embriogénesis de las plantas normalmente ocurre en los tejidos reproductivos de la flor.

**Nota.** El recuadro 1 muestra el proceso de embriogénesis cigótica, que ocurre cuando un grano de polen se deposita en el estigma del carpelo y fertiliza el óvulo dentro del gineceo.

El óvulo fertilizado se desarrolla en una semilla, que al germinar, produce una plántula dicotiledónea. Además de la embriogénesis cigótica, existen otros modos de embriogénesis que incluyen la formación de embriones apomícticos dentro del óvulo (cuadro 2), la producción de embriones derivados de microsporas que se desarrollan a partir de granos de polen (cuadro 3), y la generación de embriones somáticos que se inician a partir de tejido calloso derivado de células somáticas (cuadro 4). Aunque solo la embriogénesis cigótica y apomíctica pasan por una etapa de semilla, todos estos modos de embriogénesis producen plántulas con el mismo plan corporal (Peris et al., 2010).

En las plantas angiospermas, como *Arabidopsis*, el proceso de formación del patrón embrionario comienza con la posición del gameto femenino (óvulo) en el interior del saco embrionario, que se encuentra protegido por el tejido materno del óvulo dentro del carpelo ((Peris et al., 2010)Figura. 19 A, B). Cuando se deposita un microgametofito masculino (grano de polen) en el estigma del carpelo, un tubo polínico crece y se extiende hacia el óvulo. Finalmente, este tubo ingresa al óvulo a través del extremo micropilar y entrega dos núcleos espermáticos haploides. Uno de ellos fertiliza el óvulo, mientras que el otro se fusiona con los dos núcleos de la célula central para formar el endospermo triploide ((Lersten, 2004b); Figura . 19 C).



**Figura 19.** Fecundación en *Arabidopsis*.

**Nota.** La fecundación ocurre dentro del gineceo (A), donde los óvulos (B) están unidos a los tejidos placentarios. El óvulo de *Arabidopsis* consta de un gametofito (saco embrionario) cubierto por capas de células de integumento somático. La célula del huevo, rodeada por dos células sinérgidas, se localiza en el extremo micropilar. Además, el saco embrionario alberga un núcleo de célula central y tres células antípoda. (C) Al germinar y crecer, el tubo polínico es atraído hacia el óvulo por las células sinérgidas. El tubo polínico luego libera sus núcleos generativos en la sinérgida que está degenerando, momento en el cual los núcleos se fusionan con la célula del huevo y el núcleo de célula central. (B, C) Dibujado según (Sundaresan & Alandete-Saez, 2010).

## 4.2 Tejidos embrionarios en los vegetales

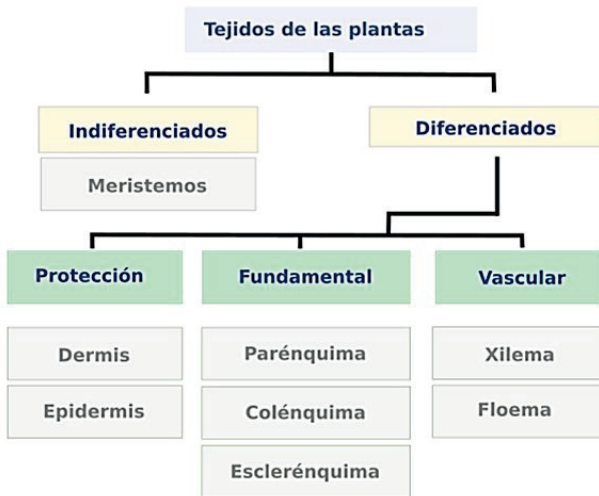
Es importante conocer los tejidos embrionarios en los vegetales porque estos tejidos son los precursores de los tejidos definitivos de la planta y son responsables del desarrollo y crecimiento de la misma. El meristema apical, por ejemplo, es el tejido responsable del crecimiento en longitud de la planta y es el responsable de la formación de los tejidos vegetales primarios como el xilema, floema y la epidermis (Taiz, 2002).

Además, el conocimiento de los tejidos embrionarios es fundamental en la biotecnología vegetal y la propagación de plantas, ya que la capacidad de regenerar tejidos a partir de meristemos es ampliamente utilizada en técnicas de cultivo *in vitro* y en la producción de plantas transgénicas.

Por lo tanto, comprender los tejidos embrionarios es esencial para entender la biología de las plantas y para la producción de plantas saludables y productivas (Raven & Johnson, 2002).

#### 4.2.1 Clasificación de los tejidos vegetales

Históricamente, se ha dividido a los tejidos vegetales en tres sistemas principales: el sistema de protección que incluye la epidermis y peridermis, el sistema fundamental que comprende el parénquima, colénquima y esclerénquima, y el sistema vascular que abarca el xilema y el floema Figura 20 (Megías et al., 2020).



**Figura 20.** Clasificación de tejidos vegetales (Megías et al., 2020).

La clasificación de los tejidos vegetales se puede dividir en dos categorías principales: tejidos embrionarios y tejidos definitivos Figura 21. Los tejidos embrionarios son aquellos que se forman durante el desarrollo embrionario de la planta y dan lugar a los tejidos definitivos, que se forman después del desarrollo embrionario y son responsables de la mayoría de las funciones de la planta.

Los tejidos embrionarios incluyen tres tipos principales de tejidos: el meristema apical, el procambium y el dermatogén. El meristema apical es responsable del crecimiento en longitud de la planta y se encuentra en los extremos de los tallos y las raíces. El procambium es responsable de la formación del xilema y el floema, que son los principales tejidos conductores de la planta. El dermatogén es responsable de la formación de la epidermis, que es la capa más externa de las hojas, tallos y raíces (Megías et al., 2020).

Los tejidos definitivos se dividen en tres tipos principales: tejidos de protección, tejidos de sostén y tejidos conductores. Los tejidos de protección incluyen la epidermis, que protege la superficie de la planta y ayuda a prevenir la pérdida de agua. Los tejidos de sostén incluyen la colénquima, que proporciona soporte estructural a la planta, y el esclerénquima, que es más duro y rígido que la colénquima y proporciona un soporte adicional. Los tejidos conductores incluyen el xilema y el floema, que son responsables del transporte de agua y nutrientes dentro de la planta (Megías et al., 2020).



Figura 21. Clasificación de los tejidos de las plantas

**Nota.** La organización de los tejidos vegetales puede ser clasificada tomando en cuenta su duración, su capacidad de reproducción y los diferentes tipos de células que los conforman.

## **Tejidos meristemáticos o embrionarios**

Los tejidos meristemáticos o embrionarios son aquellos que se encargan de la formación y crecimiento de los diferentes órganos de la planta, tales como las raíces, tallos, hojas y flores (Raven et al., 2010). Estos tejidos se caracterizan por su capacidad de división y diferenciación celular, lo que les permite generar nuevas células y tejidos especializados a lo largo de la vida de la planta. Según su posición en la planta, se pueden clasificar en dos tipos principales: meristemas apicales y laterales (Campbell & Reece, 2005)

Los meristemas apicales se encuentran en la punta de los tallos y raíces, y son responsables del crecimiento en longitud de la planta. Estos meristemas pueden ser subdivididos en tres tipos: el meristema apical del tallo (MAT), el meristema apical de la raíz (MAR) y el meristema apical de las yemas axilares (MAYA) (Raven et al., 2010). El MAT y el MAR generan nuevos tejidos que forman el cuerpo de la planta, mientras que el MAYA produce ramificaciones laterales en el tallo. Los meristemas laterales, por otro lado, se originan a partir de los tejidos ya diferenciados de la planta y están involucrados en el crecimiento en grosor del tallo y la formación de las ramas laterales (Campbell & Reece, 2005).

La presencia de los tejidos meristemáticos o embrionarios en las plantas es crucial para su supervivencia y adaptación a diferentes condiciones ambientales (P. H. Raven et al., 2010) Estos tejidos son capaces de regenerar células y tejidos dañados, y de responder a estímulos externos, como la luz y la gravedad, a través de la generación de nuevas estructuras. Además, la capacidad de división de las células meristemáticas permite que las plantas se mantengan en un estado juvenil y en cons-

tante crecimiento, lo que les confiere una ventaja evolutiva sobre otros organismos (Campbell & Reece, 2005)

Los tejidos meristemáticos o embrionarios son fundamentales en la biología de las plantas, ya que son los responsables del crecimiento y desarrollo de los diferentes órganos vegetales (P. H. Raven et al., 2010). Estos tejidos se caracterizan por su capacidad de división y diferenciación celular, lo que les permite generar nuevos tejidos especializados a lo largo de la vida de la planta. La comprensión de estos procesos es crucial para el desarrollo de nuevas tecnologías en el campo de la biotecnología vegetal y la agricultura (Campbell & Reece, 2005).

#### **4.2.2 Meritemos primarios y secundarios**

Los meristemas primarios son los encargados de generar los tejidos primarios de las plantas, los cuales conforman los órganos vegetales en crecimiento. Estos meristemas se originan durante la etapa embrionaria de la planta y se encuentran ubicados en la punta de los tallos y las raíces, donde son responsables del crecimiento en longitud de la planta.

El meristema apical del tallo (MAT) y el meristema apical de la raíz (MAR) son los dos tipos de meristemas primarios más comunes en las plantas. El MAT se encuentra en la punta de los tallos y es el responsable del crecimiento en longitud del tallo, mientras que el MAR se encuentra en la punta de las raíces y es el responsable del crecimiento en longitud de la raíz (Raven et al., 2010) Ambos meristemas se caracterizan por la presencia de células pequeñas, de forma cúbica o prismática, que se dividen de manera activa para generar nuevos tejidos.

Los meristemas secundarios, por otro lado, se originan a partir de los tejidos ya diferenciados de la planta y están involucrados en el crecimiento en grosor del tallo y la formación de las ramas laterales. Estos meristemas son típicos de las plantas leñosas, como los árboles, y su

actividad se ve influenciada por el cambio estacional y las condiciones ambientales (Taiz, 2002).

Los meristemas laterales son los tipos de meristemas secundarios más comunes en las plantas leñosas y se encuentran ubicados en los extremos de los tallos y las raíces. Estos meristemas se dividen para producir nuevas células que se diferencian en tejidos conductores, como la madera y la corteza. Además, los meristemas laterales también son responsables de la formación de las ramas laterales, lo que les permite a las plantas aumentar su superficie foliar y captar más luz para la fotosíntesis (Campbell & Reece, 2005).

Los meristemas primarios y secundarios son los dos tipos principales de meristemas que se encuentran en las plantas. Los meristemas primarios se originan durante la etapa embrionaria de la planta y son responsables del crecimiento en longitud de los tallos y las raíces, mientras que los meristemas secundarios se originan a partir de los tejidos ya diferenciados y están involucrados en el crecimiento en grosor del tallo y la formación de las ramas laterales. La comprensión de estos procesos es fundamental para la investigación en biotecnología vegetal y la producción agrícola (Raven et al., 2010).

Los meristemas secundarios son de dos clases: el cambium y el felógeno. El cambium, también conocido como cambium vascular, es un meristema lateral que se encuentra entre la corteza y la médula del tallo y las raíces de las plantas leñosas. Es responsable de la formación de tejido vascular secundario, que incluye el xilema secundario y el floema secundario, que se extienden hacia el interior y el exterior del tallo, respectivamente (Raven et al., 2010).

El cambium es un tejido bifacial, lo que significa que produce células tanto hacia adentro como hacia afuera. Las células que se producen hacia el interior forman el xilema secundario, que transporta agua y nu-

trientes desde las raíces hasta la parte aérea de la planta. Las células que se producen hacia el exterior forman el floema secundario, que transporta los nutrientes producidos por la fotosíntesis desde las hojas hasta otras partes de la planta (Raven et al., 2010).

El felógeno, también conocido como cambium suberógeno, es otro tipo de meristema lateral que se encuentra justo debajo de la epidermis de las plantas leñosas. Es responsable de la formación de la capa protectora de la planta, conocida como corcho o súber. El felógeno produce células hacia afuera que se diferencian en células de corcho y células parenquimáticas, que son las células que se encuentran debajo de la capa de corcho y tienen funciones de almacenamiento y transporte (Raven et al., 2010).

Es importante tener en cuenta que los meristemas secundarios son fundamentales para el crecimiento en grosor de la planta y la formación de estructuras como el tronco y las ramas. Comprender la función y la actividad de estos meristemas es fundamental para la investigación en biotecnología vegetal y la producción agrícola.

### **4.3 La reproducción sexual en las plantas**

La reproducción sexual es un proceso fundamental en la biología de las plantas, que permite la variabilidad genética y la adaptación a diferentes entornos. En este proceso, los organismos producen gametos, células especializadas que llevan la mitad del número de cromosomas de las células normales. Los gametos se fusionan durante la fertilización, formando un cigoto con una versión única de la información genética que determinará las características físicas del organismo resultante (Raven et al., 2010).

Los cromosomas son estructuras microscópicas que se encuentran en el núcleo de las células y que llevan la información genética de los organismos. En las plantas, los cromosomas están organizados en pares y se

pueden observar durante la división celular, cuando se condensan y se vuelven visibles bajo el microscopio (Raven et al., 2010).

El cigoto es la célula resultante de la unión del gameto masculino con el gameto femenino en la reproducción sexual. Esta célula contiene la información genética completa del organismo resultante y dará lugar al embrión, que es la etapa inicial en el desarrollo de una planta. Durante la división celular, el embrión se desarrolla y da lugar a diferentes tejidos y órganos, que se organizan en una estructura compleja capaz de realizar funciones vitales (Lincoln & Zeiger, 2010).

Es importante destacar que la reproducción sexual y el juego de cromosomas son fundamentales para la evolución de las plantas y la adaptación a diferentes condiciones ambientales. Además, la comprensión de estos procesos es esencial para la investigación en biotecnología vegetal y la mejora genética de las plantas cultivadas.

#### **4.3.1 Proceso de germinación**

En las semillas, el proceso de germinación se inicia cuando se alcanzan condiciones adecuadas de temperatura, humedad y luz. La semilla absorbe agua, lo que desencadena una serie de procesos bioquímicos que permiten la activación del embrión. En este proceso, se produce la ruptura de la cubierta de la semilla y el crecimiento de la raíz y del tallo (Bewley & Black, 1994).

En las plantas cotiledóneas, el proceso de germinación da lugar a la formación de dos hojas embrionarias llamadas cotiledones. Estas hojas tienen la función de proporcionar nutrientes al embrión durante las primeras etapas de crecimiento. A medida que la planta crece, se desarrollan las hojas verdaderas, que son las encargadas de realizar la fotosíntesis y proporcionar alimento a la planta (Raven et al., 2010).

Por otro lado, en las plantas monocotiledóneas, el proceso de germinación da lugar a la formación de una sola hoja embrionaria, que es el cotiledón. Esta hoja tiene la función de proporcionar nutrientes al embrión durante las primeras etapas de crecimiento. A medida que la planta crece, se forman hojas adicionales desde el meristemo apical de la planta (Raven et al., 2010).

La germinación es un proceso complejo que involucra diferentes procesos bioquímicos y fisiológicos en la semilla. Este proceso es esencial para la supervivencia de las plantas y da lugar a la formación de diferentes tipos de hojas, dependiendo del tipo de planta que se esté germinando.

La fase de hidratación es fundamental en el proceso de germinación, ya que la absorción de agua es el primer paso para que éste se lleve a cabo. Según algunos autores, sin la hidratación de la semilla, el proceso de germinación no se puede dar (Toorop et al., 2000). Durante esta fase, se produce un aumento proporcional en la actividad respiratoria de la semilla, lo que indica un mayor consumo de oxígeno y la producción de dióxido de carbono (Bewley y Black, 1994).

### **4.3.2 Fases del proceso de germinación**

La fase de germinación es la etapa en la que se producen las transformaciones metabólicas necesarias para el correcto desarrollo de la plántula. En esta fase se activan enzimas, se sintetizan proteínas y se produce el crecimiento celular (Bewley & Black, 1994). También se inicia la producción de hormonas como el ácido abscísico, que inhibe la germinación de la semilla en condiciones de estrés hídrico o salino (Finkelstein et al., 2002).

Finalmente, en la fase de crecimiento, la radícula emerge de la semilla y comienza a crecer hacia el sustrato en busca de agua y nutrientes. Durante esta etapa, la absorción de agua vuelve a aumentar, lo que se debe

a la expansión celular y a la necesidad de mantener la turgencia en las células (Bewley & Black, 1994a).

La germinación de las semillas consta de tres fases: la hidratación, la germinación propiamente dicha y el crecimiento. Cada una de ellas es esencial para el correcto desarrollo de la plántula y su capacidad para establecerse en el medio ambiente. La comprensión de estos procesos es fundamental para la producción agrícola y la propagación de especies vegetales en viveros y jardines.

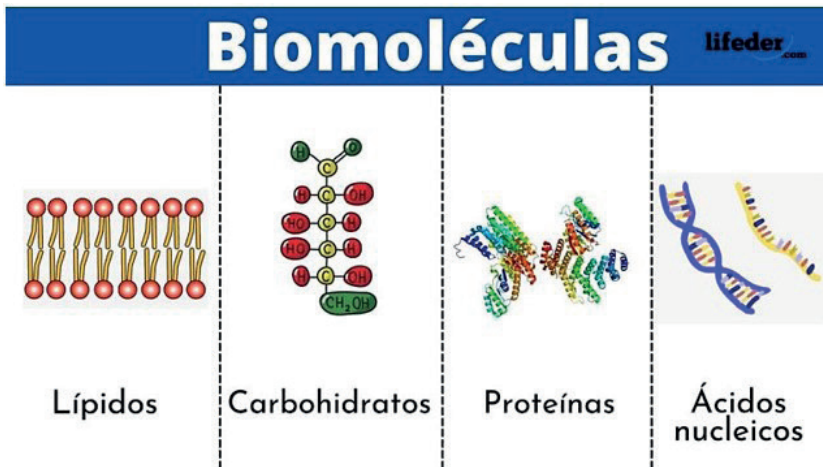
#### **4.4 Los cuatro bloques de construcción de la vida: lípidos, carbohidratos, proteínas y ácidos nucleicos**

Las biomoléculas son las moléculas orgánicas presentes en los seres vivos y que desempeñan una gran variedad de funciones. Están compuestas principalmente por cuatro tipos de elementos químicos: carbono (C), hidrógeno (H), oxígeno (O) y nitrógeno (N), aunque también pueden contener otros elementos como fósforo (P), azufre (S) y hierro (Fe), entre otros (Cox & Nelson, 2008).

Entre las biomoléculas más importantes se encuentran los lípidos, los carbohidratos, las proteínas y los ácidos nucleicos. Los lípidos son moléculas orgánicas compuestas principalmente por carbono, hidrógeno y oxígeno, y su principal función es la de almacenar energía en el organismo. Los carbohidratos, por otro lado, son moléculas orgánicas compuestas por carbono, hidrógeno y oxígeno, y su función principal es la de proporcionar energía a los seres vivos. Las proteínas son moléculas orgánicas complejas compuestas por aminoácidos, y desempeñan funciones estructurales, enzimáticas y de transporte, entre otras. Los ácidos nucleicos son moléculas orgánicas que contienen la información genética de los organismos y están compuestas por nucleótidos Figura 22 (Campbell et al., 2017).

Un ejemplo de lípido son los triglicéridos, que se encuentran en la grasa animal y vegetal y son una importante fuente de energía en los seres vivos. Los carbohidratos, por su parte, pueden encontrarse en alimentos como el pan, el arroz y las frutas, y son la principal fuente de energía para el cuerpo humano. Las proteínas se encuentran en alimentos como la carne, los huevos y los frutos secos, y son esenciales para la estructura y función de las células y tejidos del organismo. Por último, los ácidos nucleicos, como el ADN y el ARN, contienen la información genética de los seres vivos y son fundamentales para la transmisión de esta información de una generación a otra (Cox & Nelson, 2008)

Las biomoléculas son moléculas orgánicas esenciales para la vida, y están compuestas por elementos químicos como el carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno, entre otros. Los lípidos, carbohidratos, proteínas y ácidos nucleicos son algunos de los tipos más importantes de biomoléculas, y cada uno desempeña funciones específicas en los seres vivos.



**Figura 22.** Biomoléculas esenciales para la vida: carbohidratos, lípidos, proteínas y ácidos nucleicos. Nota. Tomado de (Parada, 2022)

#### 4.4.1 Lípidos

Los lípidos son una clase diversa de moléculas que se caracterizan por su insolubilidad en agua y su solubilidad en disolventes orgánicos. Los lípidos son una fuente importante de energía para los organismos y que se utilizan como almacenamiento de energía en los organismos animales (Berg et al., 2015).

En cuanto a las funciones estructurales de los lípidos, los fosfolípidos son un componente clave de las membranas celulares debido a su capacidad para formar bicapas lipídicas. Los esteroides, como el colesterol, son importantes componentes de las membranas celulares y que algunos lípidos, como los esfingolípidos, también tienen funciones estructurales importantes en las membranas celulares (Lodish et al., 2016).

En cuanto a las funciones de señalización celular de los lípidos, los eicosanoides son importantes mensajeros intracelulares que se producen a partir de ácidos grasos y que regulan procesos como la inflamación y la respuesta inmunitaria. Los terpenos, como los carotenoides, actúan como pigmentos en los organismos fotosintéticos y tienen funciones de señalización importantes (Alberts et al., 2014).

#### 4.4.2 Carbohidratos

Los carbohidratos son biomoléculas esenciales para la vida y la energía de los organismos vivos. Según Lodish et al. (2016), los carbohidratos se componen de moléculas de azúcar, y se dividen en tres grupos principales: monosacáridos, oligosacáridos y polisacáridos. Los monosacáridos son los azúcares simples, como la glucosa y la fructosa, que se utilizan como fuente de energía en los procesos celulares. Los oligosacáridos son cadenas cortas de azúcares que se unen a proteínas y lípidos en las membranas celulares, y tienen una función importante en el reconocimiento celular. Los polisacáridos son cadenas largas de azúcares, como la celu-

losa, que se utilizan como estructuras de soporte en las plantas y como almacenamiento de energía en los animales.

Además de su papel como fuente de energía y su función estructural, los carbohidratos también tienen una función importante en la señalización celular. Según Berg et al. (2015), los carbohidratos se unen a proteínas específicas en la superficie de las células para formar glicoproteínas, que tienen funciones de señalización y reconocimiento importantes en el sistema inmunológico y en la fertilización. Los autores también mencionan que los carbohidratos se utilizan como señales de identificación en las células, y que las diferencias en las glicoproteínas pueden ser utilizadas para identificar diferentes tipos de células y tejidos.

Los carbohidratos son biomoléculas esenciales que desempeñan múltiples funciones en los organismos vivos, como fuente de energía, estructura de soporte, señalización y reconocimiento celular.

#### **4.4.3 Proteínas**

Las proteínas son moléculas complejas compuestas por cadenas largas de aminoácidos unidos por enlaces peptídicos. Según Berg et al. (2015), las proteínas se clasifican en cuatro niveles de estructura: primaria, secundaria, terciaria y cuaternaria. La estructura primaria se refiere a la secuencia de aminoácidos en la cadena polipeptídica. La estructura secundaria se forma por la interacción entre los aminoácidos cercanos, y puede tomar la forma de hélices alfa o láminas beta. La estructura terciaria se refiere a la estructura tridimensional de la proteína, que se forma por la interacción de las hélices y láminas beta en la cadena polipeptídica. La estructura cuaternaria se refiere a la forma en que se unen varias cadenas polipeptídicas para formar una proteína funcional.

Las proteínas tienen una gran variedad de funciones en los organismos vivos. Según Alberts et al. (2014) algunas proteínas actúan como enzi-

mas, catalizando reacciones químicas en las células. Otras proteínas tienen funciones estructurales, como la queratina en el cabello y las uñas, o la colágena en los huesos y el tejido conectivo. Algunas proteínas actúan como receptores, permitiendo que las células respondan a señales químicas en su entorno, mientras que otras actúan como transportadores, moviendo moléculas a través de las membranas celulares.

Existen varios tipos de proteínas que se clasifican según su forma y función. Las proteínas fibrosas, como la queratina y el colágeno, tienen una estructura larga y delgada y son insolubles en agua. Las proteínas globulares, como la hemoglobina y la mioglobina, tienen una forma compacta y son solubles en agua.

Las proteínas transmembrana son proteínas que atraviesan la membrana celular y tienen una parte hidrofóbica y otra hidrofílica. Las proteínas son moléculas esenciales que desempeñan una amplia variedad de funciones en los organismos vivos. Se clasifican en cuatro niveles de estructura, y su función depende de su forma y de la secuencia de aminoácidos en la cadena polipeptídica.

#### **4.4.4 Ácidos nucleicos**

Los ácidos nucleicos son biomoléculas esenciales para la vida que se encuentran en todas las células de los organismos vivos. Hay dos tipos principales de ácidos nucleicos: el ácido desoxirribonucleico (ADN) y el ácido ribonucleico (ARN). Según Berg et al. (2015), el ADN es una molécula larga y delgada que contiene información genética en la secuencia de sus nucleótidos, mientras que el ARN es una molécula más corta y de una sola cadena que actúa como intermediario entre el ADN y las proteínas.

El ADN está formado por dos cadenas de nucleótidos que se enrollan en una estructura helicoidal llamada doble hélice. Cada nucleótido está

compuesto por una base nitrogenada (adenina, guanina, citosina o timina), un grupo fosfato y un azúcar llamado desoxirribosa. La secuencia de nucleótidos en el ADN codifica la información genética necesaria para la síntesis de proteínas y otras funciones celulares (Berg et al., 2015).

El ARN, por otro lado, está formado por una sola cadena de nucleótidos y contiene ribosa en lugar de desoxirribosa como azúcar. Además, en lugar de timina, el ARN tiene uracilo como una de sus bases nitrogenadas. Hay tres tipos principales de ARN en las células: ARN mensajero (ARNm), ARN ribosomal (ARNr) y ARN de transferencia (ARNt). El ARNm lleva la información genética del ADN al ribosoma, donde se sintetizan las proteínas. El ARNr forma parte de los ribosomas y es esencial para la síntesis de proteínas, mientras que el ARNt transporta los aminoácidos al ribosoma para que se unan a la cadena polipeptídica en crecimiento (Berg et al., 2015).

Los ácidos nucleicos son moléculas esenciales para la vida que se encuentran en todas las células de los organismos vivos. El ADN contiene la información genética necesaria para la síntesis de proteínas y otras funciones celulares, mientras que el ARN actúa como intermediario entre el ADN y las proteínas. La información presentada sobre los ácidos nucleicos se basa en fuentes confiables y ampliamente utilizadas en la literatura científica.

#### **4.4.5 Nucleótidos: Elementos básicos de los ácidos nucleicos**

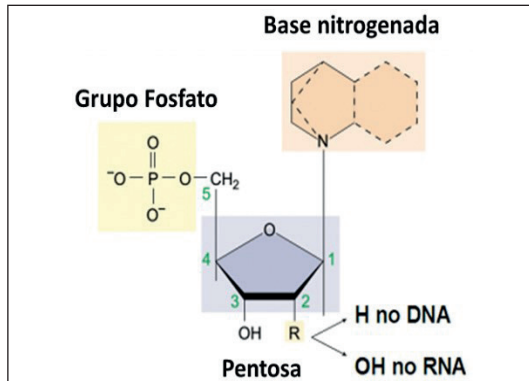
Los nucleótidos son las unidades básicas de las moléculas de ácidos nucleicos, el ADN y el ARN, que desempeñan un papel importante en la transferencia y almacenamiento de información genética en las células (Berg et al., 2015). Un nucleótido está compuesto por tres componentes principales: una base nitrogenada, un grupo fosfato y un azúcar de cinco carbonos Figura 23. La base nitrogenada puede ser adenina, guanina, citosina, timina (en el ADN) o uracilo (en el ARN), mientras que el grupo

fosfato está formado por un átomo de fósforo y cuatro átomos de oxígeno. El azúcar presente en el ADN es la desoxirribosa, mientras que el ARN contiene ribosa.

La estructura química de los nucleótidos permite su unión mediante enlaces fosfodiéster para formar las cadenas de ADN y ARN (Berg et al., 2015). En el ADN, las cadenas se unen mediante puentes de hidrógeno entre las bases complementarias (adenina con timina y guanina con citosina), lo que da lugar a una estructura de doble hélice. En el ARN, la cadena de nucleótidos se pliega sobre sí misma para formar estructuras tridimensionales complejas.

Además de su papel en la síntesis y almacenamiento de información genética, los nucleótidos también tienen funciones importantes en otras vías bioquímicas (Berg et al., 2015). El ATP (adenosín trifosfato) es un nucleótido que actúa como la principal fuente de energía para las células. El GTP (guanosín trifosfato) es un nucleótido que actúa como un cofactor en muchas reacciones enzimáticas. Los nucleótidos también desempeñan un papel en la síntesis de proteínas, la transmisión de señales en las células y la regulación de la expresión génica.

Los nucleótidos son unidades básicas de las moléculas de ácidos nucleicos que desempeñan un papel fundamental en la transferencia y almacenamiento de información genética en las células (Berg et al., 2015). Además de su función en los ácidos nucleicos, los nucleótidos también tienen una variedad de funciones importantes en otras vías bioquímicas. La información presentada se basa en fuentes confiables y ampliamente utilizadas en la literatura científica.



**Figura 23.** Estructura del nucleótido

**Nota.** La estructura química de un nucleótido, donde se pueden observar tres componentes: una pentosa de 5 carbonos, una base nitrogenada y un grupo fosfato. La pentosa se encuentra numerada del 1 al 5 para facilitar la identificación de los átomos de carbono. Este es un extracto adaptado de Raven & Johnson (2002).

#### 4.5 Mecanismos fundamentales de obtención y uso de la energía en células: Respiración celular y Fotosíntesis

La obtención y utilización de la energía celular es uno de los procesos más fundamentales y esenciales para la vida en la Tierra. Tanto la respiración celular como la fotosíntesis son mecanismos que permiten a los organismos vivos obtener la energía necesaria para sus procesos vitales. La respiración celular es un proceso bioquímico que ocurre en todas las células, donde se descompone la glucosa y se utiliza el oxígeno para producir ATP, la principal fuente de energía celular. Por otro lado, la fotosíntesis es un proceso que ocurre en los organismos autótrofos, como las plantas, donde se utiliza la energía de la luz solar para producir glucosa y oxígeno a partir del dióxido de carbono y el agua. Ambos procesos están interrelacionados y son fundamentales para mantener la vida en nuestro planeta. En este contexto, en este tema se explorarán los mecanismos de obtención y utilización de la energía celular, centrándonos en la respiración celular y la fotosíntesis (Nelson & Cox, 2017).

#### **4.5.1 Metabolismo celular: catabolismo, anabolismo y tipos de metabolismo en los seres vivos.**

En el ámbito de la biología celular, el metabolismo es un conjunto de procesos químicos que ocurren en una célula para mantener la vida. Según Berg et al. (2008), el metabolismo celular se divide en dos categorías principales: el catabolismo y el anabolismo. El catabolismo se refiere a los procesos que descomponen moléculas complejas en componentes más simples, liberando energía en el proceso. El anabolismo, por otro lado, se refiere a los procesos que construyen moléculas complejas a partir de componentes más simples, requiriendo energía para llevar a cabo esta síntesis.

El metabolismo es esencial para la vida, ya que permite a los organismos mantener sus funciones vitales. Como señalan Berg et al. (2008), el catabolismo proporciona la energía necesaria para realizar las funciones celulares, mientras que el anabolismo proporciona los materiales necesarios para construir y mantener las estructuras celulares.

Además, existen diferentes tipos de metabolismo que están presentes en los seres vivos. Según (Hein & Arena, 2010) el metabolismo aeróbico es el proceso en el cual las células utilizan el oxígeno para descomponer los nutrientes y liberar energía. Por otro lado, el metabolismo anaeróbico es el proceso en el cual las células descomponen los nutrientes sin utilizar oxígeno, liberando menos energía en el proceso.

#### **4.5.2 ¿Por qué necesitamos energía?**

Necesitamos energía celular para mantener las funciones vitales de nuestro cuerpo. Cada célula de nuestro cuerpo tiene una variedad de procesos metabólicos que deben ser llevados a cabo para mantener la homeostasis y llevar a cabo funciones específicas, como la síntesis de proteínas, la división celular y la producción de energía.

La energía celular es necesaria para realizar actividades cotidianas como caminar, hablar, respirar y pensar. También es necesaria para la reparación y regeneración de los tejidos corporales, la respuesta del sistema inmunológico y la producción de hormonas y enzimas. Sin energía celular, no podríamos sobrevivir.

### **4.5.3 Nutrición autótrofa y heterótrofa: dos formas de obtener energía en los seres vivos**

La nutrición es una función vital común a todos los seres vivos. Se refiere al proceso mediante el cual los organismos obtienen los nutrientes necesarios para sobrevivir, crecer y reproducirse Figura 24. Según Campbell & Reece (2005), hay dos tipos principales de nutrición: autótrofa y heterótrofa.

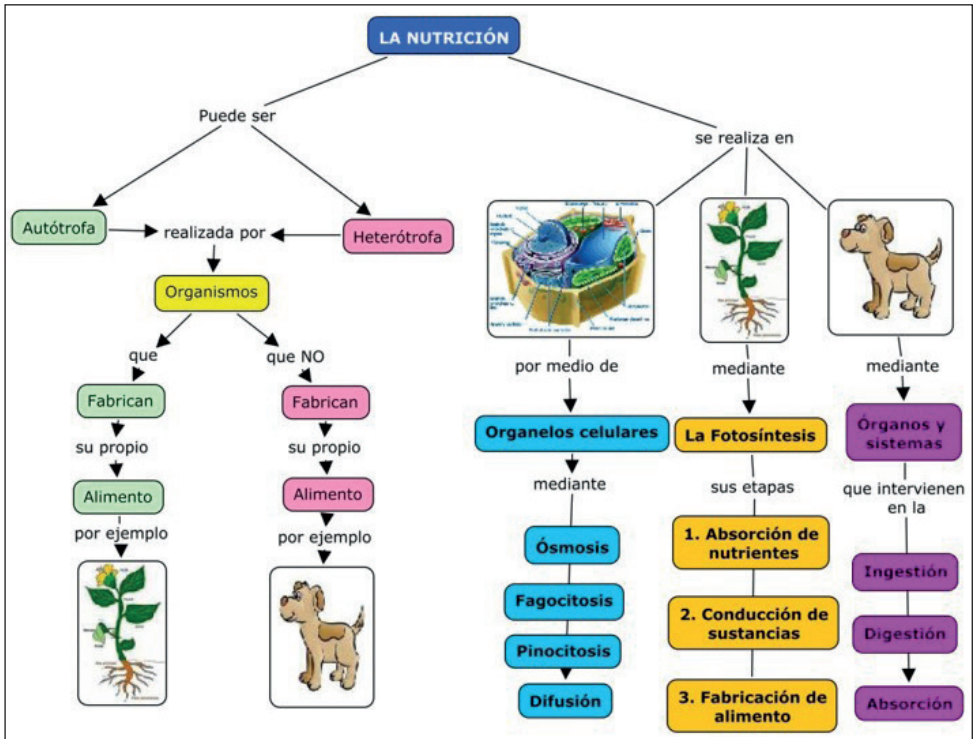
La nutrición autótrofa se refiere a la capacidad de ciertos organismos, como las plantas y algunas bacterias, de producir su propio alimento utilizando la energía del sol. Este proceso se conoce como fotosíntesis y se basa en la capacidad de las células para sintetizar moléculas orgánicas, como la glucosa, a partir de dióxido de carbono y agua en presencia de la luz solar.

Por otro lado, la nutrición heterótrofa se refiere a la capacidad de ciertos organismos, como los animales y algunos hongos, de obtener su alimento a partir de otros organismos. Los organismos heterótrofos consumen alimentos que contienen moléculas orgánicas, como proteínas, lípidos y carbohidratos, y utilizan estas moléculas como fuente de energía para llevar a cabo sus funciones vitales.

Ambos tipos de nutrición son esenciales para la vida y la supervivencia de los seres vivos en la Tierra. La nutrición autótrofa es la base de la cadena alimentaria y proporciona la energía y los nutrientes necesarios para sustentar a los organismos heterótrofos. Por otro lado, la nutrición

heterótrofa permite a los organismos obtener los nutrientes esenciales que no pueden sintetizar por sí mismos.

La nutrición es una función vital esencial para todos los seres vivos y se divide en dos tipos principales: autótrofa y heterótrofa. La nutrición autótrofa se basa en la capacidad de ciertos organismos para producir su propio alimento a partir de la energía del sol, mientras que la nutrición heterótrofa se refiere a la capacidad de ciertos organismos para obtener su alimento a partir de otros organismos.



**Figura 24.** Formas y lugar de nutrición: autótrofa, heterótrofa

**Nota.** La nutrición se realizan en las células tanto en plantas y animales, los organismos obtienen su alimento de diferentes maneras, tomado de García (2013).

#### **4.5.4 Clasificación de los organismos autótrofos: una mirada a la diversidad de la nutrición en la naturaleza**

Los organismos autótrofos son aquellos capaces de sintetizar su propia materia orgánica a partir de sustancias inorgánicas, utilizando la energía de fuentes como la luz solar (fotosíntesis) o la oxidación de compuestos inorgánicos (quimiosíntesis). Según el tipo de fuente de energía utilizada, los organismos autótrofos pueden clasificarse en dos grupos: fotoautótrofos y quimioautótrofos.

Los fotoautótrofos son organismos que utilizan la energía de la luz solar para sintetizar su materia orgánica. Estos organismos incluyen las plantas, algas y algunas bacterias. La fotosíntesis es el proceso en el que se utiliza la energía luminosa para convertir el dióxido de carbono y el agua en glucosa y oxígeno. En este proceso, la energía luminosa es absorbida por los pigmentos fotosintéticos, como la clorofila, que se encuentran en los cloroplastos de las células de estos organismos.

Los quimioautótrofos son organismos que utilizan la energía liberada por la oxidación de compuestos inorgánicos para sintetizar su materia orgánica. Estos organismos incluyen bacterias que viven en ambientes extremos, como fuentes hidrotermales o lugares con alta salinidad. La quimiosíntesis es el proceso en el que se utiliza la energía química para convertir compuestos inorgánicos, como el dióxido de carbono y el agua, en materia orgánica.

#### **4.5.5 Organismos Heterótrofos: Tipos y Clasificación**

Los organismos heterótrofos se clasifican en tres grupos principales según su forma de obtener alimento: holozoicos, saprófitos y parásitos. Los organismos holozoicos son aquellos que ingieren alimentos sólidos y los digieren internamente. Los saprófitos son organismos que se alimentan de materia orgánica muerta o en descomposición, mientras que

los parásitos son aquellos que se alimentan de otros organismos vivos.

Dentro del grupo de los organismos holozoicos, podemos encontrar a los herbívoros, que se alimentan de plantas y vegetación, y a los carnívoros, que se alimentan de otros animales. Además, existen los omnívoros, que se alimentan tanto de plantas como de animales. En el caso de los organismos saprófitos, podemos encontrar a los descomponedores, que se alimentan de materia orgánica muerta en descomposición, y a los detritívoros, que se alimentan de residuos orgánicos, como hojas y ramas. Por último, los organismos parásitos se alimentan de otros organismos vivos. Pueden ser ectoparásitos, que viven en la superficie del huésped, como las pulgas y garrapatas, o endoparásitos, que viven en el interior del huésped, como los gusanos intestinales y los protozoos.

Cabe destacar que la clasificación de los organismos heterótrofos no es rígida y que algunos organismos pueden tener características de más de un grupo. Por ejemplo, existen organismos saprófitos que también pueden ser parásitos, como algunos hongos que causan enfermedades en plantas.

Los organismos heterótrofos son aquellos que no pueden sintetizar su propia materia orgánica y, por lo tanto, deben obtenerla de otros seres vivos. Según el tipo de alimento que consumen, los organismos heterótrofos se clasifican en cuatro grupos principales: herbívoros, carnívoros, omnívoros y descomponedores.

Los herbívoros son animales que se alimentan exclusivamente de plantas. Según Mader (2007), estos animales tienen adaptaciones en su sistema digestivo que les permiten descomponer la celulosa de las plantas para obtener los nutrientes necesarios.

Los carnívoros son animales que se alimentan exclusivamente de carne de otros animales. Según Mader (2007), estos animales tienen adaptacio-

nes en su sistema digestivo que les permiten descomponer la proteína animal para obtener los nutrientes necesarios.

Los omnívoros son animales que se alimentan tanto de plantas como de carne. Según Marder (2007), estos animales tienen adaptaciones en su sistema digestivo para descomponer tanto la celulosa de las plantas como la proteína animal.

Los descomponedores son organismos que se alimentan de materia orgánica en descomposición, como los hongos y las bacterias. Según Campbell et al. (2017), estos organismos descomponen los restos de otros organismos y los convierten en nutrientes que pueden ser utilizados por otros seres vivos.

Los organismos heterótrofos se clasifican según el tipo de alimento que consumen en herbívoros, carnívoros, omnívoros y descomponedores. Cada grupo tiene adaptaciones en su sistema digestivo para descomponer y obtener los nutrientes necesarios para sobrevivir.

#### **4.6 Respiración celular y fotosíntesis: procesos bioquímicos fundamentales**

La respiración celular y la fotosíntesis son dos procesos fundamentales para la supervivencia de los seres vivos. Según Campbell & Reece (2005), la respiración celular es el proceso por el cual las células obtienen energía a partir de la degradación de moléculas orgánicas, utilizando el oxígeno como aceptor final de electrones y generando dióxido de carbono y agua como productos de desecho. Por otro lado, la fotosíntesis es el proceso mediante el cual las células de los organismos autótrofos producen su propio alimento a partir de la energía luminosa y moléculas de dióxido de carbono y agua.

La respiración celular es vital para la supervivencia de los organismos eucariotas, ya que es el proceso principal para obtener energía a partir

de los nutrientes. Como mencionan Campbell & Reece (2005), la energía que se obtiene de la respiración celular es necesaria para llevar a cabo diversas funciones celulares, como la síntesis de proteínas y la replicación del ADN. Además, la respiración celular es importante para mantener la homeostasis celular y para la eliminación de los productos de desecho.

Por otro lado, la fotosíntesis es un proceso crucial para los organismos autótrofos, ya que les permite producir su propio alimento a partir de la energía luminosa y moléculas de dióxido de carbono y agua. Según Taiz & Zeiger (2010), la fotosíntesis es responsable de la producción del oxígeno que respiramos y de la captación del dióxido de carbono de la atmósfera, lo que contribuye a regular la composición de la misma.

La respiración celular y la fotosíntesis son dos procesos interdependientes que juegan un papel crucial en la supervivencia de los seres vivos. La respiración celular permite a las células eucariotas obtener energía a partir de los nutrientes, mientras que la fotosíntesis es el proceso principal mediante el cual los organismos autótrofos producen su propio alimento a partir de la energía luminosa y moléculas de dióxido de carbono y agua.

### **Respiración celular: produciendo energía para las funciones celulares**

La respiración celular es un proceso metabólico que ocurre en las células de los organismos vivos, y es vital para la producción de energía necesaria para llevar a cabo las funciones celulares Figura 25. Según Berg et al. (2008), la respiración celular se divide en tres fases: la glucólisis, el ciclo de Krebs y la cadena de transporte de electrones.

Durante la primera fase de la respiración celular, la glucólisis, se descompone una molécula de glucosa en dos moléculas de ácido pirúvico, liberando energía en forma de ATP y NADH. La glucólisis ocurre en el citosol de la célula y no requiere oxígeno. Como señala Alberts et al.

(2016), la glucólisis es un proceso común a todos los seres vivos y se cree que se originó tempranamente en la evolución de la vida.

La segunda fase de la respiración celular es el ciclo de Krebs, también conocido como el ciclo del ácido cítrico o ciclo del ácido tricarbóxico. Durante esta fase, el ácido pirúvico producido en la glucólisis se descompone completamente en dióxido de carbono, liberando más energía en forma de ATP y NADH. El ciclo de Krebs ocurre en la matriz mitocondrial y requiere oxígeno para llevarse a cabo. Según Berg et al. (2008), el ciclo de Krebs también produce una pequeña cantidad de GTP, que es convertida en ATP.

La tercera y última fase de la respiración celular es la cadena de transporte de electrones, donde los electrones capturados por el NADH y el FADH<sub>2</sub> en las fases previas son transportados a través de una serie de proteínas en la membrana interna mitocondrial, liberando energía en el proceso. Esta energía es utilizada para bombear protones hacia el espacio intermembrana, creando un gradiente de protones que luego es utilizado para sintetizar ATP a través de la enzima ATP sintasa. La cadena de transporte de electrones requiere oxígeno y ocurre en la membrana interna mitocondrial. Según Alberts et al. (2015), la cadena de transporte de electrones es la principal fuente de producción de ATP en la célula.

#### **4.6.1 Respiración aerobia: proceso metabólico esencial para la producción de energía en los organismos vivos**

La respiración aerobia es el proceso metabólico en el cual las células utilizan oxígeno para obtener energía a partir de los nutrientes. Este proceso es esencial para la supervivencia de los organismos aerobios, incluyendo plantas, animales y muchos microorganismos. La respiración aerobia se produce en tres etapas principales: la glucólisis, el ciclo de Krebs y la cadena de transporte de electrones, y es considerada una de las formas más eficientes de producción de energía en las células (Nelson & Cox, 2017).

Durante la primera etapa de la respiración aerobia, la glucólisis, una molécula de glucosa es descompuesta en dos moléculas de piruvato en el citoplasma de la célula. La glucólisis produce energía en forma de ATP y NADH, y no requiere oxígeno. Según Lodish et al. (2016), la glucólisis es común a todos los organismos vivos y es considerada una de las vías metabólicas más antiguas y conservadas en la evolución.

La segunda etapa de la respiración aerobia es el ciclo de Krebs, que tiene lugar en la matriz mitocondrial de la célula. Durante esta etapa, los dos átomos de carbono del piruvato se oxidan para producir dióxido de carbono y energía en forma de ATP y NADH. Según Alberts et al. (2016), el ciclo de Krebs también produce una pequeña cantidad de GTP, que es convertida en ATP.

La tercera y última etapa de la respiración aerobia es la cadena de transporte de electrones, que ocurre en la membrana mitocondrial interna. Durante esta etapa, los electrones capturados por el NADH y el FADH<sub>2</sub> en las etapas previas son transportados a través de una serie de proteínas en la membrana, generando un gradiente de protones que se utiliza para sintetizar ATP a través de la ATP sintasa. La cadena de transporte de electrones requiere oxígeno y es la principal fuente de producción de ATP en la célula.

La respiración aerobia es un proceso metabólico complejo que utiliza el oxígeno para descomponer los nutrientes y producir energía en forma de ATP. Esta forma de respiración es esencial para la supervivencia de los organismos aerobios y es considerada una de las formas más eficientes de producción de energía en las células.

#### **4.6.2 Etapas de la respiración anaerobia: una alternativa a la respiración celular aerobia**

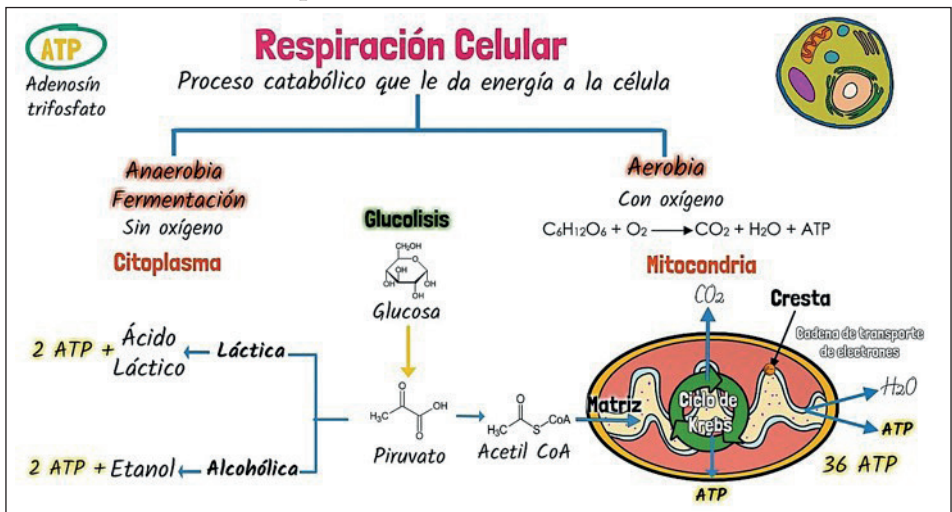
La respiración anaerobia es un proceso de degradación de compuestos orgánicos en el que se utiliza una molécula diferente al oxígeno como aceptor final de electrones. Según Berg et al. (2008), la respiración anaerobia es común en organismos que viven en ambientes donde el oxígeno es limitante o no está disponible, como en el caso de algunas bacterias y arqueas.

La respiración anaerobia se divide en varias etapas, que varían dependiendo del tipo de aceptor final de electrones utilizado. Una de las formas más comunes de respiración anaerobia es la fermentación láctica, en la que los azúcares son degradados en ausencia de oxígeno para producir ácido láctico y energía en forma de ATP. La fermentación láctica es común en bacterias y en algunas células animales y musculares cuando no hay suficiente oxígeno disponible (Berg Jeremy et al., 2008).

Otro tipo de respiración anaerobia es la fermentación alcohólica, en la que los azúcares son degradados para producir etanol, dióxido de carbono y ATP. Este proceso es común en bacterias y en algunas células de plantas y hongos. También existe la respiración anaerobia mediante el uso de aceptores de electrones inorgánicos, como el sulfato o el nitrato. En este proceso, los compuestos orgánicos son degradados y los electrones son transferidos a un aceptor final inorgánico. Este tipo de respiración es común en algunas bacterias y arqueas que viven en ambientes extremos, como en aguas termales y en sedimentos marinos profundos (Berg et al., 2015).

Es importante destacar que la respiración anaerobia produce menos energía que la respiración aerobia, ya que los aceptores finales de electrones utilizados tienen una menor potencialidad oxidativa que el oxígeno. Por esta razón, la respiración anaerobia es menos eficiente en la producción de ATP.

La respiración anaerobia es un proceso de degradación de compuestos orgánicos que ocurre en ausencia de oxígeno. Este proceso se divide en varias etapas, que varían dependiendo del tipo de aceptor final de electrones utilizado. La respiración anaerobia es menos eficiente en la producción de ATP que la respiración aerobia, pero es esencial para la supervivencia de muchos organismos en ambientes donde el oxígeno es limitante o no está disponible.



**Figura 25.** Comparación de los procesos de Respiración Aerobia y Anaerobia

**Nota.** La respiración celular comienza con la glucólisis, que ocurre en el citoplasma de la célula y convierte una molécula de glucosa en dos moléculas de piruvato, generando dos moléculas de ATP en el proceso. En el caso de la respiración aerobia, el piruvato entra en la mitocondria y se convierte en acetil-CoA, una molécula más pequeña, mediante un proceso enzimático. Luego, la acetil-CoA entra en el ciclo de Krebs, que ocurre en la matriz de la mitocondria, y se oxida produciendo dióxido de carbono y átomos de hidrógeno que son transportados a través de una cadena de transporte de electrones en la cresta de la mitocondria. En este proceso, se genera energía en forma de ATP a partir de moléculas de AD (Es Ciencia, 2022)

## 4.7 La fotosíntesis: proceso vital para la vida en la Tierra

La fotosíntesis es un proceso esencial para la supervivencia de los organismos autótrofos, ya que les permite producir su propio alimento a partir de la energía solar. La fotosíntesis también es importante para los organismos heterótrofos, ya que dependen de los autótrofos para obtener su alimento. Según Campbell, Urry, et al. (2018), la fotosíntesis es el proceso que convierte la energía luminosa en energía química, la cual es almacenada en los carbohidratos y otros compuestos orgánicos.

La fotosíntesis se divide en dos etapas principales: la fase luminosa y la fase oscura. Durante la fase luminosa, también conocida como la fotoquímica, la luz solar es absorbida por los pigmentos fotosintéticos presentes en las clorofilas de los cloroplastos, lo que provoca la liberación de electrones y la formación de ATP y NADPH, que son utilizados como fuente de energía en la fase oscura. Según Molina & Rowland (1974), la fase oscura, también conocida como la fase bioquímica o de fijación del carbono, tiene lugar en el estroma de los cloroplastos y consiste en la reducción del dióxido de carbono a compuestos orgánicos, como la glucosa, a través del ciclo de Calvin. Este proceso también requiere ATP y NADPH generados en la fase luminosa.

La fotosíntesis requiere varios elementos para llevarse a cabo, entre ellos el dióxido de carbono, el agua y la luz solar. El dióxido de carbono se obtiene del aire a través de los estomas de las hojas, mientras que el agua se absorbe del suelo a través de las raíces y se transporta a las hojas a través de los vasos conductores. La luz solar es absorbida por los pigmentos fotosintéticos presentes en las clorofilas de los cloroplastos.

La fotosíntesis es un proceso vital para la supervivencia de los organismos autótrofos y, por extensión, para la vida en la Tierra. A través de la fotosíntesis, los organismos autótrofos producen oxígeno y alimento para los organismos heterótrofos, que son incapaces de producir su pro-

pio alimento. Según Taiz & Zeiger (2010), la fotosíntesis también juega un papel importante en la regulación del clima y en la reducción del dióxido de carbono en la atmósfera.

La fotosíntesis es un proceso fundamental para la vida en la Tierra, ya que permite la producción de alimento y oxígeno a partir de la energía solar. La fotosíntesis se divide en dos etapas principales: la fase luminosa y la fase oscura, y requiere de varios elementos para llevarse a cabo, como el dióxido de carbono, el agua y la luz solar. Además, la fotosíntesis es esencial para la regulación del clima y la reducción del dióxido de carbono en la atmósfera.

#### **4.8 Naturaleza molecular de los genes**

La naturaleza molecular de los genes se refiere al modo en que la información genética está codificada y almacenada en el ADN. En la célula, el ADN está organizado en estructuras llamadas cromosomas, que contienen los genes necesarios para la síntesis de proteínas y la realización de funciones celulares esenciales. El ADN está compuesto por nucleótidos, que consisten en una base nitrogenada, un azúcar de cinco carbonos y un grupo fosfato.

El dogma central de la biología molecular establece que la información genética fluye de forma unidireccional, desde el ADN hasta la síntesis de proteínas. Este proceso se lleva a cabo en dos etapas: la transcripción y la traducción. Durante la transcripción, la información genética se transfiere del ADN al ARN mensajero (ARNm), que es una copia de una porción del ADN. La traducción se produce en los ribosomas, donde el ARNm se utiliza como plantilla para la síntesis de proteínas a partir de aminoácidos individuales (Crick, 1970).

La estructura y función del ADN y los mecanismos de la transcripción y la traducción son fundamentales para entender la genética molecular y

la biología celular. Los avances en la investigación molecular han llevado al desarrollo de tecnologías como la clonación, la ingeniería genética y la secuenciación del ADN, que han permitido un mejor entendimiento de la estructura y función de los genes y su relación con la enfermedad y la evolución (Alberts et al., 2002).

La naturaleza molecular del gen y del genoma es un tema apasionante que ha sido objeto de investigación en la ciencia de la genética durante mucho tiempo. El concepto de gen ha evolucionado a lo largo de la historia, desde la idea de que los genes son elementos invisibles portadores de información transmitida de una generación a otra, hasta la comprensión actual de que los genes son secuencias de ADN que codifican la información necesaria para la síntesis de proteínas específicas. El ADN es la molécula principal que almacena la información genética, y la expresión de esta información ocurre en dos pasos: la transcripción, en la que se sintetiza ARN a partir del ADN, y la traducción, en la que el ARN ejecuta las instrucciones recibidas para la síntesis de una proteína específica. El genoma es el conjunto de genes de una especie, y hoy en día se acepta que un gen es una secuencia de ADN transcrita que genera un producto con una función celular específica. Sin embargo, es importante tener en cuenta que la comprensión de la naturaleza molecular del gen y del genoma sigue siendo un campo activo de investigación y se continúa descubriendo nuevos detalles y mecanismos de regulación de la expresión genética.

La naturaleza molecular de los genes es fundamental para la comprensión de la biología celular y la genética. El dogma central de la biología molecular establece la dirección unidireccional del flujo de información genética desde el ADN hasta la síntesis de proteínas. Los avances en la investigación molecular han llevado al desarrollo de tecnologías y métodos que han permitido un mejor entendimiento de los mecanismos genéticos y su relación con la enfermedad y la evolución (Venter et al., 2001).

### 4.8.1 El Dogma Central de la Biología Molecular: Replicación, Transcripción y Traducción de la Información Genética”

El Dogma Central de la Biología Molecular es un principio fundamental que describe cómo la información genética se replica, se transcribe y se traduce en proteínas en los organismos vivos. Estos procesos son esenciales para el funcionamiento de la vida y están regulados de manera precisa para asegurar la correcta expresión de los genes. En este capítulo, exploraremos en detalle cada uno de estos procesos, así como los elementos y fases clave involucrados en cada etapa.

#### **Replicación:**

La replicación es el proceso mediante el cual el ADN se duplica para producir copias idénticas de sí mismo. Este proceso ocurre durante la fase de síntesis del ciclo celular y es realizado por una enzima llamada ADN polimerasa. La replicación del ADN sigue un modelo de replicación semiconservativa, donde las dos hebras de ADN se separan y se utilizan como plantilla para la síntesis de nuevas hebras complementarias. La replicación del ADN involucra múltiples enzimas y proteínas, incluyendo helicasas, topoisomerasas, primasas, ligasas y factores de replicación, que trabajan en conjunto para asegurar una copia exacta del ADN original (Alberts et al., 2014; Nelson & Cox, 2017). En la Figura 26 se observa Replicación del ADN: Un Vistazo Paso a Paso a la Duplicación del Código Genético.

#### **Transcripción:**

La transcripción es el proceso mediante el cual la información genética del ADN es copiada en forma de ARN mensajero (ARNm). La transcripción es realizada por una enzima llamada ARN polimerasa, que se une a una región específica del ADN conocida como promotor, y sintetiza una hebra de ARNm complementaria a una de las hebras de ADN. La trans-

cripción es un proceso regulado que incluye la participación de factores de transcripción y la modificación del ARNm, como la adición de una caperuza en el extremo 5' y la poliadenilación en el extremo 3' (Berg et al., 2015; Lodish et al., 2016). En la figura 27 se observa la transcripción del ADN: un recorrido ilustrado del proceso de copia del ARN a partir del ADN''.

### **Traducción:**

La traducción es el proceso mediante el cual la información genética del ARNm es utilizada para sintetizar una proteína. La traducción ocurre en los ribosomas, que son complejos macromoleculares formados por ARN ribosómico (ARNr) y proteínas. Durante la traducción, el ARNm se une al ribosoma y se escanea en busca del codón de inicio (AUG), que codifica para el aminoácido metionina y marca el comienzo de la traducción. A continuación, se suceden las fases de elongación, en la que los aminoácidos son añadidos uno por uno a la cadena polipeptídica en crecimiento, y terminación, en la que la síntesis de la proteína se detiene cuando se alcanza un codón de terminación (Berg et al., 2015; Lodish et al., 2016). En la figura 28 se observa la traducción del ADN: un diagrama explicativo del proceso de conversión del ARN en proteínas a partir del código genético del ADN.



# Replicación del ADN

Capacidad que tiene el ADN para hacer copias o réplicas de su propia estructura, como proceso fundamental para la transmisión fiel de la información genética.

## ¿CÓMO SUCEDE?

Dos cadenas de la doble hélice se mantienen juntas por medio de puentes de hidrógeno entre las bases.

### Helicasa

Ocurre una separación gradual de las cadenas de la doble hélice.

Conforme se abre el ADN, se forman dos estructuras en forma de Y llamadas horquillas de replicación, en conjunto conforman lo que se llama burbuja de replicación.

### Proteínas SSB

Mantienen separadas las cadenas

Cada cadena contiene la información requerida para la construcción de una nueva.

Pueden actuar como molde para dirigir la síntesis de la cadena complementaria y restaurar el estado de doble cadena.

Se ubican en diferentes sitios del ADN

Se acelera este proceso de replicación.

### ADN Polimerasa III

Se crea una nueva cadena. 5' a 3'

### ADN Polimerasa III

Comienza a añadir nucleótidos para nueva cadena.

La cadena sencilla de doble hélice se va desenrollando para que la nueva cadena conductora crezca de manera continua.

### ADN Polimerasa I

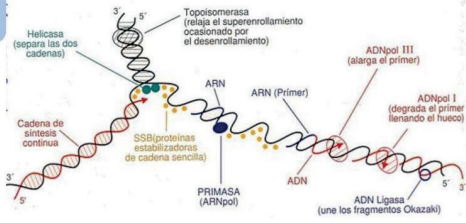
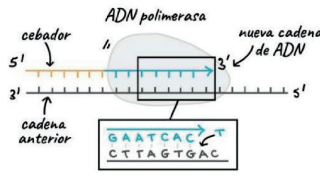
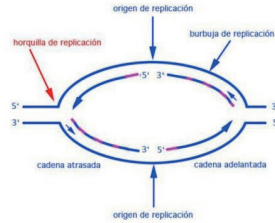
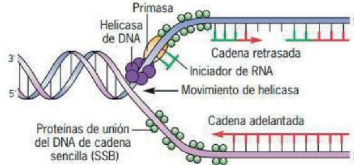
Quita los cebadores de ARN y los reemplaza por fragmentos de ADN.

### Ligasa

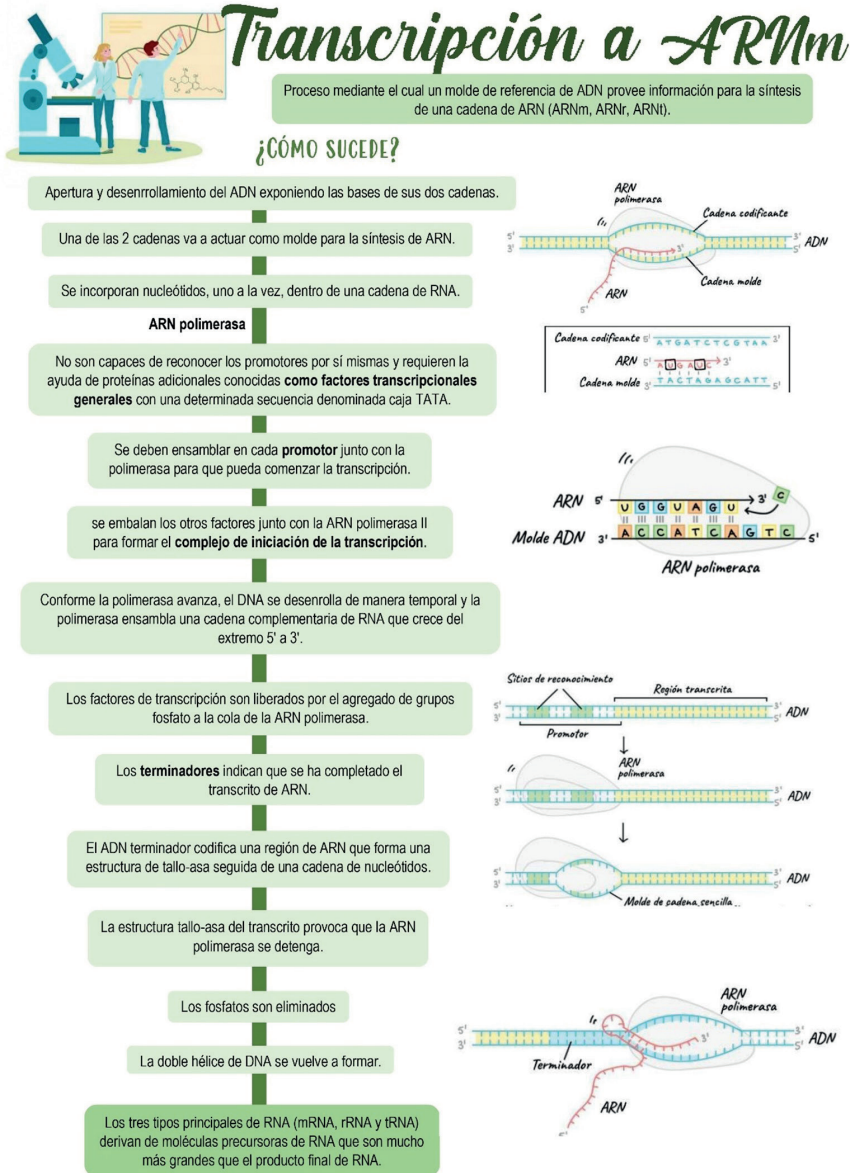
Cataliza la unión de los enlaces fosfodiéster de los fragmentos de ADN.

Continúa a lo largo de la hebra.

Estos puentes de hidrógeno son débiles y pueden romperse con facilidad.



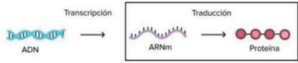
**Figura 26.** Revelando los Secretos del ADN: Una Representación Gráfica de la Replicación del Material Genético en Células. Fuente: (Docz, 2023)



**Figura 27.** Descifrando el Código Genético: Una Imagen Paso a Paso de la Transcripción del ADN en la Síntesis de ARN. Fuente: (Docz, 2023)

# Traducción a proteínas

Es el proceso de convertir las secuencias del ARNm en una secuencia de aminoácidos y en consecuencia en una proteína.



## ¿CÓMO SUCEDE?

Una vez que se une a un mRNA, el ribosoma siempre se mueve a lo largo del mRNA de un codón al próximo, en bloques consecutivos de tres nucleótidos.

Comienza con un codón de inicio **AUG** y se requiere un ARNt especial

### ARNt iniciador

Transporta el aminoácido metionina (**Met**), de manera que todas las proteínas recién sintetizadas tienen metionina como primer aminoácido en su extremo N-terminal.

Se une al sitio P acoplado con la subunidad pequeña y los factores de iniciación. La subunidad pequeña avanza a lo largo del ARNm en sentido 5' a 3' hasta que encuentra el primer codón AUG.

Los factores de iniciación se disocian de la subunidad pequeña y permiten el ensamblaje de la subunidad grande y comienza la elongación.

El sitio A va a ocuparse transitoriamente por sucesivos aminoacil-ARNt unidas a una proteína llamada **factor de elongación** unida a GTP.

Cuando los sitios A y P están ocupados la **peptidil transferasa (ribosima)** de la subunidad mayor cataliza la formación del enlace peptídico entre los aminoácidos.

El primer ARNt se libera por el sitio E y el ARNt que ocupaba el sitio A pasa a ocupar el sitio P.

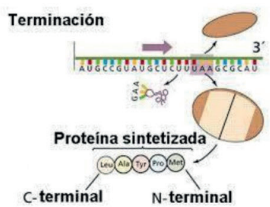
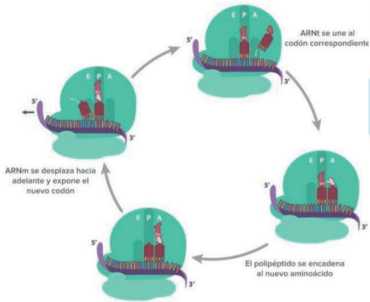
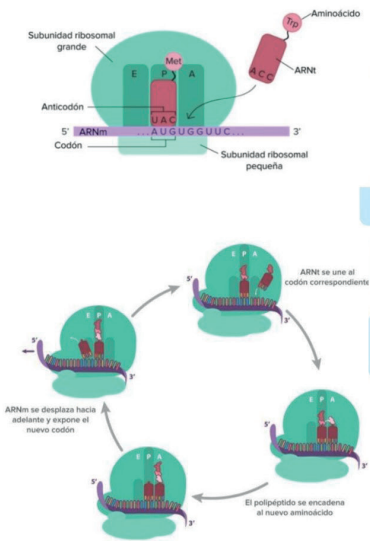
Una vez que la porción iniciadora del ARNm es liberada otro ribosoma puede formar un complejo de iniciación.

Los **codones de terminación** (UAA, UAG, UGA) señalan el final de la traducción.

Las proteínas **factores de liberación** se unen a cualquier codón de terminación que alcance el sitio A del ribosoma, lo que modifica la actividad de la peptidil transferasa y ésta agrega una molécula de agua.

El ribosoma libera el ARNm y se disocia en sus dos subunidades.

El plegamiento que le da la estructura tridimensional a las proteínas les da funcionalidad. La mayoría de las proteínas requieren **chaperonas moleculares**, que ayudan a plegar correctamente la proteína, y modificaciones post-traduccionales.



**Figura 28.** Traducción del ADN: Una Representación Gráfica del Proceso de Síntesis de Proteínas a partir del ARN Mensajero. Fuente: (Docz, 2023)

## 4.9 Mecanismos Genéticos de la Expresión de los Genes

La expresión génica se refiere al proceso mediante el cual la información genética almacenada en el ADN se convierte en una molécula funcional de ARN o proteína, y finalmente lleva a la manifestación de una característica fenotípica en un organismo. Los mecanismos de control de la expresión génica son esenciales para regular la cantidad y el momento adecuado en que se expresan los genes, lo que permite a los organismos responder a su entorno y desarrollarse de manera adecuada (Alberts et al., 2016).

**Regulación transcripcional:** La regulación de la expresión génica a nivel de la transcripción es uno de los principales mecanismos de control. Los factores de transcripción son proteínas que se unen a secuencias específicas de ADN, conocidas como elementos reguladores, y controlan la transcripción del ADN en ARN mensajero (ARNm). Estos factores de transcripción pueden activar o reprimir la transcripción del gen, lo que afecta directamente la cantidad de ARNm producido (Ptashne, 2007).

**Modificación del ADN:** La metilación del ADN es una modificación epigenética que puede afectar la expresión génica. La metilación consiste en la adición de grupos metilo a las bases del ADN, lo que puede bloquear la unión de los factores de transcripción y silenciar la expresión del gen (Jones, 2012).

**Procesamiento del ARN:** La maduración del ARN también juega un papel importante en la regulación de la expresión génica. El ARN transcrito se somete a procesos de empalme, modificación de extremos y transporte del núcleo al citoplasma, lo que puede afectar la cantidad y la estabilidad del ARNm y, por lo tanto, la cantidad de proteína producida (Moore & Proudfoot, 2009).

**Degradación del ARNm:** La degradación del ARNm es otro mecanismo de control de la expresión génica. La vida media de un ARNm puede variar y está regulada por proteínas que degradan específicamente el ARNm, lo que afecta la cantidad de proteína producida a partir de ese ARNm (Parker & Sheth, 2007).

**Regulación traduccional:** La traducción del ARNm en proteína también puede ser controlada. Los elementos reguladores presentes en el ARNm, como las regiones 5' y 3' no traducidas (UTR), pueden interactuar con proteínas y afectar la eficiencia de la traducción. Además, los microARNs son pequeñas moléculas de ARN que se unen al ARNm y pueden inhibir la traducción de proteínas específicas (Bartel, 2009).

Estos son solo algunos ejemplos de los mecanismos de control de la expresión génica. La regulación génica es un proceso complejo y altamente regulado que juega un papel fundamental en el desarrollo y funcionamiento de los organismos (Alberts et al., 2016).

#### **4.10 Taller 4: Bases de la Reproducción y la Herencia**

El objetivo de este taller es comprender los procesos básicos de la reproducción y la herencia en los seres vivos y su importancia en la diversidad biológica.

##### **Metodología:**

La metodología propuesta para que el estudiante desarrolle su estudio de manera autónoma y se apropie de los contenidos del libro se basa en cinco pasos. En primer lugar, el estudiante debe hacer una lectura general del capítulo para identificar los temas principales. En segundo lugar, debe hacer una lectura detallada, subrayando las ideas clave y tomando notas. En tercer lugar, debe elaborar un esquema o resumen del contenido del capítulo. En cuarto lugar, debe realizar ejercicios prácticos, como

preguntas de repaso, para verificar su comprensión del contenido. Por último, es importante que el estudiante revise y repase el contenido del capítulo de forma regular para consolidar su aprendizaje. Esta metodología se enfoca en la autonomía del estudiante y en la consolidación del conocimiento a través de la práctica y la revisión constante.

### **Actividades:**

- Reproducción sexual y asexual: se explicarán los conceptos fundamentales de la reproducción sexual y asexual, los tipos de reproducción asexual y sus ventajas y desventajas en comparación con la reproducción sexual.
- Herencia genética: se presentarán los conceptos básicos de la herencia genética, incluyendo los principios de la segregación y la distribución independiente de los alelos, las leyes de Mendel y la herencia ligada al sexo.
- Estructura del ADN: se abordará la estructura del ADN, incluyendo la composición química de los nucleótidos, la estructura de la doble hélice y la replicación del ADN.
- Síntesis de proteínas: se explicará el proceso de síntesis de proteínas, incluyendo la transcripción del ADN en ARN y la traducción del ARN en proteínas.
- Clasificación de los organismos según su reproducción: se presentarán los distintos grupos de organismos según su forma de reproducción y se analizarán sus características principales.
- Aplicaciones de la genética: se discutirán las aplicaciones de la genética en la industria alimentaria, la medicina y la investigación científica, y se reflexionará sobre las implicaciones éticas de estas aplicaciones.
- Técnicas de ingeniería genética: se presentarán las técnicas de ingeniería genética más utilizadas en la actualidad, como la edición génica y la clonación, y se discutirán sus ventajas y desventajas.

Cuestionario capítulo 4:

- ¿Qué son las bases de la reproducción y la herencia?
- ¿Cuáles son los tejidos embrionarios en los vegetales?
- ¿Qué es la clasificación de los tejidos vegetales?
- ¿Qué son los meristemos primarios y secundarios?
- ¿Qué es la reproducción sexual y cómo funciona?
- ¿Cómo se lleva a cabo el proceso de germinación?
- ¿Cuáles son las fases del proceso de germinación?
- ¿Cuáles son los cuatro bloques de construcción de la vida y qué función tienen?
- ¿Qué son los nucleótidos y cuál es su papel en la formación de los ácidos nucleicos?
- ¿Cuáles son los mecanismos fundamentales de obtención y uso de la energía en células?
- ¿Qué es el metabolismo celular y cuáles son sus tipos?
- ¿Cuáles son las dos formas de obtener energía en los seres vivos y cómo funcionan?
- ¿Cómo se clasifican los organismos autótrofos y qué función tienen en la naturaleza?
- ¿Cuáles son los tipos y clasificación de los organismos heterótrofos?
- ¿Qué es la respiración celular y la fotosíntesis y cómo se relacionan entre sí?
- ¿Qué es la respiración aerobia y cómo funciona?
- ¿Cuáles son las etapas de la respiración anaerobia y en qué se diferencian de la respiración aerobia?
- ¿Qué es la fotosíntesis y por qué es vital para la vida en la Tierra?
- ¿Cuál es la naturaleza molecular de los genes?
- ¿Qué es el Dogma Central de la Biología Molecular y cómo se relaciona con la replicación, transcripción y traducción de la información genética?

## GLOSARIO DE TÉRMINOS

- **Ácidos nucleicos:** moléculas que contienen la información genética de los organismos. Se dividen en ADN (ácido desoxirribonucleico) y ARN (ácido ribonucleico).
- **Anabolismo:** conjunto de procesos metabólicos que implican la síntesis de moléculas complejas a partir de moléculas simples, consumiendo energía.
- **Biología:** ciencia que estudia a los seres vivos, su estructura, función, evolución, distribución y relaciones.
- **Biomoléculas:** moléculas orgánicas presentes en los seres vivos, como proteínas, lípidos, carbohidratos y ácidos nucleicos.
- **Carbohidratos:** moléculas formadas por la unión de azúcares simples. Son una fuente importante de energía para los organismos.
- **Catabolismo:** conjunto de procesos metabólicos que implican la degradación de moléculas complejas en moléculas más simples, liberando energía que es utilizada por la célula.
- **Célula:** unidad básica de la vida, compuesta por una membrana plasmática, citoplasma y material genético.
- **Células eucariotas:** células que tienen núcleo y orgánulos membranosos.
- **Células procariotas:** células que no tienen núcleo ni orgánulos membranosos.
- **Citoesqueleto:** estructura celular que proporciona soporte y da forma a la célula, además de participar en la división celular y el transporte intracelular.
- **Citoplasma:** parte de la célula que se encuentra entre la membrana plasmática y el núcleo, compuesta por citosol y orgánulos celulares.
- **Diploide:** célula que tiene dos juegos de cromosomas ( $2n$ ), uno heredado de cada progenitor.
- **Dogma central de la biología molecular:** conjunto de principios que establecen que la información genética fluye desde el ADN al ARN y finalmente a las proteínas, y que la expresión génica es el resultado de una serie de procesos de transcripción, traducción y regulación génica.
- **Ética:** rama de la filosofía que se encarga de estudiar los principios y valores que rigen el comportamiento humano.

- Expresión génica: proceso mediante el cual los genes son activados o desactivados en función de las necesidades celulares y ambientales.
- Fotosíntesis: proceso mediante el cual los organismos autótrofos producen su propia materia orgánica a partir de sustancias inorgánicas utilizando la energía luminosa del sol.
- Fotosíntesis: proceso por el cual las plantas y otros organismos fotosintéticos utilizan la energía de la luz para convertir el dióxido de carbono y el agua en azúcares y oxígeno.
- Gen: unidad de información hereditaria que se transmite de generación en generación y que determina las características y rasgos de los organismos vivos.
- Germinación: proceso por el cual una semilla se convierte en una planta completa. Incluye la absorción de agua, la activación de enzimas y la emergencia del embrión de la semilla.
- Haploide: célula que tiene un solo juego de cromosomas ( $n$ ), es decir, la mitad del número de cromosomas de una célula diploide.
- Lípidos: moléculas que incluyen grasas, aceites y colesterol. Tienen diversas funciones biológicas, como el almacenamiento de energía, la formación de membranas celulares y la señalización celular.
- Meiosis: proceso de división celular que ocurre en células sexuales (gametos) y que consiste en dos divisiones celulares sucesivas que dan lugar a cuatro células haploides genéticamente diferentes.
- Meiosis: proceso de división celular que ocurre en células sexuales y que produce cuatro células hijas, cada una con la mitad del número de cromosomas que la célula madre.
- Meiosis: proceso de división celular que ocurre en las células reproductoras y que resulta en la formación de cuatro células hijas con la mitad del número de cromosomas que la célula madre.
- Meristemo: tejido vegetal compuesto por células indiferenciadas que son capaces de dividirse y diferenciarse en distintos tipos de células especializadas.
- Meristemos primarios: tejidos vegetales que se encuentran en la punta de las raíces y los tallos y que son responsables del crecimiento en longitud de la planta.

- Meristemos secundarios: tejidos vegetales que se encuentran en el tronco de la planta y que son responsables del crecimiento en grosor de la planta.
- Metabolismo: conjunto de procesos químicos que ocurren en un organismo para mantener la vida. Se divide en catabolismo (degradación de moléculas complejas para obtener energía) y anabolismo (síntesis de moléculas complejas a partir de moléculas simples).
- Mitosis: proceso de división celular en el que una célula se divide en dos células hijas, con el mismo número de cromosomas que la célula madre.
- Mitosis: proceso de división celular que ocurre en las células somáticas y que resulta en la formación de dos células hijas con el mismo número de cromosomas que la célula madre.
- Morfología celular: rama de la biología que se dedica al estudio de la estructura y forma de las células.
- Niveles de organización biológica: niveles jerárquicos en los que se organizan los seres vivos, desde la célula hasta el ecosistema.
- Nutrición autótrofa: capacidad de los organismos para producir su propio alimento a partir de sustancias inorgánicas y la energía del sol.
- Nutrición autótrofa: forma de nutrición en la que los organismos producen su propio alimento a partir de sustancias inorgánicas y energía solar.
- Nutrición autótrofa: tipo de nutrición en la que los organismos producen su propia materia orgánica a partir de sustancias inorgánicas utilizando la energía luminosa del sol.
- Nutrición heterótrofa: capacidad de los organismos para obtener alimento a partir de otros seres vivos.
- Nutrición heterótrofa: forma de nutrición en la que los organismos obtienen su alimento consumiendo otros organismos o sustancias orgánicas.
- Nutrición heterótrofa: tipo de nutrición en la que los organismos obtienen su materia orgánica a partir de otros seres vivos o de sustancias orgánicas.
- Organismo vivo: ser vivo que tiene la capacidad de llevar a cabo funciones vitales, como el metabolismo, la reproducción, el crecimiento y la respuesta a estímulos del medio ambiente.
- PGPR: siglas de Plant Growth-Promoting Rhizobacteria, un grupo de bacterias del suelo que promueven el crecimiento y desarrollo de las plantas

mediante diversos mecanismos.

- **Proteínas:** moléculas complejas formadas por la unión de aminoácidos. Tienen diversas funciones biológicas, como la catálisis de reacciones químicas, el transporte de sustancias y la defensa contra patógenos.
- **Replicación:** proceso de copia del ADN durante la división celular que asegura la transmisión de la información genética a las células hijas.
- **Respiración celular:** proceso metabólico mediante el cual los organismos vivos obtienen energía a partir de la glucosa y otros nutrientes, liberando dióxido de carbono y agua como productos de desecho.
- **Respiración celular:** proceso metabólico que ocurre en todas las células y que consiste en la oxidación de compuestos orgánicos para obtener energía en forma de ATP.
- **Rizobacterias:** grupo de bacterias que habitan en las raíces de las plantas y son capaces de fijar nitrógeno atmosférico y promover el crecimiento de las raíces y la tolerancia a situaciones de estrés abiótico.
- **Teoría celular:** teoría que establece que todos los seres vivos están compuestos por células y que estas son la unidad básica de la vida.
- **Traducción:** proceso mediante el cual la información codificada en el ARN mensajero es utilizada para sintetizar una proteína en los ribosomas.
- **Transcripción:** proceso por el cual se produce una copia de ARN a partir de una molécula de ADN, que es utilizada para la síntesis de proteínas.

## BIBLIOGRAFÍA

- Alberts, B. , Johnson, A., Lewis, J., Raff, M., Roberts, K., & Walter, P. (2016). *Biología Molecular de la Célula* (6ta ed.). Omega. <https://www.casadelibro.com/libro-biologia-molecular-de-la-celula-6-edicion-actualizada-2016/9788428216388/4138846>
- Alberts, B., Johnson, A., Lewis, J. , Raff, M., Roberts, K., & Walter, P. (2002). \**Biología Molecular de la Célula*, (4/Ed.). <http://books.google.com/books?id=4p8-PwAACAAJ&pgis=1>
- Alberts, B., Johnson, A., Lewis, J., Morgan, D., Raff, M., Roberts, K., & Walter, P. (2014). *Molecular biology of the cell* 6th ed (new york, ny: Garland science).
- Alvarez Martinez, O. (2016). *Métodos de estudio de las células. Las células procariontas y eucariontas. La célula animal y vegetal y las formas acelulares.*
- Aristóteles. (n.d.). *HISTORIA DE LOS ANIMALES* . Retrieved March 20, 2023, from [https://www.machadolibros.com/libro/historia-de-los-animales-aristoteles\\_3951](https://www.machadolibros.com/libro/historia-de-los-animales-aristoteles_3951)
- Bartel, D. P. (2009). MicroRNAs: target recognition and regulatory functions. *Cell*, 136(2), 215–233. <https://doi.org/10.1016/J.CELL.2009.01.002>
- Bashan, Y., de-Bashan, L. E., & Prabhu, S. R. (2016). Superior Polymeric Formulations and Emerging Innovative Products of Bacterial Inoculants for Sustainable Agriculture and the Environment. *Agriculturally Important Microorganisms: Commercialization and Regulatory Requirements in Asia*, 15–46. [https://doi.org/10.1007/978-981-10-2576-1\\_2](https://doi.org/10.1007/978-981-10-2576-1_2)
- Batygina, T. B., & Vinogradova, G. Y. (2007). Phenomenon of polyembryony. Genetic heterogeneity of seeds. *Russian Journal of Developmental Biology*, 38, 126–151.
- Berg, J. M., Tymoczko, J. L., & Tymoczko, J. L. (2015). *Biochemistry: (Freeman and Company., Ed.; 8ava ed.)*. <https://www.amazon.com/Biochemistry-Jeremy-M-Berg/dp/1464126100>
- Berg Jeremy, Tymoczko, J., & Stryer, L. (2008). *Bioquímica (Reverté, Ed.; 6.a ed.)*. <https://books.google.com.cu/books?id=HRr4MNH2YssC&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>
- Berón, M. P. (2006). *Historia de la teoría celular.*

- Bewley, J. D., & Black, M. (1994a). Bewley, JD y Black, M. (1994) Fisiología del desarrollo y la germinación de semillas. Tercera edición, Plenum Press, Nueva York, 445 p. - Referencias - Publicaciones de investigación científica (Plenum Press, Ed.). <https://scirp.org/reference/referencespapers.aspx?referenceid=1296920>
- Bewley, J. D., & Black, M. (1994b). Seeds. <https://doi.org/10.1007/978-1-4899-1002-8>
- Bewley, J. D., Black, M., Bewley, J. D., & Black, M. (1994). Seeds: germination, structure, and composition. *Seeds: Physiology of Development and Germination*, 1–33.
- Campbell, N. A., & Reece, J. B. (2005). Biology / Neil A. Campbell, Jane B. Reece. *BIology*, 1312. [https://gemilang.ukm.my/iii/encore/record/C\\_\\_Rb1363047\\_\\_Sd%3A%28biology%29\\_\\_P0%2C1\\_\\_Orightresult\\_\\_U\\_\\_X7?lang=eng&suite=def](https://gemilang.ukm.my/iii/encore/record/C__Rb1363047__Sd%3A%28biology%29__P0%2C1__Orightresult__U__X7?lang=eng&suite=def)
- Campbell, N. A., & Reece, J. B. (2007). *Biología* - . Medica Panamericana. <https://books.google.com.co/books?id=QcU0yde9PtkC&printsec=copyright#v=onepage&q&f=false>
- Campbell, N. A., Reece, J. B., Urry, L. A., Cain, M. L., Wasserman, S. A., Minorsky, P. V., & Jackson, R. (2018). *Biología*. Dom Wydawniczy REBIS.
- Campbell, N. A., Reece, J. B., Urry, L. A., Cain, M. L., Wasserman, S., A. Minorsky, P. V., & Jackson, R. B. (2021). *Biología* (Pearson, Ed.; 12a).
- Campbell, N. A., Reece, J. B., Urry, L. A., Cain, M. L., Wasserman, S. A., Minorsky, P. V., & Jackson. (2017). *Biology: A Global Approach* (Vol. 11). Pearson. [https://bookshelf.vitalsource.com/reader/books/9781292234939/epubcfi/6/66\[%3Bvnd.vst.idref%3Dch07\]!/4/44\[ch07fig3\]/4/2%4028:92](https://bookshelf.vitalsource.com/reader/books/9781292234939/epubcfi/6/66[%3Bvnd.vst.idref%3Dch07]!/4/44[ch07fig3]/4/2%4028:92)
- Campbell, Urry, Cain, Wasserman, Minorsky, & Reece. (2018). *Biology: A Global Approach*. 1–1342. [https://bookshelf.vitalsource.com/reader/books/9781292234939/epubcfi/6/66\[%3Bvnd.vst.idref%3Dch07\]!/4/44\[ch07fig3\]/4/2%4028:92](https://bookshelf.vitalsource.com/reader/books/9781292234939/epubcfi/6/66[%3Bvnd.vst.idref%3Dch07]!/4/44[ch07fig3]/4/2%4028:92)
- Chapin, F., Matson, P., & Vitousek, P. (2011). *Principles of Terrestrial Ecosystem Ecology* (Springer Science & Business Media., Ed.).
- Chen, C., Liu, Y., Liu, Y., & Zheng, P. (2009). mTOR regulation and therapeutic rejuvenation of aging hematopoietic stem cells. *Science Signaling*, 2(98).

[https://doi.org/10.1126/SCISIGNAL.2000559/SUPPL\\_FILE/2\\_RA75\\_SM.PDF](https://doi.org/10.1126/SCISIGNAL.2000559/SUPPL_FILE/2_RA75_SM.PDF)

- Connie Rye, Robert Wise, Connie Rye, & Robert Wise. (2016). Biology. In OpenStax. <https://openstax.org/books/biology/pages/4-2-prokaryotic-cells>
- Cooper, G. M. (2000). The Cell. 8, 103–108. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK9839/>
- Cox, M., & Nelson, D. L. (2008). Lehninger Principles of Biochemistry. 1200. <http://www.amazon.co.uk/Lehninger-Principles-Biochemistry-Michael-Cox/dp/0716743396>
- Craig Venter, J., Adams, M. D., Myers, E. W., Li, P. W., Mural, R. J., Sutton, G. G., Smith, H. O., Yandell, M., Evans, C. A., Holt, R. A., Gocayne, J. D., Amanatides, P., Ballew, R. M., Huson, D. H., Wortman, J. R., Zhang, Q., Kodira, C. D., Zheng, X. H., Chen, L., ... Zhu, X. (2001). The sequence of the human genome. *Science*, 291(5507), 1304–1351. <https://doi.org/10.1126/SCIENCE.1058040>
- Crick, F. (1970). Central Dogma of Molecular Biology. *Nature* 1970 227:5258, 227(5258), 561–563. <https://doi.org/10.1038/227561a0>
- Cunningham, M. A., & Cunningham, G. M. (2013). Principles of environmental science: Inquiry and applications. (McGraw-Hill Education., Ed.)
- Darwin, C. (1859). On the Origin of Species by Means of Natural Selection, or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life.
- Docz. (2023). Replicación Transcripción y Traducción del ADN Y ARN | uDocz. <https://www.udocz.com/apuntes/227869/replicacion-transcripcion-y-traducccion-del-adn-y-arn>
- Edidin, M. (2003). The state of lipid rafts: from model membranes to cells. *Annual Review of Biophysics and Biomolecular Structure*, 32, 257–283. <https://doi.org/10.1146/ANNUREV.BIOPHYS.32.110601.142439>
- Es Ciencia. (2022). Respiración celular . You Tube. <https://www.youtube.com/watch?v=614QiGdC5Io>
- Fernandes. Ana. (2020). Diferencia entre célula animal y vegetal - . Diferenciador. <https://www.diferenciador.com/celula-animal-y-vegetal/>
- Finkelstein, R. R., Gampala, S. S. L., & Rock, C. D. (2002). Abscisic Acid Signaling in Seeds and Seedlings. *The Plant Cell*, 14(suppl\_1), S15–S45. <https://>

[doi.org/10.1105/TPC.010441](https://doi.org/10.1105/TPC.010441)

- Flip Your Learning. (2016). (82) Mitosis Paso a Paso . YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=lXisSVgRI6s&t=7s>
- Freeman, S., Quillin, Kim., Allison, L. A., Black, Michael., Podgorski, Greg., Taylor, Emily., & Carmichael, Jeff. (2017). *Biological science* (Inc. Pearson Education, Ed.).
- García, S. (2013). *Nutrición* - . *Investiciencias.Com*. <https://www.investigaciones.com/componentes/procesos-organismicos/14-nutricion/9-nutricion.html>
- Gooch, J. W. (2011). Glyoxysome. *Encyclopedic Dictionary of Polymers*, 896–896. [https://doi.org/10.1007/978-1-4419-6247-8\\_13850](https://doi.org/10.1007/978-1-4419-6247-8_13850)
- Hein, G. E., & Arena, M. E. (2010). *Metabolismo aeróbico y anaeróbico*. . *Revista de Educación Bioquímica*, 29(2), 10–18.
- Herrmann, H., Bär, H., Kreplak, L., Strelkov, S. V., & Aebi, U. (2007). Intermediate filaments: From cell architecture to nanomechanics. *Nature Reviews Molecular Cell Biology*, 8(7), 562–573. <https://doi.org/10.1038/NRM2197>
- James D., & Watson I. (2003). *The Double Helix. A personal account of the discovery of the structure of DNA*. W. W. Norton & Company. [https://www.goodreads.com/book/show/126061.The\\_Double\\_Helix](https://www.goodreads.com/book/show/126061.The_Double_Helix)
- Jones, P. A. (2012). Functions of DNA methylation: islands, start sites, gene bodies and beyond. *Nature Reviews Genetics* 2012 13:7, 13(7), 484–492. <https://doi.org/10.1038/nrg3230>
- Junqueira, L., & Carneiro, J. (2005). . *Histología Básica* (Guanabara Kogan., Ed.; (10a ed.)).
- Kesseler, R., & Stuppy, W. (2006). *Seeds: time capsules of life. Seeds: Time Capsules of Life*.
- Khan Academy. (2023). *Células procariontes* . <https://es.khanacademy.org/science/biology/structure-of-a-cell/prokaryotic-and-eukaryotic-cells/a/prokaryotic-cells>
- Koltunow, A. M., & Grossniklaus, U. (2003). Apomixis: a developmental perspective. *Annual Review of Plant Biology*, 54(1), 547–574.
- Le Vay, D., Casals Girons, & Núria, D.-V. (2019). *Anatomía y fisiología humana* (11a ed.).

- Lersten, N. (2004a). Flowering Plant Embryology (9780813827476). Blackwell.
- Lersten, N. (2004b). Flowering Plant Embryology (9780813827476). Blackwell.
- Lincoln, T., & Zeiger, Eduardo. (2010). Fisiología vegetal. Cell. <https://doi.org/10.4995/WRS.2010.7744>
- Lodish, H. F., Berk, A., Kaiser, C., Krieger, M., Bretscher, A., Ploegh, H. L., Amon, A., & Martin, K. C. (2016). Molecular cell biology.
- Lodish, H. F., Berk, A., Kaiser, C., Krieger, M., Bretscher, A., Ploegh, H. L., Martin, K. C., Yaffe, M. B., & Amon, A. (2021). Molecular cell biology. Macmillan learning New York.
- López-Sáez, J. F., Giménez-Martin, G., & Risueño, M. C. (1966). Fine structure of the plasmodium. *Protoplasma*, 61(1-2), 81-84. <https://doi.org/10.1007/BF01247912/METRICS>
- Lovelock, J. E., & Orbis, E. (1979). GAIA, UNA NUEVA VISIÓN DE LA VIDA SOBRE LA TIERRA.
- Luzio, J. P., Pryor, P. R., & Bright, N. A. (2007). Lysosomes: fusion and function. *Nature Reviews Molecular Cell Biology* 2007 8:8, 8(8), 622-632. <https://doi.org/10.1038/nrm2217>
- Mader, S. (2007). Biology (McGraw-Hill Science Engineering, Ed.). [publisher not identified].
- Madigan, MT., Martinko, JM., Bender, KS., Buckley, DH., & Stahl, D. (2017). Biología de los Microorganismos. (Pearson.).
- Martín-Montiel, D. C., Pérez-Bianchi, S. M., & Quiroga-Mendiola, M. (2013). Célula Vegetal.
- Megías M, & Molist P. (2019). Atlas de Histología Vegetal y Animal. La Célula. 7. Citosol. . <https://mmegias.webs.uvigo.es/5-celulas/7-citosol.php>
- Megías, M., Molist, P., & Pombal, M. A. (2020). Tejidos vegetales SOSTÉNSOS-TˆSOSTÉN (software LATEX, Ed.). <http://mmegias.webs.uvigo.es/inicio.html>.
- Megías M, Molist P, & Pombal MA. (2019). La célula. 7. Citosol. Citoesqueleto. Filamentos de actina. Atlas de Histología Vegetal y Animal. Atlas de Histología Vegetal y Animal. La Célula. . <https://mmegias.webs.uvigo.es/5-celulas/7-actina-c.php>

- Molina, M. J., & Rowland, F. S. (1974). Stratospheric sink for chlorofluoromethanes: chlorine atom-catalysed destruction of ozone. *Nature*, 249, 810–812.
- Montoya Leydy. (2017). Historia de la Biología : Origen y evolución de la biología. <https://historia-biografia.com/historia-de-la-biologia/>
- Moore, M. J., & Proudfoot, N. J. (2009). Pre-mRNA Processing Reaches Back to Transcription and Ahead to Translation. *Cell*, 136(4), 688–700. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2009.02.001>
- National Research Council. (2009). Una nueva biología para el siglo XXI. National Academies Press.
- Nelson, D., & Cox, M. (2017). Lehninger Principles of Biochemistry (W.H. Freeman and Company., Ed.; 7th ed.). <https://www.vet-ebooks.com/lehninger-principles-of-biochemistry-pdf/>
- Nicolson, G. L. (2014). The Fluid—Mosaic Model of Membrane Structure: Still relevant to understanding the structure, function and dynamics of biological membranes after more than 40 years. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Biomembranes*, 1838(6), 1451–1466. <https://doi.org/10.1016/J.BBAMEM.2013.10.019>
- Otto, S. P. (2007). The evolutionary consequences of polyploidy. *Cell*, 131(3), 452–462. <https://doi.org/10.1016/J.CELL.2007.10.022>
- Paliwoda, D., & Mikiciuk, G. (2020). Use of Rhizosphere Microorganisms in Plant Production - A Review Study. *Journal of Ecological Engineering*, 21(8), 292–310. <https://doi.org/10.12911/22998993/126597>
- Parada, R. (2022, September 19). Biomoléculas: qué son, definición, tipos, funciones. *Lifeder*. <https://www.lifeder.com/biomoleculas/>
- Parker, R., & Sheth, U. (2007). P bodies and the control of mRNA translation and degradation. *Molecular Cell*, 25(5), 635–646. <https://doi.org/10.1016/J.MOLCEL.2007.02.011>
- Peris, C. I. L., Rademacher, E. H., & Weijers, D. (2010). Green Beginnings – Pattern Formation in the Early Plant Embryo. *Current Topics in Developmental Biology*, 91(C), 1–27. [https://doi.org/10.1016/S0070-2153\(10\)91001-6](https://doi.org/10.1016/S0070-2153(10)91001-6)
- Pollard, T. D. (2019). Cell Motility and Cytokinesis: From Mysteries to Molecular Mechanisms in Five Decades. <https://doi.org/10.1146/Annurev-Cell-bio-100818-125427>, 35, 1–28. <https://doi.org/10.1146/ANNUREV-CELL->

BIO-100818-125427

- Popper, Z. A. (2020). *The plant cell wall : methods and protocols* (2nd ed).
- Ptashne, M. (2007). *A Genetic Switch: Phage Lambda Revisited*. (3rd ed.).
- Raven, P. H., Evert, R. F., & Eichhorn. S. E. (2010). *Biología Vegetal* (Reverté, Vol. 2).
- Raven, P., & Johnson, G. (2002). *Biology: (Mcgraw-Hill, Ed.; 6th ed.)*. <https://www.amazon.com/Biology-Peter-H-Raven/dp/0073031208>
- Rédei, G. P. (Ed.). (2008). Golgi Apparatus. In *Encyclopedia of Genetics, Genomics, Proteomics and Informatics* (pp. 815–816). Springer Netherlands. [https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6754-9\\_7049](https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6754-9_7049)
- Redi, F. (1668). Esperienze intorno alla generazione degl'Insetti fatte da Francesco Redi Accademico della Crusca, e da lui scritte in una lettera all'illustrissimo signor Carlo Dati. Terza impressione. . <https://www.abebooks.it/prima-edizione/Esperienze-intorno-generazione-deglInsetti-fatte-Francesco/14151108714/bd>
- Rottner, K., Faix, J., Bogdan, S., Linder, S., & Kerkhoff, E. (2017). Actin assembly mechanisms at a glance. *Journal of Cell Science*, 130(20), 3427–3435. <https://doi.org/10.1242/JCS.206433>
- Sadava, D. E. (2014). *Life : the science of biology*. Macmillan.
- Sadava, D., Hillis, D. M. , Heller, H. C. , & Berenbaum, M. R. (2013). *Vida: La ciencia de la biología : Vol. (9th ed.)*.
- Sánchez-Alcázar JA, Schneider E, & Martínez-Arribas D. (2007). Mitochondrial dysfunction in lysosomal storage disorders. *Nature.*, 7(9), 626–647.
- Schneider MB, Standop J, & Ulrich A. (2010). The impact of cellular networks on disease and therapy. . *Science*, 327(5964), 425–431.
- Seguí-Simarro, J. M., & Nuez, F. (2008). How microspores transform into haploid embryos: changes associated with embryogenesis induction and microspore-derived embryogenesis. *Physiologia Plantarum*, 134(1), 1–12.
- Silvertown, J. (2009). (2009). La convivencia vegetal y el nicho. *Tendencias En Ecología y Evolución*, , 24(11), 586-593.
- Starr, C., Evers, C., & Starr, L. (2020). *Biology today and tomorrow with physiology*. Cengage Learning.

- Starr, C., Taggart, R., & Evers, C. (2018). *Biología: la unidad y la diversidad de la vida* (13a. ed.). <https://www.perlego.com/book/2427386/biologa-la-unidad-y-la-diversidad-de-la-vida-pdf>
- Stryer, L. (1995). *Bioquímica* (Reverte, Ed.; cuarta edición, Vol. 2). <https://www.iberlibro.com/lubert-stryer-bioquimica-tomo-cuarta-edicion/30718825997/bd>
- Sundaresan, V., & Alandete-Saez, M. (2010). Pattern formation in miniature: the female gametophyte of flowering plants. *Development*, 137(2), 179–189.
- Svitkina, T. (2018). The Actin Cytoskeleton and Actin-Based Motility. *Cold Spring Harbor Perspectives in Biology*, 10(1), a018267. <https://doi.org/10.1101/CSHPERSPECT.A018267>
- Taiz, L., & Zeiger, E. (2010). *Plant Physiology*, (Sinauer Associates, Ed.; 5th edition). <https://www.amazon.com/-/es/Eduardo-Zeiger-Lincoln-Taiz/dp/B00LMSM052>
- Taiz, Z. E. (2002). *Fisiología vegetal*.
- Toonen, M. A. J., & de Vries, S. C. (1996). Initiation of somatic embryos from single cells. IN WANG, TL & CUMING, A.(Ed.) *Embryogenesis: the regeneration of plants*. Oxford, Bios Scientific Publishers.
- Tortora, G., & Derrickson, B. (2017). *Principios de Anatomía y Fisiología* (15a ed). Wiley. [https://www.academia.edu/39686942/Principios\\_de\\_Anatom%C3%ADa\\_y\\_Fisiolog%C3%ADa](https://www.academia.edu/39686942/Principios_de_Anatom%C3%ADa_y_Fisiolog%C3%ADa)
- Unidad 5 – Tele estudio – PROLIPA. (n.d.). Retrieved March 21, 2023, from <https://www.prolipa.com.ec/blog/2021/03/29/unidad-5-tele-estudio-80/>
- Campbell, N. A., Urry, L. A., Cain, M. L., Wasserman, S. A., Minorsky, P. V., & Reece, J. B. (2017). *Campbell biology*. *Campbell Biology*, 1123–1134.
- Vessey, J. K. (2003). Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. *Plant and Soil*, 255(2), 571–586. <https://doi.org/10.1023/A:1026037216893/ME-TRICS>
- Watson, J. D., Baker, T. A., Bell, S. P., Gann, A., Levine, M., & Losick, R. (2014). *Biología Molecular del Gen*. Editorial Médica Panamericana.
- Whittaker, R. H. (1975). *Communities and Ecosystems* (Macmillan Publishing Co., Ed.; 2nd Edition). Scientific Research Publishing. [https://www.scirp.org/\(S\(351jmbntvnsjt1aadkozje\)\)/reference/referencespapers.aspx?refe](https://www.scirp.org/(S(351jmbntvnsjt1aadkozje))/reference/referencespapers.aspx?refe)

renceid=2284732

Zhao, Y., Man, Y., Wen, J., Guo, Y., & Lin, J. (2019). Advances in Imaging Plant Cell Walls. In *Trends in Plant Science* (Vol. 24, Issue 9, pp. 867–878). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2019.05.009>

## SOLUCIONARIO DE PREGUNTAS

### 5.1 Cuestionario capítulo I

1. ¿Cuáles son las tres etapas principales de la historia de la biología?

Las tres etapas principales de la historia de la biología son: la época antigua que abarca desde la prehistoria hasta la Edad Media, la época moderna que comenzó con el Renacimiento y terminó poco antes del siglo XX, y la época actual que se originó en 1920 con el desarrollo de la biología molecular.

2. ¿Qué aportes hicieron Robert Hooke y Antoni Van Leeuwenhoek al desarrollo de la teoría celular?

Robert Hooke construyó microscopios avanzados que permitieron realizar nuevas observaciones celulares. Por su parte, Antoni Van Leeuwenhoek construyó microscopios de una sola lente que evitaban la aberración cromática, permitiéndole observar bacterias y la existencia de capilares.

3. ¿Cuáles son los postulados fundamentales de la teoría celular según Schleiden y Schwann?

Los postulados fundamentales de la teoría celular son: todas las formas de vida están compuestas por células, las células son la unidad básica de la vida, y todas las células provienen de otras células preexistentes.

4. ¿Qué técnicas se utilizan para la preparación de muestras en el microscopio óptico?

Las técnicas utilizadas incluyen la fijación, la inclusión, el corte con microtomos y la coloración de las muestras. También se emplean colorantes vitales como el azul de metileno para observar células vivas.

5. ¿En qué se diferencian los microscopios ópticos y electrónicos?

La principal diferencia es que los microscopios electrónicos utilizan un haz de electrones en lugar de luz visible, lo que permite una mayor resolución. Además, la preparación de muestras es distinta, utilizando soluciones de sales de metales pesados.

6. ¿Cuáles son los tres conceptos fundamentales explicados por la biología celular?

Los tres conceptos fundamentales explicados por la biología celular son: la estructura celular, las funciones celulares y la regulación celular.

7. ¿Qué implicaciones éticas de la biología celular?

Las implicaciones éticas mencionadas incluyen el uso de terapias génicas, la clonación, la investigación con células madre y la edición genética.

8. ¿Qué importancia tuvo el desarrollo de la teoría celular para la biología?

La teoría celular revolucionó la biología al permitir entender la vida desde una nueva perspectiva, ya que establece que la célula es la unidad fundamental de los seres vivos.

9. ¿Cuáles son los métodos de estudio celular?

Los métodos descritos son el microscopio óptico, el microscopio electrónico de transmisión, el microscopio electrónico de barrido, el fraccionamiento celular, el seguimiento radioactivo, los métodos inmunocitológicos y los cultivos celulares.

10. ¿Por qué la ética es importante en la investigación de la morfología celular vegetal?

La ética garantiza un uso responsable de las técnicas de investigación y el respeto hacia los organismos estudiados, preservando la vida vegetal y el medio ambiente.

## 5.2 Cuestionario capítulo 2

11. ¿Cómo se clasifican las células según su forma?

Las células se clasifican según su forma en esféricas, cúbicas, cilíndricas, aplanadas, estrelladas, entre otras.

12. ¿Cuál es la principal diferencia entre células eucariotas y células procariotas?

La principal diferencia es que las células eucariotas tienen núcleo definido por una membrana y las procariotas no.

13. ¿Cuáles son los cuatro tipos principales de biomoléculas?

Los cuatro tipos principales de biomoléculas son: carbohidratos, lípidos, proteínas y ácidos nucleicos.

14. ¿Qué estructuras se encuentran en el citosol o citoplasma de la célula?

En el citosol se encuentran organelos, inclusiones y estructuras como ribosomas, retículo endoplásmico, aparato de Golgi, vacuolas, mitocondrias, entre otros.

15. ¿Qué función tienen los filamentos de actina en la célula?

Los filamentos de actina dan soporte estructural a la célula y participan en la contracción muscular y el movimiento celular.

16. ¿Qué función tiene el citoesqueleto en la célula?

El citoesqueleto da forma y consistencia a la célula, participa en el transporte de organelos y en los movimientos celulares.

17. ¿Cuál es la función de la pared celular en la célula vegetal?  
La pared celular vegetal provee protección mecánica y química a la célula.
18. ¿Qué organelo es responsable de la fotosíntesis en la célula vegetal?  
Los cloroplastos son los responsables de la fotosíntesis en la célula vegetal.
19. ¿Qué es el retículo endoplásmico y cuál es su función en la célula?  
El retículo endoplásmico participa en el transporte de sustancias dentro de la célula y en la síntesis de proteínas.
20. ¿Qué función tienen las mitocondrias en la célula?  
Las mitocondrias son las encargadas de generar energía a través de la respiración celular.

### **5.3 Cuestionario capítulo 3**

1. ¿Cuáles son los diferentes tipos de células vegetales y cuáles son sus funciones?

Algunos tipos de células vegetales son: epidérmicas (cubren la superficie), de guarda (controlan los estomas), parenquimatosas (realizan fotosíntesis), colenquimatosas (dan soporte), esclerenquimatosas (dan soporte y protección), xilema (transportan agua), floema (transportan nutrientes), entre otras.

2. ¿Cómo está compuesta estructuralmente una célula vegetal y cuáles son sus componentes más importantes?

Está compuesta por pared celular, membrana plasmática, citoplasma, núcleo, cloroplastos, vacuolas, mitocondrias, retículo endoplásmico, aparato de Golgi, plasmodesmata, etc.

3. ¿Cuál es la función de la célula vegetal en el organismo vegetal?

Realizar las funciones vitales como obtención de nutrientes, eliminación de residuos, homeostasis, almacenamiento de información genética, producción de proteínas, división celular, metabolismo, comunicación celular y respuesta al ambiente.

4. ¿Qué es el ciclo celular y cuáles son sus fases?

Es el proceso de crecimiento y división celular. Sus fases son: interfase (G1, S y G2) y fase mitótica (profase, prometafase, metafase, anafase y telofase).

5. ¿Qué ocurre durante la fase de interfase del ciclo celular en una célula vegetal?

Durante la interfase la célula crece, realiza sus funciones normales y replica su ADN.

6. ¿Qué ocurre durante la fase mitótica del ciclo celular en una célula vegetal?

Ocurre la división nuclear y citoplasmática que da lugar a dos células hijas con la misma información genética.

7. ¿Cómo se lleva a cabo la división celular en una célula vegetal y cuáles son sus resultados?

Mediante la mitosis, en la que la célula se divide en dos células hijas idénticas a la célula madre.

8. ¿Qué ocurre a nivel del centrosoma durante la división celular en una célula vegetal?

Las células vegetales carecen de centrosomas.

9. ¿Cuál es el ejemplo de mitosis en plantas más comúnmente observado?

La propagación vegetativa y el cultivo de tejidos vegetales.

10. ¿Qué es la meiosis, cuál es su función en las plantas y cómo difiere de la mitosis?

Es un tipo de división celular que genera células reproductoras. En plantas permite la formación de polen y óvulos. Difiere en que produce células haploides y aumenta la variabilidad genética.

#### **5.4 Cuestionario Capítulo 4**

1. ¿Qué son las bases de la reproducción y la herencia?

Son los procesos mediante los cuales se crean y se transmiten los rasgos hereditarios de los progenitores a sus descendientes.

2. ¿Cuáles son los tejidos embrionarios en los vegetales?

Los tejidos embrionarios en vegetales son el meristema apical, el procambium y el dermatogén.

3. ¿Qué es la clasificación de los tejidos vegetales?

Es la división de los tejidos vegetales en tres sistemas principales: protección, fundamental y vascular.

4. ¿Qué son los meristemas primarios y secundarios?

Los meristemas primarios generan los tejidos primarios durante el desarrollo embrionario. Los secundarios están involucrados en el crecimiento en grosor del tallo y la formación de ramas laterales.

5. ¿Qué es la reproducción sexual y cómo funciona?

Es la reproducción por fusión de gametos de dos individuos diferentes para formar un cigoto con información genética única.

6. ¿Cómo se lleva a cabo el proceso de germinación?

Con la absorción de agua que activa procesos bioquímicos y el crecimiento del embrión rompiendo la cubierta de la semilla.

7. ¿Cuáles son las fases del proceso de germinación?

Las fases son: hidratación, germinación propiamente dicha y crecimiento.

8. ¿Cuáles son los cuatro bloques de construcción de la vida y qué función tienen?

Son los lípidos, carbohidratos, proteínas y ácidos nucleicos. Cumplen funciones estructurales y funcionales.

9. ¿Qué son los nucleótidos y cuál es su papel en la formación de los ácidos nucleicos?

Son las unidades básicas que componen los ácidos nucleicos al unirse entre sí.

10. ¿Cuáles son los mecanismos fundamentales de obtención y uso de la energía en células?

La respiración celular y la fotosíntesis.

11. ¿Qué es el metabolismo celular y cuáles son sus tipos?

Son las reacciones químicas en la célula. Los tipos son catabolismo, anabolismo y metabolismo aeróbico/anaeróbico.

12. ¿Cuáles son las dos formas de obtener energía en los seres vivos y cómo funcionan?

Autótrofa, sintetizando materia orgánica y heterótrofa, obteniendo materia orgánica de otros organismos.

13. ¿Cómo se clasifican los organismos autótrofos y qué función tienen en la naturaleza?

En fotoautótrofos y quimioautótrofos según su fuente de energía. Son la base de las cadenas alimentarias.

14. ¿Cuáles son los tipos y clasificación de los organismos heterótrofos?

Herbívoros, carnívoros, omnívoros y descomponedores según su alimento.

15. ¿Qué es la respiración celular y la fotosíntesis y cómo se relacionan entre sí?

Son procesos de obtención de energía interdependientes. La fotosíntesis produce el oxígeno usado en la respiración celular.

16. ¿Qué es la respiración aerobia y cómo funciona?

Es el proceso por el cual las células utilizan oxígeno para obtener energía de nutrientes.

17. ¿Cuáles son las etapas de la respiración anaerobia y en qué se diferencian de la respiración aerobia?

Las etapas son fermentación láctica y alcohólica. Se diferencian en que no utilizan oxígeno.

18. ¿Qué es la fotosíntesis y por qué es vital para la vida en la Tierra?

Es el proceso mediante el cual se convierte energía luminosa en energía química. Es vital porque produce oxígeno y alimento.

19. ¿Cuál es la naturaleza molecular de los genes?

Los genes son secuencias de ADN que codifican información para sintetizar proteínas.

20. ¿Qué es el Dogma Central de la Biología Molecular y cómo se relaciona con la replicación, transcripción y traducción de la información genética?

Describe el flujo unidireccional de información genética del ADN a proteínas a través de la replicación, transcripción y traducción.

## RESEÑA DE AUTORES

### **Mercedes Carranza Patiño**

Universidad Técnica estatal de Quevedo

Correo: [mcarranza@uteq.edu.ec](mailto:mcarranza@uteq.edu.ec)

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-0917-0415>



Ing. Forestal graduada de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Posee maestría en Biotecnología mención Biología Molecular e Ingeniería Genética de la Universidad Estatal de Guayaquil. Posee título de PhD. en Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Colombia. Labora como docente- investigador de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo.

### **Helen Carranza Patiño**

Universidad Técnica de Babahoyo

Correo: [hcarranza@utb.edu.ec](mailto:hcarranza@utb.edu.ec)

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-8511-5103>



Ingeniera en Gestión Ambiental graduada de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Posee maestría en Desarrollo y Medio Ambiente - Universidad Técnica Estatal de Quevedo maestría en Zootecnia y Gestión Sostenible - Universidad de Córdoba - España. Labora como docente de la Universidad Técnica de Babahoyo- Extensión Quevedo.

### **Mariela Diaz Ponce**

Universidad Técnica estatal de Quevedo

Correo: mdiaz@uteq.edu.ec

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-8944-5994>



Ing. en Gestión Ambiental graduada de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Posee maestría en Administración Ambiental de la Universidad Estatal de Guayaquil. Labora como docente - investigador de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo.

### **Ana Noemi Moreno Vera**

Universidad Técnica Estatal de Quevedo

Correo: amoreno@uteq.edu.ec

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-0427-4191>



Bióloga graduada de la Universidad Estatal de Guayaquil. Posee maestría en Ciencias con Énfasis en Manejo Sustentable de Recursos Bioacuáticos y el Medio Ambiente de la Universidad Estatal de Guayaquil. Labora como docente-investigador de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo.

### **Yenny Torres Navarrete**

Universidad Técnica estatal de Quevedo

Correo: ytorres@uteq.edu.ec

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-3056-8708>



Ing. Zootecnista graduada de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Posee Master Universitario en Zootecnia y Gestión Sostenible: Ganadería Ecológica e Integrada de la Universidad de Córdoba. Posee título de PhD. en Recursos Naturales y Gestión Sostenible de la Universidad de Córdoba. Labora como vicerrectora académica de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo.



*Dr. EDUARDO DÍAZ OCAMPO, Ph.D.*  
**RECTOR**

*Ing. YENNY GUISELLI TORRES NAVARRETE, Ph.D.*  
**VICERRECTORA ACADÉMICA**

*Ing. BOLÍVAR ROBERTO PICO SALTOS, M.Sc.*  
**VICERRECTOR ADMINISTRATIVO**

*Econ. CARLOS EDISON ZAMBRANO, Ph.D.*  
**DIRECTOR DE INVESTIGACIÓN - DICYT**

---



El libro "Morfología Celular" es una obra exhaustiva que ofrece una introducción detallada a los conceptos esenciales de la Morfología Celular. Está diseñado tanto para estudiantes como para profesionales. La obra aborda de manera minuciosa los fundamentos de la Morfología Celular, proporcionando una base sólida de conocimientos en este campo. Cada uno de los temas se presenta de manera clara y concisa, con una explicación detallada de los conceptos claves. Además, se incluyen numerosas ilustraciones y diagramas que ayudan a visualizar la estructura y función celular, y que facilitan la comprensión de los temas presentados.