

# Principios Básicos de Bioquímica para Agroecología

---

Ruiz-Sánchez, Clara Isabel  
Herrera-Feijoo, Robinson Jasmany  
Correa-Salgado, María de Lourdes  
Hidalgo-Hugo, Luis Daniel








# **Principios Básicos de Bioquímica para Agroecología**

## **Autor/es:**

Ruiz-Sánchez, Clara Isabel  
Herrera-Feijoo, Robinson Jasmany  
Correa-Salgado, María de Lourdes  
Hidalgo-Hugo, Luis Daniel





## Título del libro:

Principios Básicos de Bioquímica para Agroecología

Primera Edición, 2023

Editado en Santo Domingo, Ecuador, 2023

ISBN: 978-9942-7119-0-8

© Mayo, 2023

© Editorial Grupo AEA, Santo Domingo - Ecuador

© Ruiz Sánchez Clara Isabel, Herrera Feijoo Robinson Jasmany, Correa Salgado María de Lourdes, Hidalgo Hugo Luis Daniel.

Editado y diseñado por Comité Editorial del Grupo AEA

Hecho e impreso en Santo Domingo - Ecuador

## Cita.

Ruiz-Sánchez, C. I., Herrera-Feijoo, R. J., Correa-Salgado, M. L., Hidalgo-Hugo, L. D. (2023). Principios básicos de bioquímica para agroecología. Editorial Grupo AEA.

**Cada uno de los textos de la Editorial Grupo AEA han sido sometido a un proceso de evaluación por pares doble ciego externos (double-blindpaperreview) con base en la normativa del editorial.**

Los libros publicados por “**Editorial Grupo AEA**” cuentan con varias indexaciones y repositorios internacionales lo que respalda la calidad de las obras. Lo puede revisar en los siguientes apartados:





## Grupo AEA

Grupo de Asesoría Empresarial y Académica

[www.grupo-aea.com](http://www.grupo-aea.com)

[www.editorialgrupo-aea.com](http://www.editorialgrupo-aea.com)



Grupo de Asesoría Empresarial & Académica



[Grupoaea.ecuador](https://www.instagram.com/grupoaea.ecuador)



Editorial Grupo AEA

## Aviso Legal:

La información presentada, así como el contenido, fotografías, gráficos, cuadros, tablas y referencias de este manuscrito es de exclusiva responsabilidad del autor y no necesariamente reflejan el pensamiento de la Editorial Grupo AEA.

## Derechos de autor ©

Este documento se publica bajo los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0).



El “copyright” y todos los derechos de propiedad intelectual y/o industrial sobre el contenido de esta edición son propiedad de la Editorial Grupo AEA y sus Autores. Se prohíbe rigurosamente, bajo las sanciones en las leyes, la producción o almacenamiento total y/o parcial de esta obra, ni su tratamiento informático de la presente publicación, incluyendo el diseño de la portada, así como la transmisión de la misma de ninguna forma o por cualquier medio, tanto si es electrónico, como químico, mecánico, óptico, de grabación o bien de fotocopia, sin la autorización de los titulares del copyright, salvo cuando se realice confines académicos o científicos y estrictamente no comerciales y gratuitos, debiendo citar en todo caso a la editorial.

## Reseña de Autores

### Ruiz Sánchez Clara Isabel

Universidad Técnica Estatal de Quevedo

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

🆔 Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-2864-5137>

Ingeniera Química de profesión graduada en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, cuenta con una Maestría Internacional en Seguridad y Salud en el Trabajo y Prevención de Riesgos Laborales otorgada por la Universidad Rey Juan Carlos de España, además de una Maestría en Ingeniería Química Aplicada misma que la obtuvo en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, con experiencia en el ámbito petrolero, actualmente se desempeña como docente en la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo



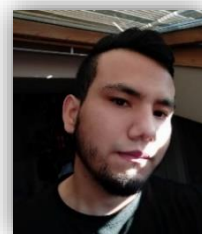
### Herrera Feijoo Robinson Jasmany

Universidad Técnica Estatal de Quevedo

✉ Correo: [rherreraf2@uteq.edu.ec](mailto:rherreraf2@uteq.edu.ec)

🆔 Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-3205-2350>

Ingeniero Ambiental graduado de la Universidad Estatal Amazónica en la amazonia ecuatoriana. Posee una Maestría en Tecnologías de la Información geográfica otorgada por la Universidad de Extremadura. Actualmente es estudiante de doctorado en Biología en la Universidad Autónoma de Madrid y labora como docente en la Universidad Técnica Estatal de Quevedo.



### Correa Salgado María de Lourdes

Universidad Técnica Estatal de Quevedo

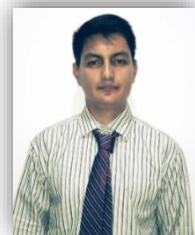
✉ Correo: [mcorreas2@uteq.edu.ec](mailto:mcorreas2@uteq.edu.ec)

🆔 Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-6130-9384>

Me hago llamar Lule, soy Ingeniera Bioquímica, graduada de la Universidad Técnica de Ambato, con un Máster en Ingeniería Biológica y Ambiental; obtenido en la Universidad Autónoma de Barcelona. Actualmente, soy docente, impartiendo cátedras tanto de química inorgánica; como de Bioquímica, además me he desarrollado profesionalmente en el área ambiental en el sector público y privado, manejo protocolos de laboratorio y actividades de campo; creo, acoplo y uso formatos o requerimientos de Informes Técnicos legales o administrativos. Como ingeniera bioquímica, mi objetivo implica aplicar conocimientos y habilidades para contribuir al desarrollo de soluciones



sostenibles y amigables con el ambiente, promover la educación ambiental y la conciencia ecológica en la sociedad.



## **Hidalgo Hugo Luis Daniel**

Instituto Tecnológico Superior Oriente

✉ Correo: ldhhlga@gmail.com

🆔 Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-2938-3271>

Ingeniero Ambiental de profesión graduado en la Universidad Estatal Amazónica en la Provincia de Pastaza, Ecuador. Actualmente desempeño laboró en la Unidad Educativa Santiago de Quito y además soy docente de tercer nivel en el Instituto Tecnológico Superior Oriente; ambas instituciones pertenecientes a la Provincia de Orellana.



## Índice

Reseña de Autores .....	VII
Índice .....	IX
Índice de Tablas.....	XIII
Índice de Figuras .....	XIII
Capítulo I: Introducción a la bioquímica.....	1
1.1. Definición de la bioquímica .....	3
1.2. Importancia de la bioquímica en la ingeniería agroindustrial .....	3
1.3. Áreas de aplicación de la bioquímica en la agroecología .....	4
1.4. Características y propiedades de los compuestos bioquímicos.....	5
Capítulo II: Estructura y función de las biomoléculas .....	1
2.1. Carbohidratos .....	3
2.1.1. Estructura .....	3
2.1.2. Función.....	4
2.1.3. Propiedades .....	5
2.2. Aminoácidos .....	5
2.2.1. Estructura .....	5
2.2.2. Función.....	6
2.2.3. Propiedades .....	7
2.2.4. Enlaces peptídicos .....	8
2.3. Proteínas .....	9
2.3.1. Estructura .....	9
2.3.2. Función.....	10
2.3.3. Propiedades .....	11
2.4. Lípidos .....	12
2.4.1. Estructura .....	12
2.4.2. Función.....	13

2.4.3. Propiedades .....	13
2.5. Nucleósidos .....	14
2.5.1. Estructura .....	14
2.5.2. Función.....	15
2.5.3. Propiedades .....	16
2.6. Nucleótidos.....	17
2.6.1. Estructura .....	17
2.6.2. Función.....	18
2.6.3. Propiedades .....	19
2.7. Ácidos nucleicos .....	20
2.7.1. Estructura .....	20
2.7.2. Función.....	21
2.7.3. Propiedades .....	22
Capítulo III: Células eucariotas .....	23
3.1. Funciones de la célula eucariota.....	25
3.2. Tipos de células eucariotas.....	26
Capítulo IV: Estructura celular y orgánulos de las células vegetales .....	29
4.1. Composición química de la célula.....	32
4.2. Pared celular.....	32
4.3. Membrana celular .....	33
4.3.1. Composición de la membrana plasmática .....	34
4.4. Núcleo celular .....	35
4.5. Citoplasma.....	36
4.6. Mitocondrias .....	36
4.7. Retículo endoplásmico.....	37
4.8. Aparato de Golgi .....	38
4.9. Lisosomas.....	39

4.10.	Citoesqueleto.....	40
4.11.	Vacuolas.....	41
4.12.	Plastos.....	42
Capítulo V: Metabolismo celular y fotosíntesis .....		45
5.1.	Introducción al metabolismo .....	47
5.2.	Respiración celular .....	48
5.2.1.	Glucólisis .....	48
5.2.2.	Ciclo de Krebs .....	49
5.2.3.	Cadena de transporte de electrones .....	51
5.3.	Fotosíntesis .....	52
5.3.1.	Fase luminosa .....	54
5.3.2.	Fase oscura.....	55
5.4.	Biosíntesis de biomoléculas.....	55
5.4.1.	Síntesis de carbohidratos .....	56
5.4.2.	Síntesis de lípidos .....	57
5.4.3.	Síntesis de proteínas .....	58
5.4.3.1.	Transcripción .....	58
5.4.3.2.	Traducción .....	59
Capítulo VI: Enzimas y regulación metabólica.....		61
6.1.	Enzimas.....	63
6.2.	Función de las enzimas en el metabolismo.....	64
6.3.	Cinética enzimática.....	64
6.3.1.	Factores que afectan la cinética .....	66
6.4.	Regulación del metabolismo celular.....	67
6.4.1.	Regulación génica .....	67
6.4.2.	Regulación enzimática.....	68
6.4.2.1.	Regulación por inhibición .....	68

6.4.2.2. Regulación por activación .....	69
6.4.2.3. Regulación alostérica .....	70
6.4.2.4. Regulación por modificación covalente .....	71
6.4.2.5. Regulación por la concentración de sustrato.....	72
6.4.2.6. Regulación por señalización celular .....	73
Capítulo VII: Metabolismo de los nutrientes en la agroecología .....	75
7.1. Digestión y absorción de nutrientes en plantas .....	77
7.2. Metabolismo de carbohidratos en la agroecología .....	78
7.3. Metabolismo de lípidos en la agroecología .....	79
7.4. Metabolismo de proteínas en la agroecología .....	80
Capítulo VIII: Interacciones planta-microorganismo .....	83
8.1. Simbiosis planta-microorganismo .....	85
8.1.1. Rizosfera .....	86
8.1.2. Endosimbiosis .....	87
8.2. Micorrizas .....	88
8.2.1. Estructura .....	89
8.2.2. Función.....	90
8.3. Rizobacterias .....	91
8.3.1. Estructura .....	91
8.3.2. Función.....	92
Capítulo IX: Biotecnología y aplicaciones en la agroecología.....	93
9.1. Introducción a la biotecnología.....	96
9.2. Ingeniería genética .....	96
9.3. Manipulación genética de plantas .....	97
9.4. Aplicaciones de la biotecnología en la agroecología .....	98
Referencias Bibliográficas.....	103

## Índice de Tablas

<b>Tabla 1</b> Características y propiedades de los compuestos bioquímicos .....	5
<b>Tabla 2</b> Estructura de proteínas.....	9

## Índice de Figuras

<b>Figura 1</b> Comparación entre glucosa y fructosa .....	4
<b>Figura 2</b> Enlaces peptídicos .....	8
<b>Figura 3</b> Estructura de nucleósido .....	15
<b>Figura 4</b> Nucleótido .....	17
<b>Figura 5</b> Estructura ARN y ADN .....	21
<b>Figura 6</b> Célula eucariota .....	25
<b>Figura 7</b> Célula vegetal .....	31
<b>Figura 8</b> Membrana celular.....	33
<b>Figura 9</b> Núcleo celular .....	35
<b>Figura 10</b> Mitocondrias.....	37
<b>Figura 11</b> Retículo endoplásmico .....	37
<b>Figura 12</b> Aparato de Golgi .....	39
<b>Figura 13</b> Lisosoma.....	40
<b>Figura 14</b> Vacuolas .....	42
<b>Figura 15</b> Plastos .....	42
<b>Figura 16</b> Glucólisis.....	49
<b>Figura 17</b> Ciclo de Krebs.....	50
<b>Figura 18</b> Cadena de electrones .....	51
<b>Figura 19</b> Ecuación de la fotosíntesis.....	52
<b>Figura 20</b> La fotosíntesis .....	53
<b>Figura 21</b> ARNm .....	58
<b>Figura 22</b> Enzimas digestivas.....	64
<b>Figura 23</b> Expresión génica.....	67
<b>Figura 24</b> Regulación por inhibición .....	69
<b>Figura 25</b> Regulación alostérica .....	71
<b>Figura 26</b> Enzimas modulados .....	72

<b>Figura 27</b> Metabolismo celular .....	73
<b>Figura 28</b> Rizosfera .....	87
<b>Figura 29</b> Proceso de endosimbiosis.....	88
<b>Figura 30</b> Micorrizas.....	89
<b>Figura 31</b> Rizobacterias .....	92

# Capítulo I: Introducción a la bioquímica







## Introducción a la bioquímica

La bioquímica tiene como objetivo describir químicamente las formas y procesos que cumplen los seres vivos. Entender el comportamiento químico de las biomoléculas es un requisito previo para entender su estructura, su modo de interacción y, en última instancia, su importancia biológica.

### 1.1. Definición de la bioquímica

Dado que las células son la base de construcción fundamental de los sistemas vivos, la bioquímica puede ser descrita como el análisis de los elementos químicos de los seres vivos y sus funciones.

Se puede decir que la bioquímica se preocupa por la composición química de las células vivas, así como los procesos y reacciones que tienen lugar dentro de ellas. En este enfoque, la bioquímica abarca una amplia gama de temas en biología molecular, biología celular y genética molecular.

### 1.2. Importancia de la bioquímica en la ingeniería agroindustrial

El estudio de las reacciones químicas y procesos metabólicos en los seres vivos, incluyendo plantas y microbios del suelo son el principal enfoque de estudio que tiene la bioquímica como ciencia. Por lo tanto, la bioquímica es fundamental en la agroecología, que se enfoca en alcanzar una producción de alimentos de manera equilibrada y enfocada al largo plazo.

La comprensión de los procesos metabólicos de las plantas y microorganismos del suelo es crucial para mantener la salud del suelo y cultivar cosechas saludables y resistentes a enfermedades y plagas en la agroecología, y la bioquímica juega un papel fundamental en este sentido.

Además, la bioquímica es útil en el estudio de la fisiología vegetal y la fotosíntesis, lo que permite a los agricultores agroecológicos entender mejor la

demanda nutricional de las plantas y optimizar el uso de los recursos naturales disponibles.

La bioquímica también es importante en la producción de biofertilizantes y biopesticidas, que son alternativas sostenibles y respetuosas con el medio ambiente a los fertilizantes y pesticidas químicos. Los biofertilizantes y biopesticidas hacen uso de microorganismos y compuestos naturales obtenidos a través de procesos bioquímicos.

En conclusión, la bioquímica es esencial en la agroecología para comprender los procesos metabólicos de los organismos del suelo y las plantas, y para desarrollar prácticas agrícolas más sostenibles y respetuosas con el medio ambiente. La aplicación de la bioquímica en la agroecología puede contribuir a la elaboración de alimentos más saludables, la preservación de la diversidad biológica y la reducción de impactos ambientales que la agricultura supone.

### 1.3. Áreas de aplicación de la bioquímica en la agroecología

La bioquímica tiene numerosas aplicaciones en las que se puede utilizar de manera versátil la agroecología, a continuación, te menciono algunas de las principales áreas de aplicación:

- **Conservación de suelos y recursos naturales:** la bioquímica se utiliza para analizar la composición y las propiedades de los suelos y comprender su papel en los ecosistemas., así como para el análisis de nutrientes y la evaluación de prácticas de manejo que promuevan la conservación y regeneración de los suelos y otros recursos naturales.
- **Control biológico de plagas y enfermedades:** la bioquímica se utiliza en la identificación de agentes biológicos que puedan ser utilizados para el manejo y prevención de plagas y enfermedades, como la producción de feromonas para el control de insectos o la identificación de microorganismos antagonistas de patógenos.
- **Bioteología agrícola:** la bioquímica se utiliza en la mejora genética de plantas y animales, mediante técnicas de ingeniería genética, como la

creación de plantas con alta capacidad de aguante frente a enfermedades o con mayor tolerancia a condiciones ambientales extremas.

- **Agricultura orgánica y agroecológica:** la bioquímica se utiliza para el desarrollo de destrezas agrícolas ambientalmente responsable y la elaboración de alimentos orgánicos y agroecológicos, como el uso de fertilizantes y pesticidas naturales, el empleo de compost y la rotación de cultivos.
- Producción de alimentos saludables y funcionales: la bioquímica se usa para la identificación y fabricación de alimentos saludables y funcionales, mediante la caracterización de componentes bioactivos y la valoración los beneficios que brindan pueden generar a la salud.

### 1.4. Características y propiedades de los compuestos bioquímicos

Los compuestos bioquímicos tienen un grupo de rasgos y propiedades que les facilitan desempeñar sus funciones en los organismos vivos. Algunas de estas características y propiedades son:

**Tabla 1**  
*Características y propiedades de los compuestos bioquímicos*

Propiedad	Característica
Composición química	Los compuestos bioquímicos están compuestos principalmente de carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno, aunque también pueden incluir otros elementos como fósforo, azufre y hierro.
Estructura molecular	Los compuestos bioquímicos tienen una estructura molecular compleja, con distintos tipos de enlaces químicos que les confieren sus propiedades específicas.
Polaridad	Algunos compuestos bioquímicos tienen polaridad, lo que les permite interactuar con otros compuestos polares o cargados eléctricamente.

Propiedad	Característica
Solubilidad	La solubilidad de los compuestos bioquímicos varía según su estructura y polaridad. Por ejemplo, los lípidos son solubles en solventes orgánicos como el cloroformo, pero insolubles en agua.
Funcionalidad	Los compuestos bioquímicos tienen tareas específicas en los organismos vivos, como la producción de energía, la creación de estructuras celulares, la reserva de la información genética, así como la regulación de procesos metabólicos.
Interacciones	Los compuestos bioquímicos interactúan entre sí para llevar a cabo sus funciones. Por ejemplo, las proteínas pueden interactuar con lípidos y ácidos nucleicos para formar complejos macromoleculares como las membranas celulares.
Reactividad	Los compuestos bioquímicos pueden experimentar reacciones químicas como la hidrólisis, la oxidación y la reducción, lo que les permite participar en procesos metabólicos y regulación celular
Especificidad	Los compuestos bioquímicos son altamente específicos en su estructura y función, lo que les permite interactuar selectivamente con otros compuestos y cumplir sus funciones de manera eficiente

**Nota: Fuente:** Autores, 2023.

# Capítulo II: Estructura y función de las biomoléculas





## Estructura y función de las biomoléculas

Las moléculas orgánicas que se encuentran en los seres vivos y cumplen funciones vitales para la vida se conocen como biomoléculas. Estas moléculas se pueden dividir en cuatro grupos: lípidos, proteínas, ácidos nucleicos y carbohidratos.

Cada tipo de biomolécula posee una organización única que le permite llevar a cabo funciones específicas en los organismos vivos. La siguiente lista de las funciones y estructuras primarias de cada tipo de biomolécula se proporciona para su referencia.

### 2.1. Carbohidratos

Los carbohidratos, denominados también sacáridos, son un tipo de biomolécula presente en los organismos vivos, son moléculas biológicas que poseen una composición química simple. Sin embargo, son fundamentales en la realización de funciones vitales en los seres vivos. Estas moléculas orgánicas se conocen como hidratos de carbono o sacáridos, y su nombre se debe a que la mayoría de ellos sigue la fórmula química  $(CH_2O)_n$ , aunque algunos pueden tener grupos adicionales, como sulfato, fosfato o amino. Los monosacáridos son los bloques constructivos fundamentales de los hidratos de carbono, y su agrupación conforma los disacáridos. Cuando se unen un número limitado de monosacáridos se denominan oligosacáridos, mientras que si se unen un gran número de ellos se les conoce como polisacáridos.

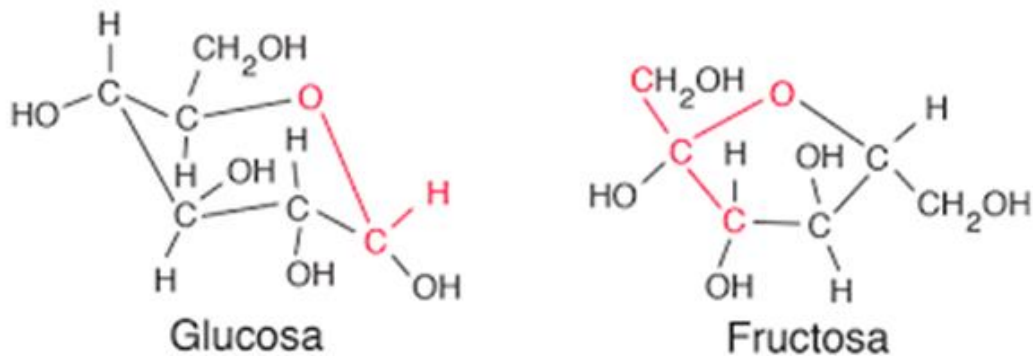
#### 2.1.1. Estructura

Se utilizan indistintamente los términos hidratos de carbono, carbohidratos o azúcares para referirse a un mismo grupo de compuestos, y están compuestas por carbono, hidrógeno y oxígeno en una proporción de 1:2:1. Su estructura química fundamental se compone de una cadena de monosacáridos, los cuales se organizan en una cadena lineal o ramificada. Los monosacáridos son

moléculas simples de azúcar que no se pueden descomponer en moléculas más pequeñas mediante hidrólisis.

La glucosa y la fructosa son monosacáridos de seis carbonos (hexosas), mientras que la ribosa y la desoxirribosa son monosacáridos de cinco carbonos (pentosas). Los monosacáridos se clasifican según el número de átomos de carbono que contienen.

**Figura 1**  
*Comparación entre glucosa y fructosa*



**Nota:** Estructura de glucosa y fructosa **Fuente:** Hyperphysics, 2009.

### 2.1.2.Función

Los carbohidratos cumplen diversas actividades en los seres vivos y representa un rol bastante importante en el ciclo energético de la biosfera. Las plantas absorben dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) de la atmósfera durante la fotosíntesis y lo transforman en carbohidratos, que luego se almacenan como polisacáridos como el almidón y los animales los utilizan como fuentes de carbono. Tanto vegetales como animales utilizan la oxidación estos hidratos de carbono como fuente de energía mediante la respiración y liberan CO<sub>2</sub> en el proceso.

No obstante, la función de los hidratos de carbono no se limita a ser una fuente de energía, sino que también son esenciales en la formación de estructuras que brindan protección a las células, como la celulosa presente en las células vegetales, los polisacáridos de las paredes bacterianas y los exoesqueletos de los artrópodos. Además, los sacáridos que se unen a proteínas o lípidos en la superficie celular son cruciales en la comunicación entre las células.



### 2.1.3. Propiedades

A continuación, se detallan algunas propiedades importantes de los carbohidratos:

- **Fuente de energía:** El cuerpo humano necesita carbohidratos como fuente de energía porque se convierten en glucosa, que es utilizada por las células para realizar sus funciones.
- **Estructura celular:** Algunos carbohidratos, como la celulosa, son componentes estructurales fundamentales de las paredes celulares de las plantas.
- **Almacenamiento de energía:** Cuando se requiere una fuente de energía, estas biomoléculas se pueden convertir en glucosa al almacenarse como glucógeno en el hígado y los músculos del cuerpo.
- **Diversidad estructural:** Se pueden encontrar estructuras simples o complejas en los carbohidratos. Los carbohidratos más simples son los monosacáridos, que incluyen glucosa, fructosa y galactosa; Los carbohidratos complejos son polisacáridos, que incluyen almidón y celulosa.

## 2.2. Aminoácidos

Los aminoácidos son moléculas con características comunes y estructurales que se acoplan por medio de enlaces covalentes para constituir proteínas. Hay veinte aminoácidos diferentes en el código genético, y su disposición lineal forma la secuencia primaria de una proteína, lo que establece su distribución tridimensional específica y su rol. Los aminoácidos también pueden actuar como intermediarios en rutas metabólicas y precursores de otras sustancias biológicas. Por ejemplo, la tirosina se utiliza para producir catecolaminas, que actúan como neurotransmisores y hormonas.

### 2.2.1. Estructura

La presencia de un grupo amino (-NH<sub>2</sub>) y un grupo carboxilo (-COOH) incorporados en un átomo de carbono central determina su estructura. Sus

propiedades químicas y físicas distintivas las proporciona un grupo R, también conocido como cadena lateral variable.

Los aminoácidos se clasifican en dos categorías: aquellos con grupos R no polares y aquellos con grupos R polares.

- Mientras que los aminoácidos con grupos R no polares tienen una estructura hidrófoba y es más probable que se acumulen en la región central de la proteína, por otro lado;
- Los aminoácidos del grupo R polar tienen una estructura hidrófila y se encuentran frecuentemente en contacto con el agua o en la superficie de las proteínas.

Los 20 aminoácidos comúnmente encontrados en las proteínas difieren en su estructura de cadena lateral y propiedades químicas, lo que les permite interactuar de maneras específicas con otras moléculas en la célula. Estas interacciones pueden ser significativas para la organización y función de las proteínas.

### **2.2.2. Función**

Los aminoácidos tienen múltiples funciones en las especies animales y vegetales, algunas de las cuales son:

- **Construcción de proteínas:** Las proteínas están compuestas de aminoácidos. Cuando los aminoácidos se unen mediante enlaces peptídicos, forman cadenas llamadas polipéptidos que luego se pliegan para formar proteínas con estructuras tridimensionales específicas.
- **Metabolismo:** Los aminoácidos son componentes clave de las rutas metabólicas en los organismos vivos. Algunos aminoácidos se descomponen para proporcionar energía al cuerpo, mientras que otros se utilizan para sintetizar moléculas importantes, como las purinas y las pirimidinas.
- **Transporte y almacenamiento de nutrientes:** Algunos aminoácidos, como la glutamina y la alanina, actúan como transportadores de nitrógeno y de otros metabolitos en el cuerpo. Otros, como la cisteína, son importantes para la síntesis de la proteína glutatión, que tiene

propiedades antioxidantes y evita que las células sean afectadas por el estrés oxidativo.

- **Producción de hormonas y neurotransmisores:** Los aminoácidos también son predecesores de importantes hormonas y neurotransmisores. Un ejemplo es el triptófano se utiliza para sintetizar la serotonina que es un neurotransmisor, una sustancia química del cerebro que modula el estado emocional, mientras que la tirosina se utiliza para sintetizar la dopamina, un neurotransmisor que regula la motivación y el placer.

### 2.2.3. Propiedades

Los aminoácidos son los bloques de construcción fundamentales de las proteínas, tienen diversas propiedades importantes, algunas de ellas son:

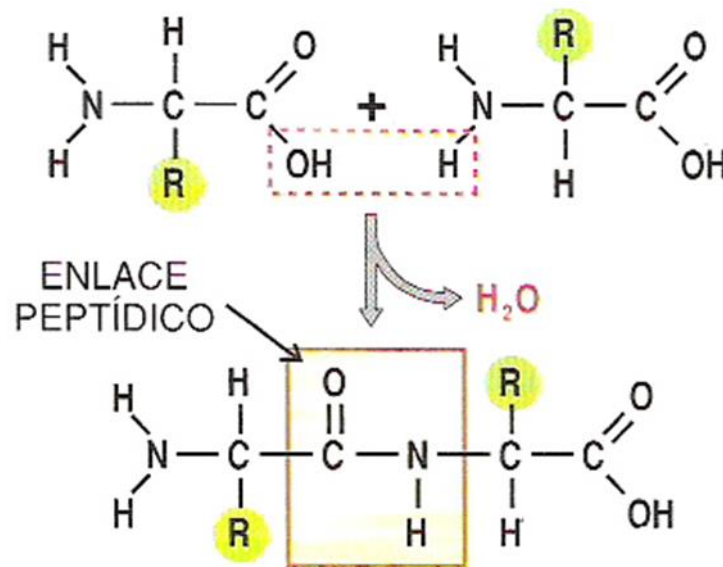
- **Grupo amino (-NH<sub>2</sub>):** Todos los aminoácidos tienen un grupo amino en su estructura, que les confiere propiedades básicas. Este grupo puede formar enlaces de hidrógeno y cargas eléctricas en base al pH del medio en el que se localicen.
- **Grupo carboxilo (-COOH):** Todos los aminoácidos también tienen un grupo carboxilo, que les confiere propiedades ácidas. Este grupo también puede formar enlaces de hidrógeno y cargas eléctricas en función del pH del medio en el que se encuentren.
- **Cadena lateral:** Cada aminoácido tiene una cadena lateral única que le confiere propiedades químicas y físicas distintas. Estas cadenas laterales pueden ser hidrófobas, hidrófilas, polares o no polares, ácidas o básicas.
- **Isomería:** Todos los aminoácidos son isómeros, lo que significa que existen dos formas distintas de cada aminoácido. En la mayoría de los casos, solo una de estas formas es biológicamente activa.
- **Polaridad:** Los aminoácidos se clasifican en polares y no polares en función de su capacidad para interactuar con el agua. Los aminoácidos polares son hidrófilos, mientras que los no polares son hidrófobos.
- **Propiedades ópticas:** Con excepción de la glicina, los aminoácidos contienen un carbono asimétrico y, por tanto, pueden existir en dos formas

ópticas diferentes, L y D. Solo la forma L de los aminoácidos se utiliza en la síntesis de proteínas en los seres vivos

### 2.2.4. Enlaces peptídicos

El principal componente estructural de las cadenas polipeptídicas es el enlace peptídico. Los aminoácidos se conectan en una secuencia lineal durante la producción de proteínas mediante una reacción de condensación que forma un enlace amida entre el grupo carboxilo de un aminoácido y el grupo amino del siguiente. El átomo de hidrógeno de un grupo amino y el grupo hidroxilo de un grupo carboxilo se pierden cuando se elimina una molécula de agua durante esta reacción.

**Figura 2**  
Enlaces peptídicos



**Nota:** Estructura básica **Fuente:** Amanecer Temuco, 2020.

Los aminoácidos que se incorporan en la cadena polipeptídica se conocen con el nombre de residuos, ya que pierden una molécula de agua en el proceso químico. Como resultado de esta reacción, solo el grupo amino del primer aminoácido (grupo amino terminal) y el grupo carboxilo del último (carboxilo terminal) pueden ionizarse. Las cadenas laterales de los aminoácidos ácidos y básicos también pueden ionizarse, ya que no participan en la formación del enlace peptídico. Por esta razón, según la sucesión específica de los

aminoácidos en una proteína, cada polipéptido tendrá una curva de titulación característica y un punto isoeléctrico determinado.

### 2.3. Proteínas

Además de su papel estructural, las proteínas también actúan como enzimas que catalizan reacciones bioquímicas, transportadores de moléculas a través de membranas celulares, mensajeros químicos (hormonas), receptores de señales, anticuerpos que protegen contra enfermedades, entre muchas otras funciones. La configuración de la proteína es esencial para su desempeño, y cualquier variación en su orden o conformación puede resultar en efectos perjudiciales para la salud. Las enfermedades relacionadas con proteínas mal plegadas incluyen la enfermedad de Alzheimer, Parkinson, Huntington y la fibrosis quística.

#### 2.3.1. Estructura

Los aminoácidos que conforman las proteínas se unen a través de la formación de enlaces peptídicos, y su cadena lineal contiene la información necesaria para generar una estructura tridimensional única. Para entender la complejidad de las proteínas, se consideran cuatro niveles de organización: primario, secundario, terciario y cuaternario. Al examinar estas jerarquías de complejidad creciente, se ha descubierto que ciertos elementos estructurales se repiten en muchas proteínas, lo que sugiere la existencia de "reglas" generales para la formación de la estructura nativa de las proteínas. Los elementos estructurales repetidos pueden incluir cualquier cosa, desde pliegues sencillos de dominios polipeptídicos en proteínas multifuncionales hasta el pliegue complejo de hélices alfa y láminas beta en pequeños motivos, proporcionando los datos necesarios para producir una estructura tridimensional distintiva.

**Tabla 2**  
*Estructura de proteínas*

<b>Estructura</b>	<b>Característica</b>
Estructura Primaria	La estructura primaria de una proteína es la disposición de los aminoácidos que la componen. Comprender la estructura básica de

Estructura	Característica
	<p>las proteínas es esencial porque muchas enfermedades genéticas provocan una síntesis anormal de aminoácidos, lo que puede provocar el plegamiento incorrecto de la proteína y la pérdida o el deterioro de su función básica. Es posible identificar o aprender más sobre la enfermedad si se conocen las estructuras primarias de las proteínas tanto sanas como mutadas.</p>
<p>Estructura Secundaria</p>	<p>La estructura peptídica no se dispone de manera aleatoria en una forma tridimensional, sino que suele adoptar patrones regulares de aminoácidos cercanos en la secuencia lineal, que se conocen como estructura secundaria del polipéptido. La hélice, la lámina beta y los giros beta son ejemplos comunes de estructuras secundarias que se encuentran con frecuencia en las proteínas.</p>
<p>Estructura Terciaria de las proteínas globulares</p>	<p>La estructura primaria de una cadena polipeptídica se puede utilizar para predecir su estructura tridimensional. El plegamiento de los dominios, que son las unidades fundamentales de estructura y función, así como su disposición final dentro del polipéptido se denominan procesos "terciarios". En solución acuosa, las proteínas globulares tienen una estructura compacta con una alta densidad de átomos en el centro de la molécula. Las cadenas laterales hidrófobas se ubican en el interior de la molécula, mientras que los grupos hidrófilos suelen estar en la superficie.</p>
<p>Estructura Cuaternaria</p>	<p>Las proteínas pueden estar formadas por una sola cadena de polipéptidos o por múltiples cadenas, lo que se conoce como estructura cuaternaria. Las subunidades de polipéptidos se mantienen unidas a través de interacciones no covalentes y pueden funcionar independientemente o en cooperación. Un ejemplo de cooperación es la hemoglobina, donde la unión del oxígeno a una subunidad aumenta la afinidad de las demás por el oxígeno.</p>

**Nota: Fuente:** Autores, 2023.

### 2.3.2. Función

Las proteínas tienen diversas funciones en los organismos vivos, como estructurales, de transporte y almacenamiento, de defensa, de contracción

muscular, de recepción y transmisión de señales, y catalíticas como las enzimas. Su función a menudo depende de su interacción con ligandos, que pueden ser moléculas pequeñas o proteínas, y pueden producir cambios en la estructura tridimensional de la proteína. Estos cambios pueden tener efectos fisiológicos importantes, ya que alteran la acción de la proteína. Las proteínas tienen sitios específicos de fijación o unión donde los ligandos se unen, y pueden tener varios sitios de fijación para diferentes ligandos que son específicos.

### 2.3.3. Propiedades

Las proteínas son biomoléculas complejas conformadas por la unión de aminoácidos mediante enlaces peptídicos. Estas biomoléculas poseen una amplia variedad de propiedades y funciones trascendentales en los organismos vivos, algunas de ellas son:

- **Estructura tridimensional:** Las proteínas tienen una estructura tridimensional compleja que se deriva de la serie de aminoácidos que las constituyen. Esta estructura establece su función y está influenciada por factores como el pH, la temperatura y la presencia de otras moléculas.
- **Especificidad:** Las proteínas tienen una gran especificidad en su interacción con otras moléculas, lo que les permite llevar a cabo funciones específicas. Por ejemplo, las enzimas son proteínas que catalizan reacciones químicas específicas en el organismo.
- **Regulación:** Además de lo anterior, las proteínas son fundamentales para el control de los procesos biológicos. Por ejemplo, las proteínas pueden funcionar como factores de transcripción, uniéndose al ADN y controlando la expresión génica. Además, pueden funcionar como mensajeros celulares, enviando mensajes dentro o entre células. El sistema inmunológico, la división celular y el mantenimiento de la homeostasis dentro del cuerpo dependen de las proteínas.
- **Comunicación:** Las proteínas también pueden actuar como moléculas de señalización, transmitiendo información entre células y tejidos.
- **Estructura y soporte:** Algunas proteínas tienen una función estructural, proporcionando soporte y rigidez a las células y tejidos. Un ejemplo de esto son las proteínas que forman el colágeno en los tejidos conectivos.

- **Transporte:** Las proteínas también pueden actuar como transportadoras, movilizandando moléculas a través de membranas celulares y entre diferentes partes del organismo.

## 2.4. Lípidos

Los lípidos además de las grasas también incluyen otros compuestos como los fosfolípidos, los esteroides y los lípidos complejos. Los fosfolípidos son componentes de gran importancia en las membranas celulares, mientras que los esteroides incluyen hormonas como la testosterona y el estrógeno, así como el colesterol que es importante para la función celular y la síntesis de hormonas esteroides. Los lípidos también tienen funciones importantes en el almacenamiento de energía, el aislamiento térmico, la protección de órganos vitales y la lubricación de articulaciones. Las grasas saturadas se hallan comúnmente en alimentos de origen animal como la mantequilla y la carne, mientras que las grasas insaturadas se localizan en alimentos como los frutos secos, el aceite de oliva y los pescados grasos. El consumo excesivo de grasas saturadas se ha relacionado con un mayor riesgo de enfermedades cardiovasculares, mientras que las grasas insaturadas son consideradas más saludables para el corazón.

### 2.4.1. Estructura

Los ácidos grasos son moléculas de cadena larga que contienen un grupo carboxilo y una cola hidrocarbonada no polar. Cada ácido graso es único en términos de longitud de cadena y presencia, número y ubicación de dobles enlaces. La mayoría de los ácidos grasos que se encuentran en los sistemas biológicos tienen un número par de átomos de carbono y tienen cadenas que varían en longitud de 14 a 24 carbonos, siendo las de 16 y 18 carbonos las más frecuentes. La naturaleza insaturada o saturada de un ácido graso depende de si su cola hidrocarbonada está compuesta de enlaces dobles o simples, respectivamente. La mayoría de los ácidos grasos son insaturados, y aquellos con enlaces dobles separados por al menos un grupo metilo y que no están conjugados se denominan ácidos grasos poliinsaturados.



### 2.4.2. Función

Los lípidos son un conjunto diverso de biomoléculas que efectúan diversas funciones en los organismos vivos, algunas de las cuales son:

- **Reserva de energía:** Los lípidos pueden almacenar energía en forma de triglicéridos en células adiposas y otros tejidos.
- **Aislamiento térmico:** Los lípidos también actúan como aislantes térmicos en algunos animales, como los pingüinos, que tienen una capa de grasa debajo de la piel que ayuda a mantener su temperatura corporal.
- **Protección y amortiguación:** Los lípidos tienen la capacidad de funcionar como amortiguadores protectores alrededor de órganos esenciales como los riñones y el cerebro, ofreciendo una capa de defensa contra daños y contusiones.
- **Componentes estructurales:** Los lípidos desempeñan una función crucial como elementos constituyentes de las membranas celulares, las cuales actúan como barreras de protección y aislamiento entre las células y el entorno exterior.
- **Regulación hormonal:** Ciertos lípidos, tales como las hormonas esteroides, tienen un papel de mensajeros químicos en el organismo, controlando diversos procesos biológicos como el crecimiento, el metabolismo y la reproducción.

### 2.4.3. Propiedades

Las propiedades de los lípidos incluyen:

**Insolubilidad en agua:** Los lípidos son moléculas hidrofóbicas que no se disuelven en agua, pero sí se disuelven en solventes orgánicos como el éter, el benceno y el cloroformo.

- **Solubilidad en solventes orgánicos:** Como se indicó previamente, la propiedad hidrofóbica de las moléculas de lípidos hace que estos sean solubles en solventes orgánicos.
- **Alto contenido energético:** Los lípidos poseen una alta concentración de energía, con un valor calórico de alrededor de nueve calorías por

gramo, lo cual es superior al valor calórico de los carbohidratos y las proteínas, que es de cuatro calorías por gramo.

- **Flexibilidad:** Los lípidos son moléculas flexibles que pueden doblarse y cambiar de forma, lo que los hace útiles en la formación de membranas celulares.
- **Función estructural:** Los lípidos pueden actuar como componentes estructurales de membranas celulares y otros tejidos biológicos.
- **Protección y amortiguación:** Algunos lípidos, como los fosfolípidos, pueden actuar como cojines protectores alrededor de órganos vitales, proporcionando una capa de protección contra golpes y lesiones.
- **Bajo peso molecular:** En general, los lípidos tienen un peso molecular relativamente bajo en comparación con otras moléculas biológicas como las proteínas y los ácidos nucleicos.

## 2.5. Nucleósidos

Según el tipo de ácido nucleico al que pertenezcan (ADN o ARN), los nucleósidos son moléculas que se crean por la unión de una base nitrogenada y un azúcar de cinco carbonos llamado ribosa o desoxirribosa. A diferencia de los nucleótidos, que son moléculas más complejas creadas al unir un nucleósido y uno o más grupos fosfato, los nucleósidos no contienen el grupo fosfato que tienen los nucleótidos. Además de desempeñar un papel crucial en la síntesis de ácidos nucleicos, los nucleósidos también pueden desempeñar un papel importante en la biología. Por ejemplo, pueden servir como precursores de moléculas que activan la señalización intracelular y extracelular. Los nucleósidos incluyen compuestos tales como adenosina, citidina, guanosina, uridina y timidina.

### 2.5.1. Estructura

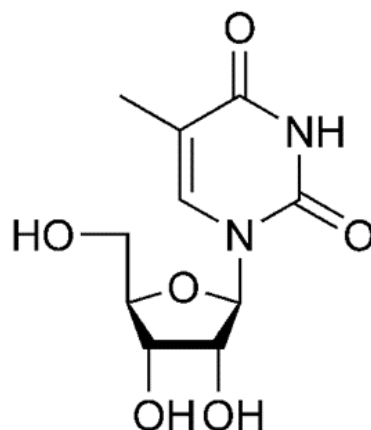
Un nucleósido es una molécula compuesta por una base nitrogenada unida a una pentosa, un azúcar de cinco carbonos. La pentosa puede ser ribosa o desoxirribosa, dependiendo de si la molécula contiene o no un átomo de oxígeno en el carbono número 2.

La base nitrogenada se acopla al carbono número 1 de la pentosa a través de un enlace N-glucosídico, y puede ser una de las cinco bases nitrogenadas comunes en los ácidos nucleicos: adenina, guanina, citosina, timina o uracilo.

La estructura del nucleósido puede variar dependiendo de la base nitrogenada y la pentosa involucradas. Por ejemplo, un nucleósido de ribosa unido a adenina se conoce como adenosina, mientras que un nucleósido de desoxirribosa unido a citosina se llama desoxicitidina.

### Figura 3

Estructura de nucleósido



**Nota:** Modelo de nucleósido **Fuente:** Hmong.es, 2022.

El ADN y el ARN, que son los portadores de la información genética en los organismos vivos, contienen nucleósidos como partes esenciales. Los nucleósidos y sus derivados también desempeñan una serie de funciones en el metabolismo celular, incluida la regulación de procesos biológicos vitales y la síntesis de energía.

### 2.5.2. Función

Los nucleósidos son moléculas compuestas por una base nitrogenada y un azúcar de cinco carbonos (pentosa), pero no tienen el grupo fosfato que caracteriza a los nucleótidos. A pesar de que los nucleósidos no participan directamente en la síntesis de proteínas o en la información genética, tienen diversas funciones biológicas importantes, como:

- **Síntesis de ácidos nucleicos:** En la síntesis de ácidos nucleicos como el ADN y el ARN, los nucleósidos son elementos fundamentales. Los

enlaces fosfodiéster se utilizan para conectar las bases nitrogenadas de los nucleósidos, como la adenina, la guanina, la citosina, la timina y el uracilo, para crear cadenas de ácido nucleico.

- **Regulación de la señalización celular:** Algunos nucleósidos, como la adenosina y la guanosina, actúan como neurotransmisores y reguladores de la señalización celular. Estos nucleósidos pueden afectar la función de las células nerviosas, la contracción muscular y la liberación de hormonas.
- **Metabolismo energético:** Los nucleósidos, además, tienen una función significativa en el metabolismo energético celular. Por ejemplo, la adenosina se convierte en ATP (adenosín trifosfato), una molécula que almacena y transporta la energía celular.

### 2.5.3. Propiedades

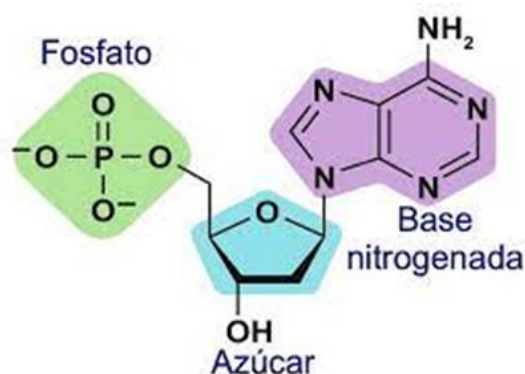
Algunas propiedades de los nucleósidos son:

- **Solubilidad:** Los nucleósidos son solubles en agua y en soluciones acuosas. La solubilidad es importante ya que permite su uso en diferentes aplicaciones biológicas.
- **Polaridad:** Los nucleósidos son polares por la existencia de grupos funcionales hidroxilo (-OH) en su estructura. Esta polaridad les confiere propiedades únicas, como la capacidad de formar enlaces de hidrógeno con otras moléculas polares.
- **Estabilidad:** Los nucleósidos son relativamente estables debido a la presencia de enlaces glicosídicos y enlaces de hidrógeno entre sus componentes. Sin embargo, pueden ser susceptibles a la hidrólisis bajo ciertas condiciones.
- **Absorbancia:** Los nucleósidos tienen una absorbancia característica en el rango de UV, lo que permite su detección y cuantificación en experimentos bioquímicos.
- **Reactividad química:** Los nucleósidos pueden ser modificados químicamente para introducir grupos funcionales adicionales o para alterar sus propiedades fisicoquímicas. Esto los convierte en herramientas útiles para la síntesis de moléculas bioactivas y para la investigación bioquímica.

## 2.6. Nucleótidos

Compuesto orgánico que consta de tres componentes principales: una base nitrogenada, un azúcar y ácido fosfórico. Dependiendo del tipo de azúcar que contienen, los nucleótidos se clasifican como ribonucleótidos (que contienen ribosa) o desoxirribonucleótidos (con desoxirribosa). Los nucleótidos intervienen como monómeros en la formación de cadenas lineales en ácidos nucleicos como el ADN o el ARN, o pueden funcionar como moléculas libres en procesos celulares, tal es el caso del ATP.

**Figura 4**  
Nucleótido



**Nota:** Estructura de un nucleótido **Fuente:** Significados. S.f.

Los nucleótidos son moléculas celulares que desempeñan una vasta diversidad de funciones en la célula, como la oxidorreducción, transferencia de energía, señalización intracelular y reacciones de biosíntesis. Además, son los componentes básicos de los ácidos nucleicos, ADN y ARN, que son esenciales para el almacenamiento y la decodificación de la información genética. Los nucleótidos y los ácidos nucleicos también tienen funciones catalíticas y estructurales en la célula, lo que los convierte en una biomolécula única que participa en múltiples funciones esenciales para la vida.

### 2.6.1. Estructura

Los nucleótidos son moléculas fundamentales de los ácidos nucleicos, tales como el ADN y el ARN, que están compuestos por tres componentes principales: una base nitrogenada, un azúcar pentosa y uno o más grupos fosfato.

La identidad de la base nitrogenada en un nucleótido depende del tipo de ácido nucleico y se une al azúcar pentosa mediante un enlace glucosídico. El azúcar

pentosa es una molécula de cinco carbonos, que puede ser desoxirribosa (en el ADN) o ribosa (en el ARN).

Por último, uno o más grupos fosfato se enlazan al azúcar pentosa mediante un enlace fosfodiéster. Estos grupos fosfato otorgan a los nucleótidos una carga negativa y son esenciales para la estructura y función de los ácidos nucleicos.

### 2.6.2. Función

Los bloques de construcción orgánicos fundamentales del ADN y el ARN se conocen como nucleótidos. Una base nitrogenada, un azúcar de cinco carbonos que puede ser ribosa o desoxirribosa o no, y uno o más grupos fosfato conforman su estructura básica.

En los seres vivos, los nucleótidos sirven para una variedad de propósitos. Los nucleótidos cumplen varios propósitos importantes:

- **Formar los bloques de construcción de los ácidos nucleicos:** Los nucleótidos se combinan para crear cadenas largas que forman los ácidos nucleicos, como el ADN y el ARN. Estos ácidos nucleicos son responsables de almacenar y transmitir información genética de una célula a otra y de una generación a otra.
- **Almacenar y transferir energía:** Algunos nucleótidos, como el ATP (adenosín trifosfato), son moléculas que almacenan y transfieren energía dentro de las células. El ATP es una molécula esencial para la mayoría de las funciones celulares y se utiliza en procesos como la contracción muscular y la síntesis de proteínas.
- **Actuar como mensajeros químicos:** Los nucleótidos también pueden actuar como mensajeros químicos en el cuerpo. Por ejemplo, el cAMP (monofosfato de adenosina cíclico) es una molécula que funciona como segundo mensajero en las células y está involucrada en la regulación de diversos procesos celulares.
- **Participar en la síntesis de proteínas:** Los nucleótidos también son necesarios para la síntesis de proteínas. Los aminoácidos, que son las unidades básicas de construcción de las proteínas, se unen a los

nucleótidos en una serie de reacciones bioquímicas para formar proteínas complejas.

Otras funciones importantes de los nucleótidos incluyen su papel en la señalización celular y la comunicación entre células. El cAMP es un ejemplo de mensajero intracelular que activa la cascada de señalización en respuesta a diferentes estímulos.

En decir, los nucleótidos tienen una variedad de funciones esenciales en los organismos vivos, desde la construcción de los ácidos nucleicos hasta la transferencia de energía y la regulación de procesos celulares.

### **2.6.3. Propiedades**

Los nucleótidos son moléculas orgánicas que forman las unidades fundamentales de los ácidos nucleicos, como el ADN y el ARN. Poseen las siguientes características:

- **Composición química:** un nucleótido consta de una base nitrogenada, una pentosa de cinco carbonos y un grupo fosfato.
- **Función biológica:** los nucleótidos son los bloques de construcción fundamentales de los ácidos nucleicos, los cuales son imprescindibles para la conservación y transmisión de la información genética en los organismos vivos.
- **Bases nitrogenadas:** los nucleótidos contienen cinco bases nitrogenadas diferentes: adenina (A), guanina (G), citosina (C), timina (T) y uracilo (U). La secuencia de estas bases en el ADN es responsable de la información genética.
- **Azúcar pentosa:** la pentosa en los nucleótidos puede ser ribosa (en el ARN) o desoxirribosa (en el ADN).
- **Grupo fosfato:** el grupo fosfato en los nucleótidos es importante porque confiere una carga negativa a la molécula. Esto permite la interacción con otras moléculas cargadas positivamente, como las proteínas.
- **Enlaces fosfodiéster:** los nucleótidos se unen mediante enlaces fosfodiéster, que se forman entre el grupo fosfato de un nucleótido y el grupo hidroxilo de la pentosa del siguiente nucleótido.

- Propiedades ácido-base: los nucleótidos son anfóteros, lo que significa que pueden actuar como ácidos o bases según las condiciones del medio ambiente.
- Estabilidad: los nucleótidos son moléculas estables debido a la presencia de enlaces covalentes fuertes que los mantienen unidos.

## **2.7. Ácidos nucleicos**

Las macromoléculas que almacenan y transmiten información genética en los seres vivos se conocen como ácidos nucleicos. Las secuencias de aminoácidos de todas las proteínas y las secuencias de nucleótidos de todas las moléculas de ARN se encuentran entre los datos biológicos vitales que el ADN almacena y transmite. Un gen es una sección de ADN que contiene las instrucciones necesarias para la síntesis de una molécula biológica, como una proteína o ARN. Las moléculas de ADN son enormes debido a los miles de genes que se pueden encontrar en una sola célula.

Las células contienen tres tipos diferentes de ARN: ARN ribosómico (ARNr), que es un componente de la estructura del ribosoma; los ARN mensajeros (ARNm), que transportan información genética desde los genes hasta los ribosomas, donde se fabrican las proteínas; y los ARN de transferencia (ARNt), que convierten la información genética del ARNm en secuencias de aminoácidos particulares. Además, la célula contiene varias moléculas de ARN especializadas que llevan a cabo tareas particulares.

### **2.7.1. Estructura**

Las moléculas largas e intrincadas llamadas ácidos nucleicos contienen los datos genéticos esenciales para la vida. Están compuestos por bloques de construcción fundamentales llamados nucleótidos, cada uno de los cuales contiene un azúcar, un grupo fosfato y una base nitrogenada.

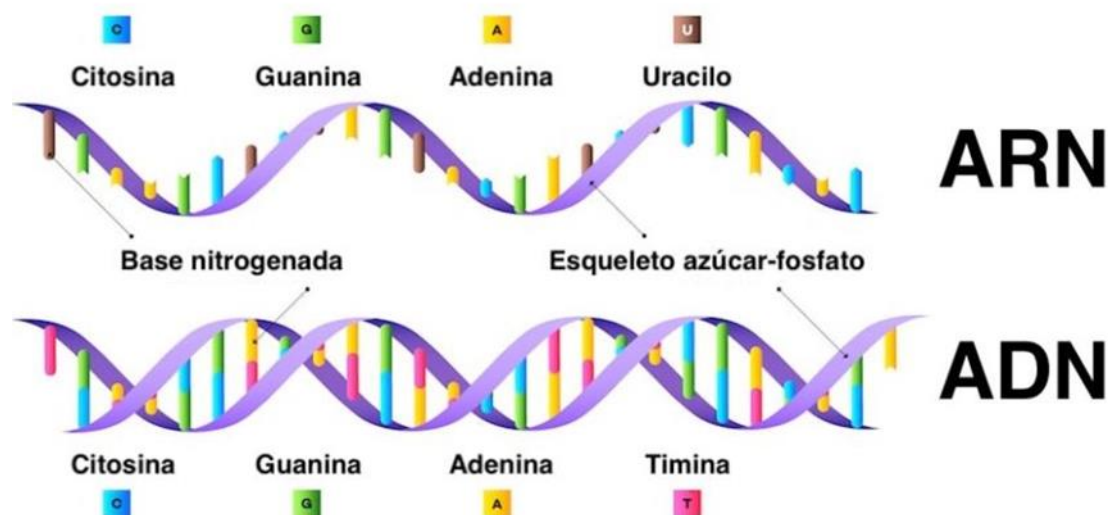
El ácido desoxirribonucleico (ADN) y el ácido ribonucleico (ARN) son los dos subtipos principales de ácidos nucleicos. Presentan diferencias significativas a pesar de tener similitudes estructurales.



Una doble hélice formada por dos cadenas de nucleótidos constituye la molécula de ADN. Al formar enlaces de hidrógeno entre bases nitrogenadas, cada nucleótido de una hebra se conecta con su complemento en la otra hebra. La adenina (A), la citosina (C), la guanina (G) y la timina (T) constituyen las cuatro bases nitrogenadas del ADN. La adenina siempre se une a la timina, mientras que la citosina siempre se une a la guanina en este par específico de bases.

Por otro lado, la estructura del ARN es una cadena simple de nucleótidos que contiene una única hebra de bases nitrogenadas. Las cuatro bases nitrogenadas presentes en el ARN son adenina (A), citosina (C), guanina (G) y uracilo (U). A diferencia del ADN, el ARN incluye uracilo en lugar de timina y puede adoptar diversas formas y tamaños, dependiendo de su función biológica específica.

**Figura 5**  
*Estructura ARN y ADN*



**Nota:** Proteínas ARN y ADN **Fuente:** Tagle, 2020.

### 2.7.2. Función

Los ácidos nucleicos, que son moléculas esenciales para la vida, llevan a cabo varias tareas esenciales. Su función principal es almacenar y transmitir información genética de una célula a su descendencia, que está codificada en la secuencia de nucleótidos, particularmente en el ADN que se encuentra en el núcleo celular.

El ADN determina las características hereditarias y controla la síntesis de proteínas necesarias para el crecimiento y la supervivencia celular. La información genética se transcribe en ARN y se convierte en proteínas en los ribosomas.

Además de su función como portador de información genética, los ácidos nucleicos tienen otras funciones importantes. Por ejemplo, el ARN puede actuar como catalizador de reacciones químicas, como en el caso de las ribozimas, y también puede regular la expresión génica. Los ácidos nucleicos son vitales en la síntesis de energía celular y la regulación del metabolismo celular.

### **2.7.3. Propiedades**

Los ácidos nucleicos son moléculas fundamentales para la existencia de la vida, presentes en todas las células vivas. Estas moléculas contienen información genética crítica y son responsables de la síntesis de proteínas, que son esenciales para la supervivencia de los organismos vivos.

Las principales características de los ácidos nucleicos son:

- **Replicación:** Los ácidos nucleicos tienen la capacidad de replicarse a sí mismos antes de la división celular, lo que asegura que la información genética se transmita correctamente de una célula hija a otra.
- **Variabilidad:** Los ácidos nucleicos pueden mutar o cambiar su secuencia de bases nitrogenadas debido a errores en la replicación, exposición a agentes mutagénicos, o recombinación genética. Estas mutaciones pueden tener efectos positivos o negativos en la función de las proteínas y la supervivencia de los organismos.

# Capítulo III: Células eucariotas





## Células eucariotas

La presencia de un núcleo, que contiene el material genético (ADN) organizado en cromosomas, caracteriza a las células eucariotas. El retículo endoplásmico, el aparato de Golgi, las mitocondrias y los lisosomas son algunos orgánulos adicionales con membranas presentes en estas células. Estas células se pueden encontrar en organismos multicelulares como animales, plantas y hongos. Son más grandes que las células procariotas. Las células eucariotas pueden realizar una variedad de tareas especializadas gracias a su complejidad estructural y funcional, que es crucial para la continuación de la vida y el funcionamiento de los organismos multicelulares. La respiración celular, la síntesis de proteínas y la división celular son algunos ejemplos de funciones cruciales de las células eucariotas que respaldan el crecimiento y la reproducción de los organismos.

**Figura 6**  
*Célula eucariota*



**Nota:** Grafico de célula eucariota **Fuente:** Becerra, 2022.

### 3.1. Funciones de la célula eucariota

Las células eucariotas son estructuras complejas que contienen un núcleo y orgánulos membranosos, lo que les permite llevar a cabo múltiples funciones. Entre las principales funciones de estas células se encuentra:

- La producción de proteínas, realizada por los ribosomas presentes en el citosol y el retículo endoplásmico rugoso.
- También son capaces de almacenar energía en forma de glucógeno o lípidos, los cuales se acumulan en el citoplasma o en orgánulos especializados como las mitocondrias.
- El transporte de moléculas se lleva a cabo gracias a su sistema de membranas, como el retículo endoplásmico liso y el aparato de Golgi.
- La producción de energía se lleva a cabo por medio de las mitocondrias a través de la respiración celular.
- Las células eucariotas también tienen orgánulos que les permiten protegerse, como el lisosoma y el citoesqueleto, el cual les da forma y protección mecánica.
- Además, estas células pueden comunicarse entre sí mediante señales químicas y eléctricas, tal como lo hacen las células nerviosas.

Las células eucariotas realizan diversas actividades esenciales para conservar su forma y su operación correctas.

### **3.2. Tipos de células eucariotas**

Las células eucariotas, que tienen un núcleo rodeado por una membrana nuclear y orgánulos membranosos internos, se dividen en varios tipos según su forma y función.

- Las células animales, que se encuentran en animales, contienen una membrana plasmática, núcleo, citoplasma y orgánulos como mitocondrias, ribosomas y lisosomas.
- Las células vegetales, que se encuentran en plantas, tienen una pared celular, cloroplastos, vacuolas y otros orgánulos similares a los de las células animales.
- Las células fúngicas, que se encuentran en hongos, tienen una pared celular y orgánulos como mitocondrias y vacuolas.

- Las células protistas, que se encuentran en organismos unicelulares como protozoos y algas, pueden tener estructuras complejas como flagelos y cílios para la locomoción y orgánulos como cloroplastos.

Aunque cada tipo de célula eucariota tiene características y funciones especializadas, todas comparten la presencia de un núcleo celular y orgánulos membranosos internos.





# Capítulo IV: Estructura celular y orgánulos de las células vegetales

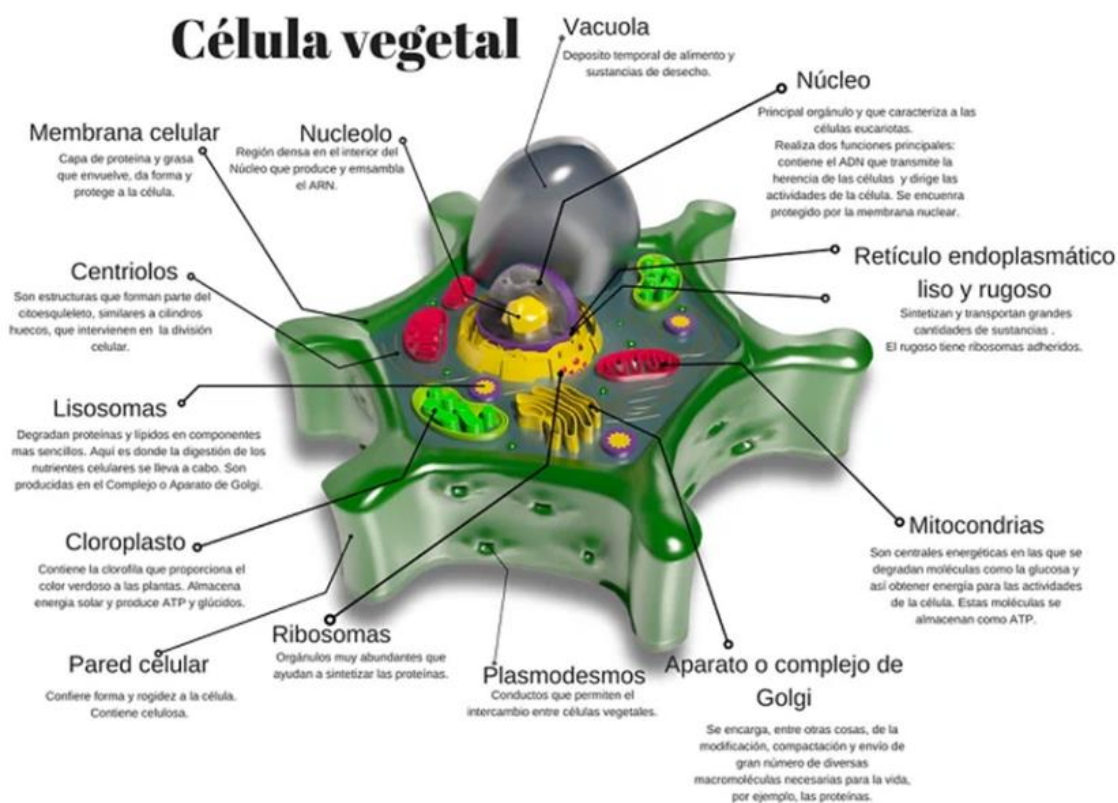




## Estructura celular y orgánulos de las células vegetales

Las células eucariotas, como las de las plantas y otros organismos fotosintéticos, se conocen como "células vegetales". Las células vegetales tienen paredes celulares rígidas que les sirven de soporte y defensa, a diferencia de las células animales. Su gran vacuola central almacena agua y nutrientes, y también tienen cloroplastos que les permiten realizar la fotosíntesis. Los orgánulos especializados, como los que llevan a cabo la síntesis de proteínas y la respiración celular, abundan en el citoplasma de las células vegetales. Para que las plantas realicen procesos vitales de la vida como la fotosíntesis, la respiración y la reproducción, necesitan una estructura altamente especializada y compleja llamada célula.

**Figura 7**  
*Célula vegetal*



**Nota: Fuente:** Rojotse, 2023.

## 4.1. Composición química de la célula

La célula vegetal es una célula eucariota compleja que se compone de varios componentes químicos esenciales. Los elementos principales de la célula vegetal comprenden:

- **Agua:** El agua es el componente más abundante en las células vegetales y juega un papel importante en la mayoría de las funciones celulares.
- **Carbohidratos:** Los carbohidratos son moléculas orgánicas que proporcionan energía a la célula vegetal. Los carbohidratos más comunes en las células vegetales son la celulosa, el almidón y la pectina.
- **Proteínas:** estas moléculas complejas realizan una amplia variedad de funciones en la célula vegetal, intervienen en la estructura, el transporte y la comunicación celular.
- **Lípidos:** Los lípidos son moléculas orgánicas que son importantes para la estructura de la membrana celular y también proporcionan energía a la célula.
- **Ácidos nucleicos:** Los ácidos nucleicos son moléculas que contienen información genética y son esenciales para la reproducción y el desarrollo de la célula vegetal. El ADN y el ARN son los principales ácidos nucleicos en la célula vegetal.
- **Vitaminas y minerales:** Las vitaminas y los minerales son componentes esenciales en la célula vegetal que desempeñan un papel importante en una variedad de funciones celulares, como la síntesis de proteínas y la producción de energía.

En función a lo antes descrito podemos indicar que la célula vegetal se compone de una variedad de componentes químicos esenciales que trabajan juntos para mantener las funciones celulares.

## 4.2. Pared celular

La pared celular es una estructura sólida que se encuentra en el exterior de la membrana celular en muchas células, ya sean unicelulares o multicelulares. Su

principal función es proporcionar soporte y protección a la célula, además de regular el intercambio de sustancias entre la célula y su entorno.

En las células vegetales, la pared celular está compuesta principalmente de celulosa, mientras que en las bacterias y algunas algas está compuesta de peptidoglicano. Por su parte, los hongos tienen pared celular hecha de quitina.

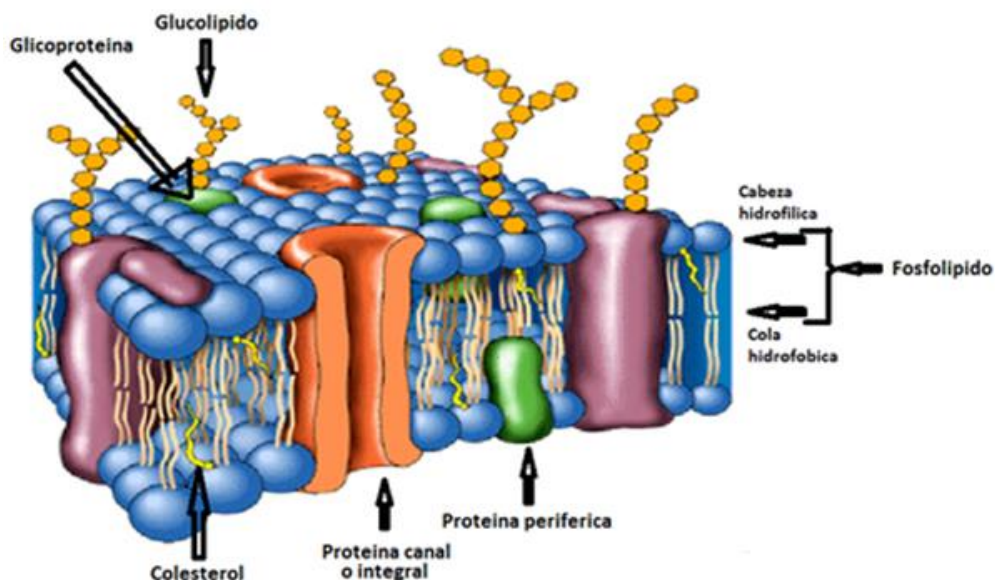
La presencia de pared celular es una característica que diferencia las células vegetales de las células animales, que no poseen esta estructura.

### 4.3. Membrana celular

La célula vegetal se encuentra envuelta y protegida por la membrana celular, una estructura compuesta principalmente de lípidos y proteínas que forma una bicapa lipídica con proteínas integradas. Además de su función protectora, la membrana celular es importante para la comunicación celular, adhesión y transporte de sustancias dentro y fuera de la célula.

En las células vegetales, la membrana celular está rodeada por la pared celular, una estructura rígida compuesta principalmente de celulosa que otorga soporte estructural y mantiene la forma de la célula. La pared celular también protege a la célula de posibles daños ambientales y físicos.

**Figura 8**  
*Membrana celular*



**Nota: Fuente:** Biocelular, 2016.

La presencia de plasmodesmos, que son canales que conectan directamente el citoplasma de las células adyacentes, es otra característica significativa de la membrana celular de la célula vegetal. La comunicación y el movimiento de nutrientes y otras sustancias entre las células depende en gran medida de estos canales.

En otras palabras, la pared celular y los plasmodesmos que son exclusivos de las células vegetales sirven para reforzar la membrana celular de la célula vegetal, que es una estructura crucial que desempeña funciones cruciales en la protección, la comunicación y el transporte celular.

### **4.3.1. Composición de la membrana plasmática**

La membrana plasmática es una estructura de lípidos que cubre la superficie de todas las células y regula el transporte de sustancias dentro y fuera de la célula. Los principales componentes de la membrana plasmática son:

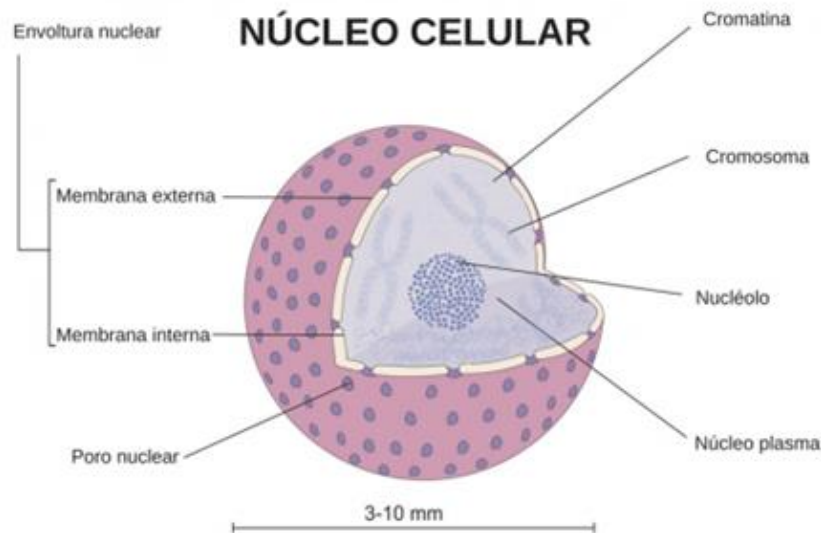
- **Lípidos:** Constituyen el componente principal de la membrana plasmática, representando alrededor del 50% de su peso. Los fosfolípidos son los lípidos principales y tienen una cabeza hidrofílica y una cola hidrofóbica, permitiendo que se organicen en una bicapa lipídica. También hay otros lípidos presentes, como el colesterol y los glucolípidos.
- **Proteínas:** Las proteínas están integradas en la bicapa lipídica y desempeñan varias funciones, como el transporte de sustancias a través de la membrana, la comunicación celular y la adhesión celular. Las proteínas pueden ser integrales, que atraviesan toda la bicapa lipídica, o periféricas, que se encuentran en la superficie de la bicapa.
- **Carbohidratos:** Los carbohidratos están unidos a los lípidos y proteínas de la membrana plasmática, formando glucolípidos y glucoproteínas, respectivamente. Los carbohidratos son importantes para la identificación celular y la comunicación celular.

En tal virtud podemos decir que, la membrana plasmática se compone principalmente de una bicapa lipídica formada por fosfolípidos, con proteínas y carbohidratos incrustados en ella.

## 4.4. Núcleo celular

La célula vegetal tiene una estructura vital llamada núcleo celular que almacena información genética en forma de ADN. El núcleo está rodeado por una envoltura nuclear compuesta por dos membranas concéntricas que separan el espacio perinuclear del resto de la célula.

**Figura 9**  
*Núcleo celular*



**Nota: Fuente:** Celi, s.f.

Está rodeado por una envoltura nuclear de dos membranas concéntricas que delimitan el espacio perinuclear. Durante la división celular, el ADN se organiza en cromosomas y en la interfase se presenta como cromatina. Dentro del núcleo también hay un nucléolo esférico que participa en la síntesis y ensamblaje de ribosomas, responsables de la producción de proteínas.

La transcripción del ADN, o la creación de ARN a partir de una secuencia de ADN, tiene lugar en el núcleo. Después de ser procesado, el ARN sale del núcleo y viaja al citoplasma, donde se convierte en proteínas.

En resumen, el núcleo celular en la célula vegetal es una estructura compleja y vital que regula la expresión génica y transmite la información genética a las células hijas.

## 4.5. Citoplasma

El citoplasma es una sustancia gelatinosa y acuosa dentro de la membrana celular de los organismos vivos. Es donde ocurren muchas funciones celulares como el metabolismo y la síntesis de proteínas. Contiene orgánulos como mitocondrias, ribosomas y lisosomas, así como citoesqueleto y otras moléculas y enzimas necesarias para la supervivencia celular.

El citoplasma es esencial para la vida celular ya que alberga muchos procesos metabólicos, como la producción de ATP, la síntesis de proteínas y la replicación del ADN. También es importante destacar que el citoplasma no es una sustancia homogénea, sino que se organiza en diferentes estructuras celulares que interactúan entre sí para mantener la homeostasis celular y realizar funciones específicas. Además de los orgánulos mencionados, el citoplasma también contiene inclusiones como gránulos de almacenamiento y pigmentos, así como diversas proteínas que forman el citoesqueleto y permiten la movilidad y la forma de la célula.

## 4.6. Mitocondrias

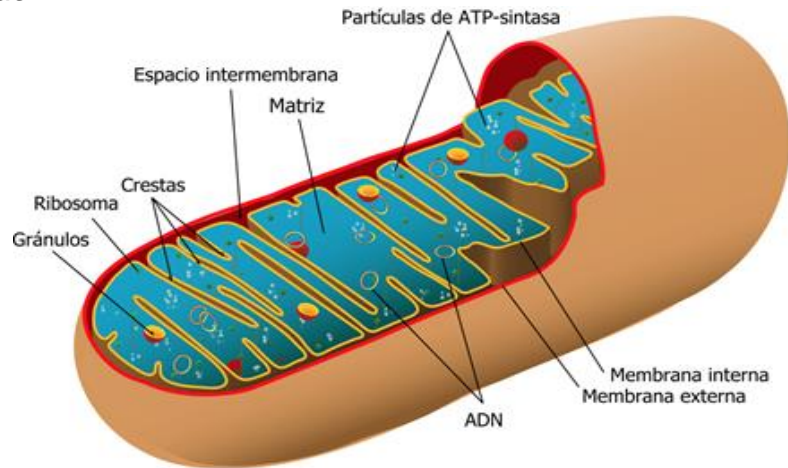
Las mitocondrias son orgánulos celulares encargados de producir la energía necesaria para el funcionamiento celular. Son la “central energética” de la célula y se encuentran en casi todas las células eucariotas. Tienen su propio material genético y están rodeadas por una doble membrana. Además de producir energía, las mitocondrias también participan en procesos como la apoptosis, la señalización celular y la regulación del ciclo celular.

Además de lo mencionado, las mitocondrias también poseen una función significativa en la regulación del calcio celular, ya que actúan como reservorios de iones de calcio y liberan estos iones en momentos específicos para desencadenar respuestas celulares. También se ha demostrado que las mitocondrias juegan un papel importante en la producción de especies reactivas de oxígeno (ROS, por sus siglas en inglés), moléculas que pueden dañar las células pero que también tienen funciones importantes en la señalización celular y la defensa contra patógenos. Las mitocondrias también están involucradas en



la producción de lípidos y la síntesis de algunos aminoácidos. Cabe destacar que las mitocondrias son heredadas maternamente en la mayoría de las especies, ya que el citoplasma del óvulo contiene mitocondrias que se transmiten a la descendencia.

**Figura 10**  
*Mitocondrias*

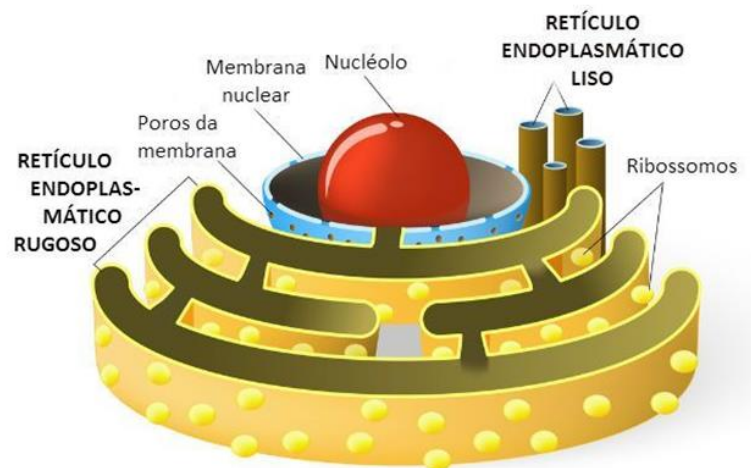


**Nota:** Fuente: UAM, 2012

#### 4.7. Retículo endoplásmico

El retículo endoplásmico (RE) es un orgánulo celular que se encuentra en las células eucariotas. Se divide en dos tipos: el retículo endoplásmico rugoso (RER) y el retículo endoplásmico liso (REL).

**Figura 11**  
*Retículo endoplásmico*



**Nota:** Fuente: Castilho, s.f.

- El RER produce proteínas destinadas a la síntesis de la membrana plasmática, los lisosomas o la secreción celular. Su revestimiento de ribosomas le da un aspecto rugoso. De manera similar, el RER se encarga de transportar proteínas modificadas, plegadas y otras hacia otros orgánulos celulares o la membrana plasmática. Además, participa en la producción de fosfolípidos para las membranas celulares. En las células que producen muchas proteínas, como las células pancreáticas que producen insulina, el retículo endoplásmico rugoso (RER) es crucial.
- El Retículo Endoplásmico Liso (REL) es una estructura celular que carece de ribosomas y cumple diversas funciones, como la síntesis de lípidos, la detoxificación de sustancias tóxicas, el almacenamiento de iones de calcio y la regulación del metabolismo de los carbohidratos. Por otro lado, el REL tiene un papel importante en la homeostasis celular, ya que se encarga de la detoxificación de sustancias tóxicas como fármacos, pesticidas y productos de desecho celulares. También participa en la regulación de la cantidad de calcio en la célula, un ión esencial para la transmisión de señales celulares. Además, el REL está implicado en la síntesis de hormonas esteroideas y en la metabolización de ciertos fármacos y hormonas.

Ambos tipos de retículo endoplásmico están conectados entre sí y con otros orgánulos celulares, como el aparato de Golgi y las mitocondrias, formando una compleja red membranosa que recorre toda la célula.

#### **4.8. Aparato de Golgi**

La modificación, empaquetamiento y distribución de proteínas y lípidos producidos en el retículo endoplásmico rugoso (RER) y el retículo endoplásmico liso (REL) se lleva a cabo por el complejo de Golgi, un orgánulo que se encuentra en las células eucariotas. También se le conoce como el aparato de Golgi.

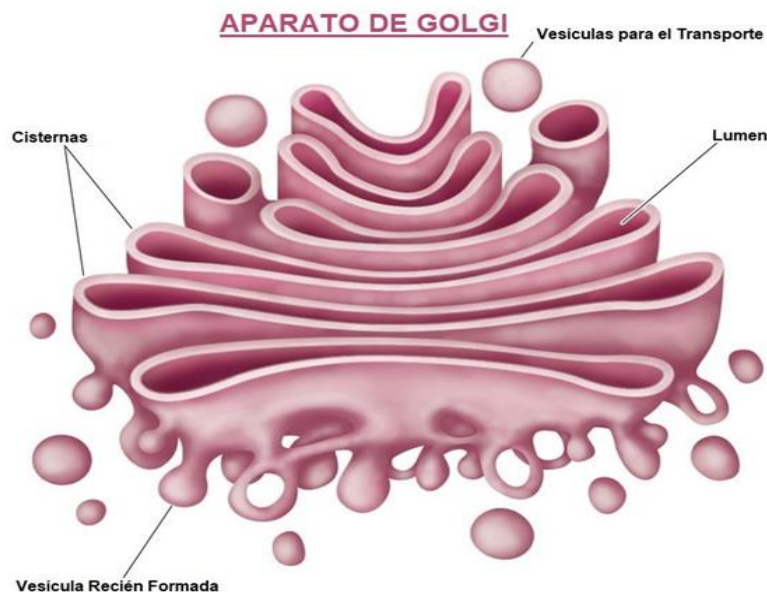
Las cisternas, una colección de sacos membranosos planos y apilados que forman el aparato de Golgi, son las que le dan su nombre. Las proteínas y los

lípidos que circulan por cada cisterna son alterados por diversas enzimas en cada una.

Una vez que las proteínas y lípidos son modificados en el Aparato de Golgi, son empaquetados en vesículas y transportados a su destino final, ya sea dentro o fuera de la célula. El Aparato de Golgi también es responsable de la síntesis de algunos carbohidratos complejos, que se añaden a las proteínas para formar glicoproteínas.

En síntesis, el Aparato de Golgi es esencial para la correcta función celular y la homeostasis del organismo.

**Figura 12**  
*Aparato de Golgi*

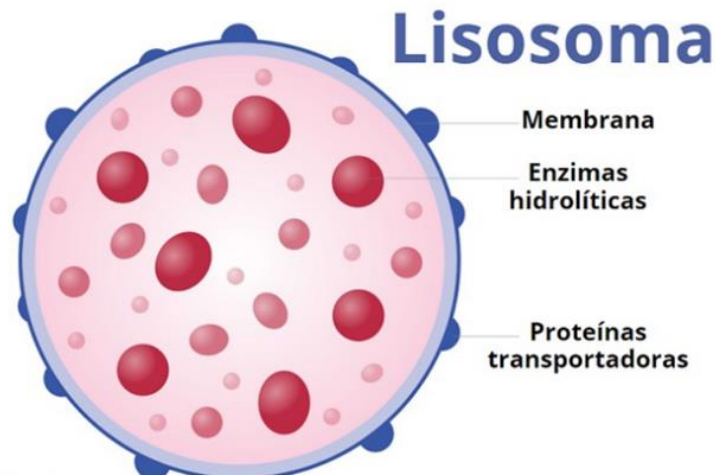


**Nota:** Fuente: Chegg, s.f.

#### 4.9. Lisosomas

Los lisosomas son orgánulos celulares que se encuentran en la mayoría de las células animales que contienen enzimas hidrolíticas capaces de degradar y reciclar diversos componentes celulares. Estas enzimas son capaces de romper enlaces químicos de proteínas, lípidos, carbohidratos y ácidos nucleicos, convirtiéndolos en moléculas mucho más simples para que la célula pueda reutilizarlas.

**Figura 13**  
*Lisosoma*



**Nota: Fuente:** Pinto, 2021.

Los lisosomas son orgánulos celulares que se originan en el complejo de Golgi y tienen un pH ácido debido a las bombas de protones en su membrana.

Esta acidez es necesaria para activar las enzimas hidrolíticas y evitar que se produzcan reacciones no deseadas en otras partes de la célula.

Además de su papel en el reciclaje de componentes celulares, los lisosomas también tienen funciones importantes en la degradación de sustancias extrañas, como bacterias, virus y partículas no digeribles que son fagocitadas por células especializadas del sistema inmunológico. También participan en la degradación de orgánulos celulares dañados o envejecidos, un proceso conocido como autofagia.

#### 4.10. Citoesqueleto

El citoesqueleto es un intrincado sistema presente en el interior de las células eucariotas que se compone de microtúbulos y filamentos interconectados que se extienden por toda la célula, proporcionando soporte estructural, forma y capacidad de movimiento a la célula.

Entre las funciones principales del citoesqueleto se encuentran:

- Conservar la forma y estructura de la célula.

- Controlar la división celular.
- Facilitar el movimiento de las células y de sus orgánulos internos.
- Regular el transporte de materiales dentro de la célula.
- Participar en la comunicación celular y en la señalización intracelular.

El citoesqueleto se divide en tres componentes principales:

- **Microfilamentos o filamentos de actina:** son estructuras finas y flexibles que forman una red tridimensional en la célula. Son responsables de la contracción muscular y de la formación de proyecciones celulares como las microvellosidades y los lamelipodios.
- **Filamentos intermedios:** son estructuras más rígidas que los microfilamentos y se encuentran en las células que necesitan soporte mecánico, como las células de la piel o las células musculares. También forman parte de la envoltura nuclear.
- **Microtúbulos:** son estructuras tubulares más gruesas que los microfilamentos y los filamentos intermedios. Participan en la organización y división celular, así como en el transporte de proteínas y orgánulos en la célula. También son los componentes principales del huso mitótico durante la mitosis.

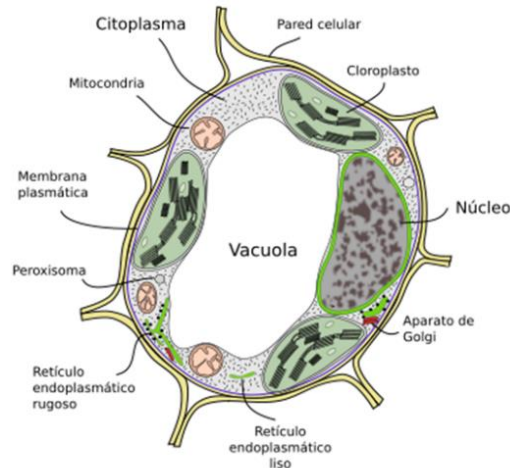
#### **4.11. Vacuolas**

Las vacuolas son organelos celulares presentes en el citoplasma de las células eucariotas, caracterizadas por su estructura membranosa y su contenido líquido, que puede contener una variedad de sustancias como agua, nutrientes, desechos y enzimas. Su función principal es mantener la forma y rigidez celular, y pueden desempeñar roles importantes en la digestión, almacenamiento de nutrientes y eliminación de desechos.

Las vacuolas en las células vegetales son de gran tamaño y tienen una función esencial en la regulación del pH y la preservación de la turgencia celular. Esto se debe a que las vacuolas vegetales contienen una alta concentración de solutos que actúan como una bomba de agua, contribuyendo a mantener la

forma y estructura de la célula. También pueden almacenar pigmentos y toxinas en las células vegetales.

**Figura 14**  
*Vacuolas*

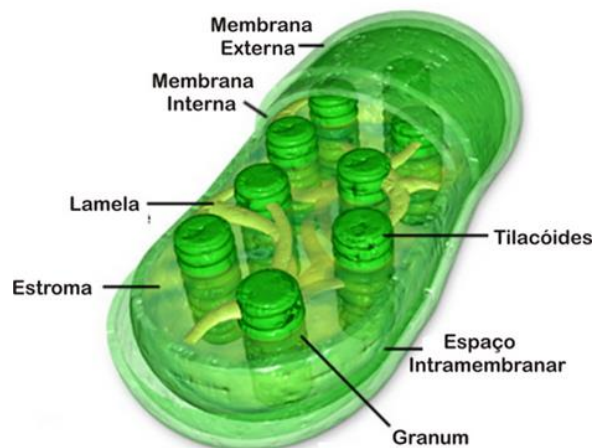


**Nota: Fuente:** uvigo, s.f.

#### 4.12. Plastos

Los plastos son organelos grandes y de forma elipsoidal que se localizan en las células vegetales y en algunos protistas. En las hojas, por ejemplo, puede haber más de 500.000 cloroplastos en un milímetro cuadrado de sección transversal. Estos organelos están rodeados por dos membranas y contienen pigmentos liposolubles que les dan color. Al igual que las mitocondrias, los plastos tienen ADN circular y desnudo.

**Figura 15**  
*Plastos*



**Nota: Fuente:** seergio14, 2012

Los plastos varían ampliamente en su forma y función dependiendo del grupo de organismos eucariotas al que pertenecen. Los plastos de las plantas son los más conocidos y estudiados, pero los de otros grupos eucariotas pueden tener características distintivas. En general, los plastos están implicados en la fotosíntesis y la producción de energía en las células, y pueden almacenar pigmentos, lípidos y almidón.

Los plastos se dividen en tres tipos principales: cloroplastos, cromoplastos y leucoplastos.

- Los cloroplastos son organelos presentes en células vegetales y en algunos protistas, que desempeñan la función de llevar a cabo la fotosíntesis. Estos organelos tienen una doble membrana y contienen tilacoides, los cuales son estructuras planas que contienen pigmentos y sustancias encargadas de transformar la energía lumínica en energía química. La membrana externa del cloroplasto es lisa y encierra una cámara de 60 Å, mientras que la membrana interna presenta ramificaciones llamadas lamelas, las cuales dan lugar a la formación de tilacoides. Estos se agrupan para conformar la grana, y la membrana de las lamelas se conoce como membrana tilacoide.
- Los cromoplastos son orgánulos presentes únicamente en las células de plantas y algas que se encargan de producir y almacenar pigmentos que confieren a algunas frutas, hortalizas y flores su color rojo, anaranjado o amarillo característico.
- Los leucoplastos son orgánulos incoloros que se encuentran en órganos vegetales no expuestos a la luz, como raíces, tubérculos y semillas. Estos orgánulos están involucrados en el almacenamiento de almidón.





# Capítulo V: Metabolismo celular y fotosíntesis





## **Metabolismo celular y fotosíntesis**

El metabolismo celular y la fotosíntesis son los dos procesos cruciales para el sustento de la vida en la Tierra. La producción de energía y la síntesis de moléculas que sustentan la vida son posibles gracias a una serie de reacciones químicas llamadas metabolismo celular. El proceso por el cual las plantas y otros organismos fotosintéticos convierten la energía solar en glucosa y oxígeno a partir de la absorción de dióxido de carbono y agua se conoce como fotosíntesis.

En las células vegetales y otros organismos fotosintéticos, la fotosíntesis es un proceso anabólico que ocurre en los cloroplastos. El dióxido de carbono y el agua se convierten en glucosa y oxígeno durante este proceso utilizando la energía de la luz solar. Tanto la fase clara como la fase oscura de la fotosíntesis ocurren simultáneamente. La energía química de ATP y NADPH, que se utilizará en la fase oscura, se crea durante la fase luminosa a partir de la energía luminosa. Durante la fase oscura, el dióxido de carbono se convierte en glucosa utilizando la energía química proporcionada por ATP y NADPH.

### **5.1. Introducción al metabolismo**

El metabolismo es un proceso vital que ocurre en los organismos vivos para mantener la vida. A través de una serie de procesos bioquímicos, se obtiene energía y se sintetizan moléculas necesarias para el crecimiento, la reparación y la reproducción celular.

El catabolismo y el anabolismo son los dos procesos metabólicos primarios que ocurren dentro de las células. El proceso de descomposición de moléculas complejas en otras más simples, o catabolismo, libera energía utilizada por la célula. Un proceso llamado anabolismo, por el contrario, usa energía para crear moléculas complejas a partir de moléculas simples. Por ejemplo, la síntesis de proteínas es un proceso anabólico que utiliza aminoácidos para construir proteínas, mientras que la glucólisis es un proceso catabólico que convierte la glucosa en dos moléculas de piruvato y ATP.

## **5.2. Respiración celular**

Como les proporciona la energía necesaria para llevar a cabo diversas funciones celulares como el movimiento, la síntesis de moléculas, el transporte de sustancias y la división celular, la respiración celular es un proceso bioquímico esencial para los organismos vivos. El ciclo de Krebs, la cadena de transporte de electrones y la glucólisis son las tres etapas principales de este proceso, que tiene lugar en las mitocondrias de las células eucariotas.

Durante la glucólisis, la glucosa se divide en dos moléculas de piruvato, generando una pequeña cantidad de ATP y NADH. En el ciclo de Krebs, el piruvato se convierte en acetil-CoA y se descompone en dióxido de carbono, produciendo ATP, NADH y FADH<sub>2</sub>. Finalmente, en la cadena de transporte de electrones, los electrones de NADH y FADH<sub>2</sub> se transfieren a través de una serie de proteínas, liberando energía que se utiliza para producir ATP. En resumen, la respiración celular es un proceso esencial para la producción de energía en las células y se lleva a cabo a través de una serie de etapas bioquímicas complejas que culminan en la producción de ATP.

### **5.2.1. Glucólisis**

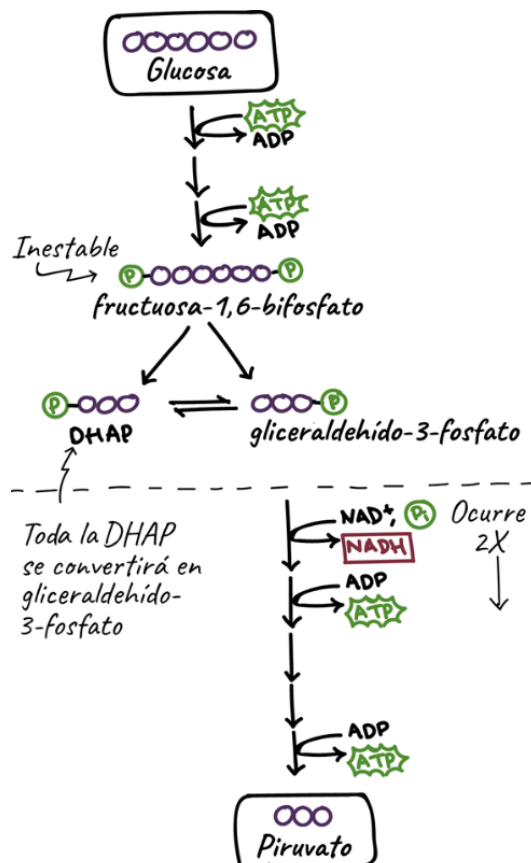
La primera fase de la respiración celular, conocida como glucólisis, tiene lugar en el citosol de la célula. Implica una serie de procesos químicos que convierten la glucosa en dos moléculas de piruvato y una cantidad insignificante de ATP y NADH. Aquí, proporciono una explicación clara del procedimiento:

- La glucosa entra en la célula a través de la membrana celular y se activa mediante la adición de dos grupos fosfato, convirtiéndose en glucosa-6-fosfato.
- La glucosa-6-fosfato se descompone en dos moléculas de ácido pirúvico, liberando energía que se utiliza para producir ATP y NADH.
- Durante este proceso, se generan otras moléculas importantes, como el ATP y el NADH, que se utilizan en otras etapas de la respiración celular para producir más ATP.

Por lo tanto, la descomposición de la glucosa en dos moléculas de piruvato, que da como resultado la producción de algo de ATP y NADH, se conoce como

glucólisis, que es la primera etapa de la respiración celular. El citosol de la célula es donde ocurre este proceso, que es crucial para la producción de energía celular.

**Figura 16**  
Glucolisis



**Nota: Fuente:** Jairo, s.f.

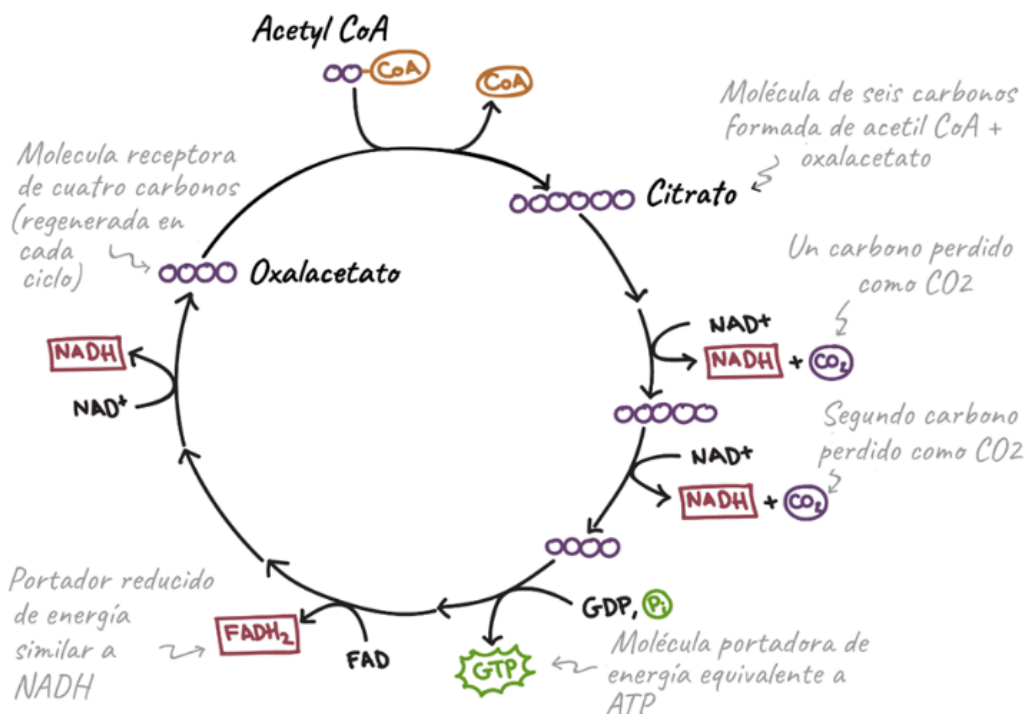
### 5.2.2. Ciclo de Krebs

El Ciclo de Krebs es una cadena de reacciones químicas que tienen lugar en la matriz mitocondrial de las células eucariotas. También se conoce como el ciclo del ácido cítrico o el ciclo del citrato. Este ciclo juega un papel importante en el proceso de respiración celular aeróbica, que utiliza glucosa y otros compuestos orgánicos para producir energía.

El ciclo comienza cuando el ácido pirúvico, producido en la glucólisis, es transportado al interior de la mitocondria y se convierte en acetil-CoA. Este compuesto se combina con una molécula de oxalacetato para crear citrato, iniciando el ciclo. A partir de ahí, se suceden una serie de reacciones químicas que liberan energía y producen ATP, NADH y FADH<sub>2</sub>.

Hay ocho reacciones químicas distintas que componen el ciclo de Krebs, cada una de las cuales es catalizada por una enzima diferente. La energía liberada durante estas reacciones se utiliza para producir ATP, reducir NAD y FAD a NADH y FADH<sub>2</sub> y descomponer el citrato en sustancias más simples como el oxaloacetato.

**Figura 17**  
Ciclo de Krebs



**Nota: Fuente:** Misa, s.f.

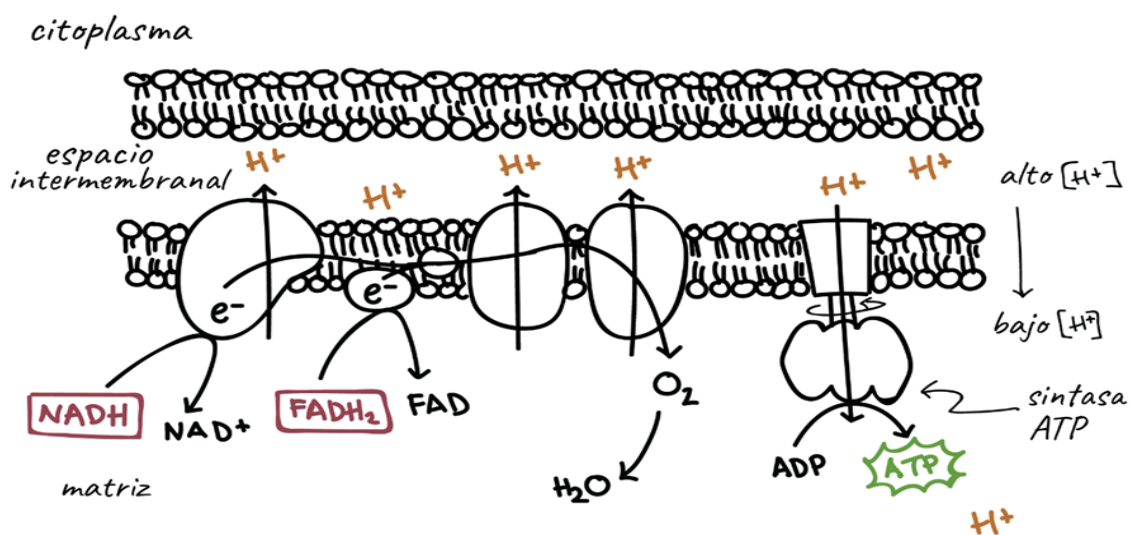
El ciclo de Krebs no solo genera energía en forma de ATP, sino que también genera precursores metabólicos que son utilizados en otras vías metabólicas, como la síntesis de aminoácidos y ácidos grasos. Además, el ciclo de Krebs actúa como un punto de control crítico en el metabolismo celular, ya que es regulado por una serie de señales y factores que aseguran que la producción de energía sea adecuada para las necesidades de la célula.

En otras palabras, el ciclo de Krebs es una serie de reacciones químicas que ocurren en la matriz mitocondrial de las células y que producen energía en forma de ATP, así como precursores metabólicos para otras vías metabólicas. Es una parte crucial del proceso de respiración celular aeróbica y está regulado cuidadosamente para asegurar una producción adecuada de energía.

### 5.2.3. Cadena de transporte de electrones

Las moléculas densas en energía, como la glucosa, se metabolizan a través de una serie de reacciones de oxidación, que finalmente resultan en la producción de dióxido de carbono y agua. Para formar coenzimas ricas en energía reducida, NADH y FADH<sub>2</sub>, los intermediarios metabólicos donan electrones a coenzimas específicas, como el dinucleótido de nicotinamida y adenina (NAD) y el dinucleótido de flavina y adenina (FAD), durante estas reacciones. Estas coenzimas pueden aportar un par de electrones a una cadena de transporte de electrones, que es un grupo especializado de transportadores de electrones. El ADP y el fosfato inorgánico (P) se pueden usar para crear ATP a partir de la energía libre que pierden los electrones a medida que se mueven a través de la cadena de transporte de electrones.

**Figura 18**  
Cadena de electrones



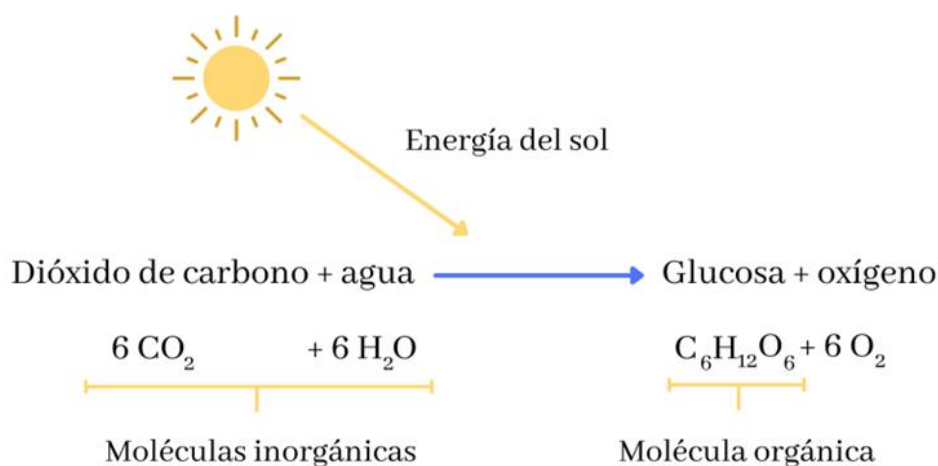
**Nota: Fuente:** Khan Academy, s.f.

Este proceso se conoce como fosforilación oxidativa. La energía libre restante se utiliza para impulsar otras reacciones, como el transporte de calcio hacia las mitocondrias, y para generar calor.

### 5.3. Fotosíntesis

Los seres vivos como las plantas, las algas y algunas bacterias utilizan la fotosíntesis para convertir la energía de la luz solar en energía química. La clorofila, un pigmento verde que se encuentra en las hojas, es el catalizador de este proceso. Absorbe la luz solar y la transforma en energía química, que luego se utiliza para convertir el dióxido de carbono del aire y el agua del suelo en glucosa y oxígeno.

**Figura 19**  
*Ecuación de la fotosíntesis*

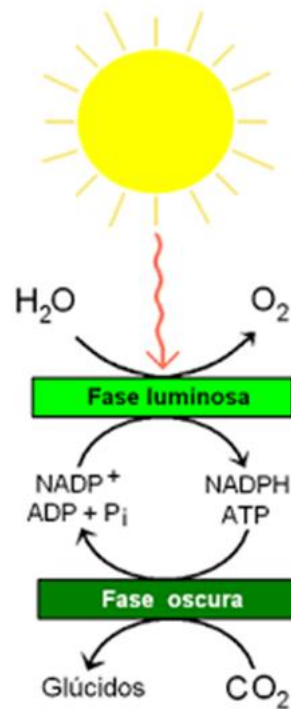


**Nota: Fuente:** Concepto, s.f.

El proceso se lleva a cabo en dos etapas: la fase luminosa, que ocurre en los tilacoides de los cloroplastos y convierte la energía luminosa en energía química en forma de ATP y NADPH; y la fase oscura, que ocurre en el estroma de los cloroplastos y utiliza el ATP y el NADPH para producir glucosa a partir del dióxido de carbono. La fotosíntesis es esencial para la supervivencia de la mayoría de los seres vivos en la Tierra, ya que proporciona la base de la cadena alimentaria.



**Figura 20**  
La fotosíntesis



**Nota: Fuente:** Litardo, 2021.

La fotosíntesis es un proceso complejo que implica varias etapas, pero se puede resumir en los siguientes pasos:

- **Captación de la energía solar:** La fotosíntesis comienza cuando la luz solar es captada por los pigmentos fotosintéticos, principalmente la clorofila, ubicados en los tilacoides de los cloroplastos.
- **Producción de energía:** La energía luminosa capturada se convierte en energía química en forma de ATP y NADPH a través de la fase luminosa de la fotosíntesis.
- **Fijación del dióxido de carbono:** El dióxido de carbono ( $CO_2$ ) del aire entra en la hoja a través de las estomas y se combina con la ribulosa bifosfato (RuBP) en la fase oscura de la fotosíntesis para formar compuestos orgánicos más complejos.
- **Producción de carbohidratos:** Los compuestos orgánicos formados a partir de la fijación del  $CO_2$  son procesados por una serie de reacciones químicas para producir glucosa y otros carbohidratos.

- **Liberación de oxígeno:** Durante la fotosíntesis, se produce oxígeno como subproducto del proceso de captación de energía. El oxígeno se libera al aire a través de las estomas de la hoja.
- **Almacenamiento de energía:** Los carbohidratos producidos a través de la fotosíntesis se utilizan para proporcionar energía y materiales de construcción para la planta y otros organismos que se alimentan de la planta.

### 5.3.1. Fase luminosa

El paso inicial en el proceso de fotosíntesis se conoce como la fase luminosa de la fotosíntesis o la fase dependiente de la luz. Los pigmentos fotosintéticos de los tilacoides de los cloroplastos, principalmente la clorofila, absorben la energía luminosa durante esta fase. Cuatro pasos principales conforman el procedimiento:

- **Absorción de la luz:** Los pigmentos fotosintéticos absorben la energía luminosa y la convierten en energía química. La energía se utiliza para dividir una molécula de agua en dos iones hidrógeno ( $H^+$ ) y un ion oxígeno ( $O_2$ ).
- **Producción de ATP:** Los iones hidrógeno generados en el paso anterior son bombeados a través de la membrana tilacoide contra un gradiente de concentración por una serie de proteínas transportadoras. Este proceso libera energía, que se utiliza para producir ATP a través de la fosforilación de la proteína llamada ATP sintasa.
- **Producción de NADPH:** Además de producir ATP, el transporte de electrones generado por la absorción de la luz también genera NADPH. Los electrones se transportan por una serie de proteínas transportadoras hasta que finalmente se combinan con  $NADP^+$  para formar NADPH.
- **Liberación de oxígeno:** El oxígeno producido en la fotosíntesis se libera al aire a través de las estomas de la hoja.

Es decir, durante la fase luminosa de la fotosíntesis, la energía luminosa se convierte en energía química en forma de ATP y NADPH, que se utilizarán más tarde en la fase oscura de la fotosíntesis para producir carbohidratos a partir de dióxido de carbono.

### 5.3.2. Fase oscura

En el estroma de los cloroplastos, una serie de procesos químicos se conocen como la fase oscura de la fotosíntesis, también conocida como fase de fijación de carbono o ciclo de Calvin. Utilizando energía química almacenada en forma de ATP y NADPH creada durante la fase luminosa de la fotosíntesis, estas reacciones transforman el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) en carbohidratos.

- El primer paso de la fase oscura es la fijación del CO<sub>2</sub>. En esta etapa, el CO<sub>2</sub> se combina con una molécula de ribulosa bifosfato (RuBP) para formar una molécula inestable de seis carbonos que se descompone en dos moléculas de ácido 3-fosfoglicérico (PGA).
- A continuación, el ATP y NADPH producidos durante la fase luminosa se utilizan para reducir el PGA en un proceso llamado reducción. La energía química de estos compuestos se transfiere al PGA, convirtiéndolo en gliceraldehído-3-fosfato (G3P).
- Algunas moléculas de G3P se utilizan para sintetizar carbohidratos y otros compuestos orgánicos, mientras que otras se regeneran en RuBP para continuar el ciclo.

En general, la fase oscura de la fotosíntesis es esencial para la producción de carbohidratos y otros compuestos orgánicos utilizados por las células vegetales y otros organismos fotosintéticos. A través de la conversión de CO<sub>2</sub> en compuestos orgánicos, la fase oscura ayuda a mantener el equilibrio en el ciclo del carbono y en la producción de oxígeno que es vital para la vida en la Tierra.

### 5.4. Biosíntesis de biomoléculas

La biosíntesis de biomoléculas es el proceso a través del cual los organismos producen y sintetizan las moléculas que forman su estructura y permiten su funcionamiento. Las biomoléculas son moléculas orgánicas complejas que incluyen carbohidratos, lípidos, proteínas, ácidos nucleicos y otros compuestos necesarios para la vida. La biosíntesis de biomoléculas implica la creación de estas moléculas a partir de precursores más simples, a través de una serie de reacciones bioquímicas catalizadas por enzimas.

La síntesis de biomoléculas es esencial para la vida, ya que estas moléculas son los bloques de construcción de las células y son necesarias para muchas funciones biológicas importantes, como la obtención de energía, el transporte de nutrientes y la regulación de procesos celulares.

La biosíntesis de biomoléculas es un proceso altamente regulado y complejo, que implica una variedad de vías metabólicas y rutas de señalización celular que aseguran que las moléculas se produzcan en las cantidades y tiempos adecuados. También es importante destacar que la biosíntesis de biomoléculas no solo ocurre en las células de los organismos, sino también en muchos microorganismos, plantas y otros organismos, lo que permite la producción de compuestos útiles en la agricultura, la industria alimentaria, la farmacología y otros campos de la biotecnología.

#### 5.4.1. Síntesis de carbohidratos

La síntesis de carbohidratos, también conocida como la glucogénesis, es el proceso por el cual las células producen carbohidratos a partir de precursores más simples, como el glucógeno, la glucosa y otros azúcares. Este proceso se lleva a cabo en el hígado y los músculos, y es esencial para la regulación de los niveles de glucosa en la sangre y para el suministro de energía al cuerpo.

El proceso de síntesis de carbohidratos implica varias etapas, que incluyen:

- **La activación de la glucosa:** La glucosa es activada mediante la adición de un grupo fosfato a través de una enzima llamada hexocinasa. Esta reacción requiere ATP y convierte la glucosa en glucosa-6-fosfato, que es un precursor importante para la síntesis de carbohidratos.
- **La transformación de glucosa-6-fosfato en glucógeno:** La glucosa-6-fosfato se convierte en glucógeno mediante la acción de la enzima “glucógeno sintasa”. El glucógeno es una forma de almacenamiento de glucosa en el cuerpo, que se puede utilizar posteriormente para la producción de energía.
- **El cambio de otros precursores en glucosa-6-fosfato:** Además de la glucosa, otros precursores como el lactato, los aminoácidos y los ácidos

grasos también pueden ser convertidos en glucosa-6-fosfato, que es un punto de partida importante para la síntesis de carbohidratos.

- **La conversión de glucosa-6-fosfato en glucosa:** Cuando los niveles de glucosa en la sangre son bajos, el hígado puede convertir el glucógeno almacenado en glucosa-6-fosfato y luego en glucosa, que se libera en la sangre para mantener los niveles adecuados de glucosa en el cuerpo.

En síntesis, la producción de carbohidratos es un proceso complicado que involucra diversas etapas y enzimas distintas, y desempeña una función crucial en la regulación de los niveles de glucosa en el organismo y la generación de energía.

### 5.4.2. Síntesis de lípidos

El proceso por el cual las células crean varios lípidos a partir de precursores más fáciles como la glucosa, los ácidos grasos y el glicerol se conoce como síntesis de lípidos. Este proceso, que ocurre en el citosol de la célula y en el retículo endoplásmico liso, es crucial para la estructura de la membrana celular, el control del metabolismo y el almacenamiento de energía.

El proceso de síntesis de lípidos implica varias etapas, que incluyen:

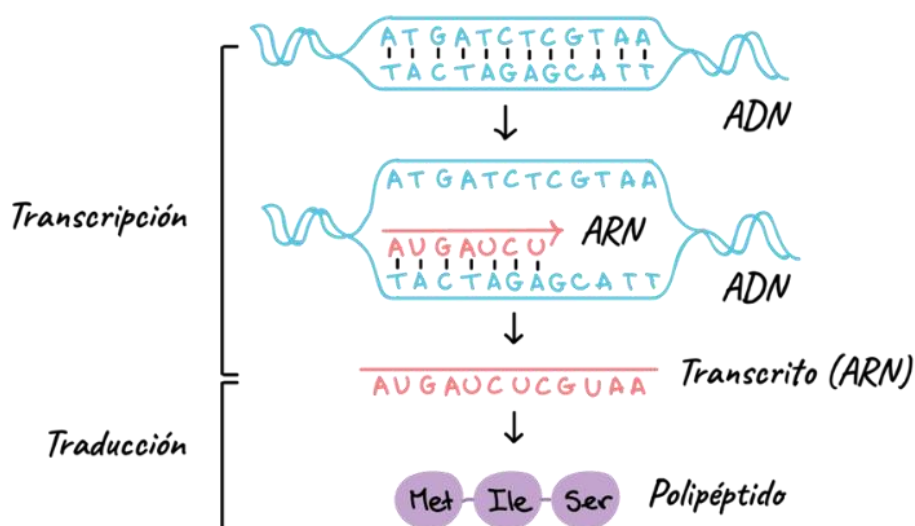
- **Activación de los ácidos grasos:** Los ácidos grasos se activan mediante la adición de una molécula de CoA por medio de una enzima llamada acil-CoA sintetasa. Esta reacción requiere energía en forma de ATP.
- **Formación de glicerol-3-fosfato:** El glicerol-3-fosfato se forma a partir de la glucosa a través de una serie de reacciones enzimáticas.
- **Unión de los ácidos grasos al glicerol-3-fosfato:** Los ácidos grasos activados se unen al glicerol-3-fosfato mediante una enzima llamada aciltransferasa, formando triglicéridos.
- **Modificación de los lípidos:** Los lípidos pueden ser modificados por medio de la adición de grupos funcionales, como fosfatos, sacáridos o proteínas, para formar fosfolípidos, glucolípidos y lipoproteínas.

En resumen, la producción de lípidos es un proceso complicado que involucra diversas etapas y enzimas distintas, y es crucial para la estructura y función de las membranas celulares, la regulación del metabolismo y la reserva de energía.

### 5.4.3. Síntesis de proteínas

La síntesis de proteínas es el proceso mediante el cual las células producen proteínas a partir de los ácidos nucleicos, ADN y ARN. Este proceso se lleva a cabo en dos etapas principales: la transcripción y la traducción.

**Figura 21**  
ARNm



**Nota: Fuente:** Socialluna, 2020

#### 5.4.3.1. Transcripción

Un paso esencial en la transmisión de la información genética es la transcripción, que convierte una copia del ADN en una molécula de ARN. Una de las cadenas de las moléculas de ADN actúa como molde para la síntesis de la cadena complementaria de una molécula de ARN durante la transcripción. La ARN polimerasa, una enzima que une nucleótidos complementarios a la plantilla de ADN para crear una cadena de ARN que es una copia exacta de una región particular del genoma, realiza esta función. En resumen, la transcripción es un paso esencial en la expresión génica que permite la síntesis de ARN a partir de los datos almacenados en el ADN.

Es un procedimiento crucial para controlar la expresión génica y permite que las células gestionen la producción de proteínas en respuesta a las demandas metabólicas. El ARN mensajero (ARNm), el ARN de transferencia (ARNt) y el ARN ribosómico (ARNr), así como otros tipos de ARN producidos por

transcripción, desempeñan funciones específicas en la síntesis de proteínas y la regulación génica.

La transcripción implica varias etapas, entre ellas la iniciación, elongación y terminación. Durante la iniciación, la ARN polimerasa se une a una región particular del ADN conocida como promotor, la cual indica el inicio del gen que se transcribirá. Posteriormente, la enzima separa las hebras de ADN y comienza a sintetizar la cadena de ARN complementario.

En la etapa de elongación de la transcripción, la ARN polimerasa sintetiza una cadena de ARN complementaria que crece en longitud al agregar nucleótidos complementarios a la plantilla de ADN. La enzima se desplaza a lo largo del ADN y sigue transcribiendo hasta que llega a la región de terminación, donde se libera la cadena de ARN y se separa de la plantilla de ADN.

#### **5.4.3.2. Traducción**

La traducción es el proceso mediante el cual la información genética contenida en el ARN se utiliza para sintetizar proteínas específicas. Durante la traducción, el ARN mensajero (ARNm) se une a un ribosoma, que actúa como una fábrica molecular para la síntesis de proteínas. Los ribosomas leen la secuencia de codones del ARNm y utilizan esta información para ensamblar una cadena de aminoácidos que forma una proteína.

La traducción se lleva a cabo por moléculas de ARN de transferencia (ARNt), que transportan los aminoácidos correspondientes a la secuencia de codones del ARNm. Cada ARNt tiene una secuencia de tres nucleótidos llamada anticodón que es complementaria a la secuencia de codones del ARNm. El ribosoma se encarga de unir el aminoácido correspondiente al codón del ARNm, formando una cadena de aminoácidos que se pliega para formar una proteína tridimensional.

El proceso de traducción comienza cuando el ARNm se une al ribosoma en la subunidad menor. A continuación, un ARNt que lleva un aminoácido específico se une al primer codón del ARNm, de acuerdo a su anticodón. Esto sucede gracias a la acción de una enzima llamada aminoacil-ARNt sintetasa.

Luego, la subunidad mayor del ribosoma se une a la subunidad menor y comienza la elongación de la cadena de proteína. El ribosoma mueve el ARNm en relación al ARNt, de manera que el siguiente codón se alinea con el ARNt correspondiente. El ARNt con el aminoácido correspondiente se une al codón, formando una cadena de aminoácidos.

Este proceso se repite hasta que se llega al codón de terminación, que no tiene ARNt correspondiente y hace que el ribosoma se detenga. Entonces, la cadena de aminoácidos se libera y se pliega en una proteína funcional.

Varios elementos celulares, como mRNA, ribosomas y tRNA, colaboran en el complejo proceso de traducción, que también está regulado por una serie de factores que afectan su velocidad y precisión. Dado que las proteínas están involucradas en una serie de procesos biológicos, como la regulación de enzimas, la estructura celular y la comunicación intercelular, la síntesis de proteínas es crucial para el correcto funcionamiento de cada célula.

En resumen, la traducción es un proceso clave en la síntesis de proteínas, que utiliza la información genética contenida en el ARNm para ensamblar una cadena de aminoácidos que forma una proteína. La traducción es un proceso altamente regulado y complejo que involucra la cooperación de varios componentes celulares y es esencial para la función celular y la regulación de la expresión génica.



# Capítulo VI: Enzimas y regulación metabólica





## Enzimas y regulación metabólica

Las enzimas son proteínas que ayudan a acelerar las reacciones químicas en los organismos vivos, mismas que son necesarias para que se pueda generar energía, construir nuevas células y realizar muchas otras funciones importantes.

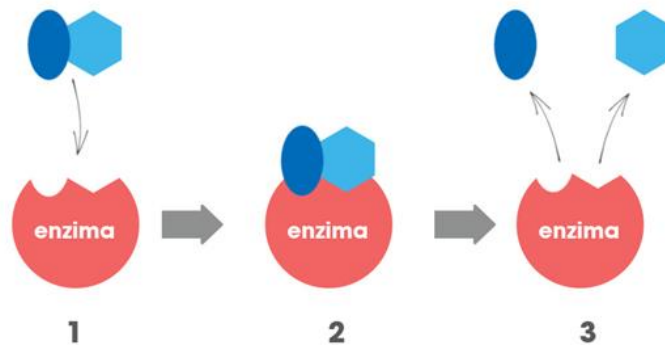
La regulación metabólica se refiere al control del metabolismo, que es un conjunto de procesos químicos que permiten mantener la vida. La regulación metabólica es importante porque ayuda a mantener el equilibrio adecuado en el cuerpo y asegura que los procesos metabólicos se realicen de manera eficiente, las enzimas son clave en la regulación. Estas enzimas pueden ser activadas o desactivadas en respuesta a señales químicas y hormonales.

Además, la producción de enzimas también está regulada por genes y proteínas específicas que pueden aumentar o disminuir la cantidad de enzimas que se producen. Esto puede ayudar a asegurar que el cuerpo produzca suficientes enzimas para realizar las funciones necesarias y mantener el equilibrio metabólico.

### 6.1. Enzimas

Las enzimas son proteínas que operan como catalizadores biológicos en los organismos vivos. Estas moléculas apresuran las reacciones químicas que tienen lugar en las células, provocando que los procesos biológicos se produzcan a una velocidad adecuada para mantener la vida. Las enzimas desempeñan un papel fundamental en numerosas funciones biológicas, incluyendo la digestión de alimentos, la síntesis de proteínas y la generación de energía en las células. Cada enzima tiene una estructura tridimensional única que le permite interactuar específicamente con su sustrato, la molécula que se va a transformar durante la reacción catalizada por la enzima. La regulación cuidadosa de las enzimas es crucial para mantener el equilibrio en los procesos celulares y prevenir enfermedades.

**Figura 22**  
*Enzimas digestivas*



**Nota: Fuente:** Intoleran, s.f.

## 6.2. Función de las enzimas en el metabolismo

Las enzimas desempeñan un papel crucial en el metabolismo, el cual comprende un conjunto de procesos químicos necesarios para la supervivencia. Estas moléculas actúan como catalizadores biológicos, acelerando las reacciones químicas que ocurren en las células y permitiendo que los procesos metabólicos se lleven a cabo a una velocidad adecuada para mantener el equilibrio en el cuerpo. Las enzimas desempeñan una variedad de funciones esenciales, incluyendo la digestión de alimentos, síntesis de proteínas, producción de energía celular, eliminación de productos de desecho y regulación de muchos procesos celulares. También son responsables de la cuidadosa regulación de los procesos metabólicos, asegurando que se produzcan en el momento y cantidad adecuados para mantener la salud del cuerpo. En resumen, las enzimas son críticas para el correcto funcionamiento del metabolismo y, en última instancia, para la vida.

## 6.3. Cinética enzimática

La cinética enzimática es el estudio del mecanismo y la velocidad de las reacciones químicas que son catalizadas por enzimas, proteínas con funciones específicas en estos procesos. La concentración del sustrato, la temperatura y

el pH son variables que afectan la rapidez con que ocurren las reacciones enzimáticas. Dado que nos permite comprender cómo funcionan las enzimas y cómo se pueden controlar sus actividades, el estudio de la cinética enzimática es esencial.

Para describir la cinética enzimática se utilizan ecuaciones matemáticas, como la ecuación de Michaelis-Menten, que vincula la velocidad de la reacción con la concentración del sustrato.

La ecuación de Michaelis-Menten es una fórmula matemática que describe la relación entre la velocidad de una reacción enzimática y la concentración del sustrato. Esta ecuación es muy utilizada en bioquímica y se expresa de la siguiente manera:

$$V = (V_{max} * [S]) / (K_m + [S])$$

donde:

- V es la velocidad de la reacción
- V<sub>max</sub> es la velocidad máxima de la reacción, que se alcanza cuando toda la enzima está saturada con sustrato
- [S] es la concentración del sustrato
- K<sub>m</sub> es la constante de Michaelis-Menten, que representa la concentración de sustrato a la mitad de la velocidad máxima.

Esta ecuación es útil para determinar la eficiencia de una enzima y para entender cómo se ve afectada su actividad por diferentes concentraciones de sustrato.

Esta ecuación es valiosa para determinar la afinidad de una enzima por su sustrato y calcular la velocidad máxima de la reacción.

Además, la cinética enzimática se usa para examinar los efectos de los inhibidores enzimáticos, los cuales disminuyen la actividad de las enzimas. Estos inhibidores pueden ser competitivos, no competitivos o mixtos, y su influencia en la velocidad de reacción depende de la cantidad del sustrato e inhibidor.

En conclusión, la cinética enzimática es una herramienta valiosa para comprender la naturaleza y regular las actividades de las enzimas. Este conocimiento puede ser aplicado para crear terapias para enfermedades que

involucran enzimas y mejorar los procesos industriales que utilizan enzimas como catalizadores.

### 6.3.1. Factores que afectan la cinética

El área de la química conocida como cinética se ocupa de la investigación de las velocidades y mecanismos de las reacciones químicas. Una serie de variables, entre ellas, afectan la cinética de una reacción química:

- **Concentración de los reactivos:** A medida que aumenta la concentración de los reactivos, la frecuencia de colisiones entre las moléculas también aumenta, lo que puede aumentar la velocidad de la reacción.
- **Temperatura:** A medida que aumenta la temperatura, también aumenta la energía cinética de las moléculas, lo que puede aumentar la frecuencia y energía de las colisiones, lo que a su vez puede aumentar la velocidad de la reacción.
- **Presión:** En las reacciones gaseosas, una mayor presión puede aumentar la frecuencia de colisiones entre las moléculas, lo que puede aumentar la velocidad de la reacción.
- **Superficie de contacto:** En las reacciones que involucran sólidos, una mayor superficie de contacto entre los reactivos puede aumentar la frecuencia de colisiones, lo que puede aumentar la velocidad de la reacción.
- **Catalizadores:** Los catalizadores son sustancias que aumentan la velocidad de una reacción sin consumirse en ella. Los catalizadores pueden acelerar una reacción al proporcionar una ruta alternativa de reacción con una menor energía de activación.

Estos son solo algunos de los factores que pueden afectar la cinética de una reacción química. Es importante tener en cuenta que cada reacción es única y puede estar influenciada por diferentes factores en función de las condiciones específicas en las que se lleva a cabo.

## 6.4. Regulación del metabolismo celular

La regulación del metabolismo celular es un conjunto de mecanismos y procesos que permiten a las células controlar la velocidad y dirección de las reacciones químicas que ocurren en su interior. Esta regulación es esencial para mantener un equilibrio homeostático y garantizar el correcto funcionamiento de los procesos celulares en diferentes situaciones.

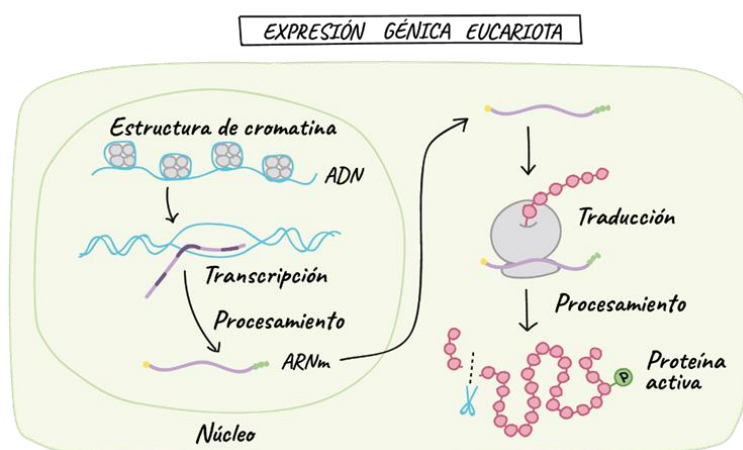
Existen tres niveles principales de regulación del metabolismo celular: la regulación génica, la regulación enzimática y la regulación por señalización celular.

### 6.4.1.Regulación génica

La regulación génica se refiere al control de la expresión de los genes que codifican las enzimas y proteínas involucradas en el metabolismo celular. La expresión génica está controlada por factores internos y externos, y se ajusta para adaptarse a las necesidades celulares y a las condiciones ambientales cambiantes. Por ejemplo, en respuesta a una dieta rica en grasas, las células pueden aumentar la expresión de genes involucrados en la oxidación de ácidos grasos y reducir la expresión de genes involucrados en la síntesis de lípidos.

La regulación génica es el conjunto de técnicas y mecanismos moleculares que controlan la expresión génica, es decir, la activación o desactivación de los genes en respuesta a las señales ambientales y los requisitos celulares.

**Figura 23**  
*Expresión génica*



**Nota: Fuente:** La Salle, S.f.

Desde la síntesis de ADN y la síntesis de ARN hasta la traducción de proteínas y el procesamiento posterior, existen varios niveles en los que se produce la regulación génica. La modificación de histonas y ADN, la descomposición de proteínas, la interferencia de ARN y la unión de proteínas reguladoras a promotores y potenciadores (secuencias de ADN no codificantes que controlan la expresión génica) de genes son algunos de los métodos más frecuentes de regulación génica.

### **6.4.2.Regulación enzimática**

La regulación enzimática se refiere al control de la actividad de las enzimas que catalizan las reacciones metabólicas. Esta regulación se logra mediante diferentes mecanismos, como la modulación de la actividad enzimática a través de la unión de moléculas reguladoras a sitios específicos en la enzima (regulación alostérica), la modificación covalente de las enzimas, la regulación por la concentración de sustrato, entre otros.

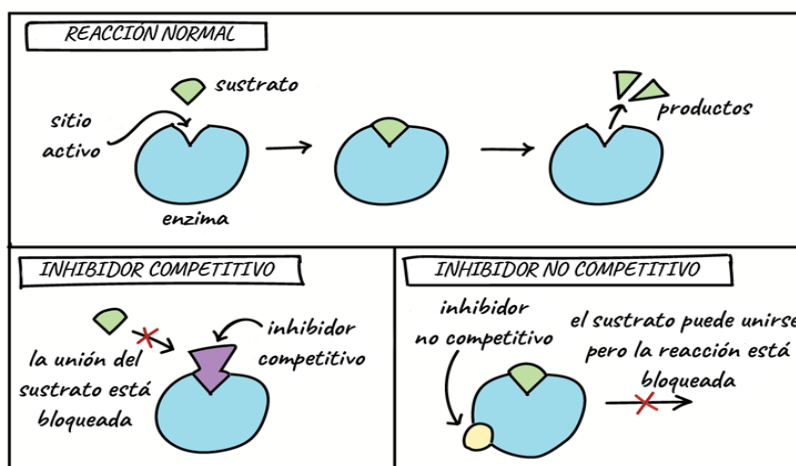
La regulación de la actividad enzimática es un proceso crítico que se lleva a cabo en las células para mantener un equilibrio metabólico adecuado y evitar la acumulación de productos tóxicos o la pérdida de compuestos esenciales. La actividad enzimática se puede regular de diversas maneras, entre las que se incluyen:

#### **6.4.2.1. Regulación por inhibición**

Las sustancias que inhiben la actividad enzimática se denominan inhibidores. Pueden ser competitivos (se unen al sitio activo de la enzima) o no competitivos (se unen a un sitio diferente de la enzima), o pueden ser de un tipo mixto de inhibición. Existen inhibidores tanto reversibles como irreversibles. Los inhibidores competitivos se unen al sitio activo de la enzima y compiten con el sustrato de la enzima por la unión, lo que reduce la actividad de la enzima. Los inhibidores no competitivos alteran la forma tridimensional de la enzima al unirse a un sitio diferente, lo que reduce la actividad de la enzima.



**Figura 24**  
*Regulación por inhibición*



**Nota:** Fuente: Soclalluna, 2020.

Por otro lado, la regulación por activación implica el aumento de la actividad enzimática mediante la unión de sustancias llamadas activadores. Los activadores pueden unirse a la enzima en el sitio activo o en un sitio diferente para aumentar la afinidad de la enzima por su sustrato.

#### 6.4.2.2. Regulación por activación

Los activadores son sustancias que aumentan la actividad enzimática. Pueden unirse a la enzima en el sitio activo o en un sitio diferente para aumentar la afinidad de la enzima por su sustrato.

La regulación por activación es un proceso que se utiliza para regular la expresión génica. Este proceso implica la unión de una proteína activadora a una secuencia de ADN específica, conocida como sitio de unión, para estimular la transcripción de un gen. La proteína activadora se une al ADN a través de su dominio de unión al ADN y recluta otros factores de transcripción y coactivadores para formar un complejo de transcripción. Este complejo interactúa con la maquinaria de transcripción en el promotor del gen y ayuda a activar la transcripción del gen, lo que aumenta la producción de ARNm y la síntesis de proteínas.

Este proceso es importante porque permite que las células respondan a señales ambientales y celulares específicas para regular la expresión génica. Las proteínas activadoras, como c-Myc, p53 y NF-κB, son ejemplos de factores de

transcripción que desempeñan un papel crítico en la regulación por activación. También existen factores inhibidores que pueden unirse a la proteína activadora y reducir su capacidad para unirse al ADN y activar la transcripción génica. La regulación por activación es, por lo tanto, un proceso complejo y altamente regulado que permite una regulación precisa de la expresión génica.

### **6.4.2.3. Regulación alostérica**

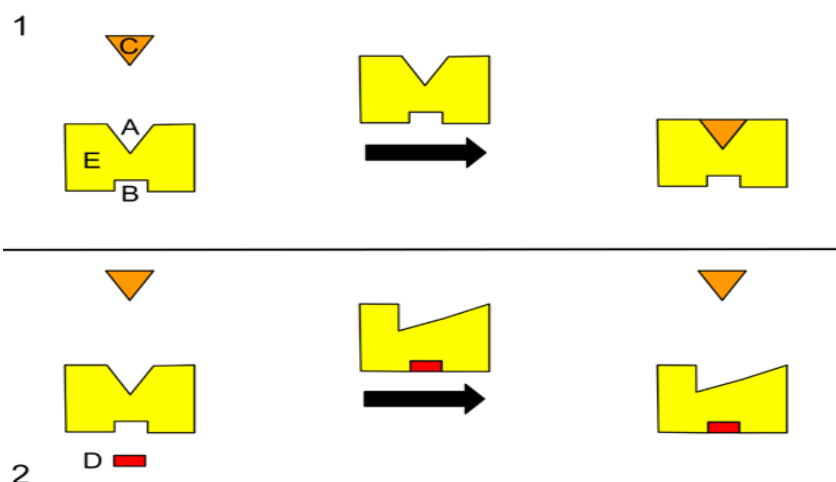
Algunos enzimas pueden ser regulados por moléculas llamadas moduladores alostéricos, que se unen a un sitio regulador diferente del sitio activo y alteran la forma tridimensional de la enzima para aumentar o disminuir su actividad.

La regulación alostérica se refiere a la modulación de la actividad enzimática mediante la unión de moléculas reguladoras a sitios específicos en la enzima. Estas moléculas reguladoras se unen a la enzima en una ubicación diferente al sitio activo, lo que induce un cambio en la forma de la enzima que puede aumentar o disminuir su actividad catalítica.

La regulación alostérica es fundamental para controlar la actividad enzimática en respuesta a cambios en las condiciones ambientales y las necesidades metabólicas de la célula. Las moléculas reguladoras pueden ser activadores o inhibidores de la actividad enzimática, y suelen actuar como señales que indican la presencia o ausencia de ciertas moléculas en la célula.

Un ejemplo común de regulación alostérica es la regulación de la enzima fosfofructoquinasa en la vía de la glucólisis. La fructosa-2,6-bisfosfato actúa como un activador alostérico de esta enzima, aumentando su actividad y promoviendo la producción de energía a través de la vía de la glucólisis. Por otro lado, el ATP actúa como un inhibidor alostérico de la fosfofructoquinasa, reduciendo su actividad y preservando la energía celular cuando hay suficiente ATP disponible.

**Figura 25**  
Regulación alostérica



**Nota:** Fuente: Terabaito, 2022.

En conclusión, la regulación alostérica es un mecanismo fundamental para controlar la actividad enzimática y garantizar que los procesos metabólicos de la célula se adapten a las necesidades y condiciones cambiantes del entorno celular.

#### 6.4.2.4. Regulación por modificación covalente

Algunos enzimas son regulados por cambios covalentes en su estructura, como la fosforilación o la glicosilación. Estas modificaciones pueden activar o desactivar la enzima.

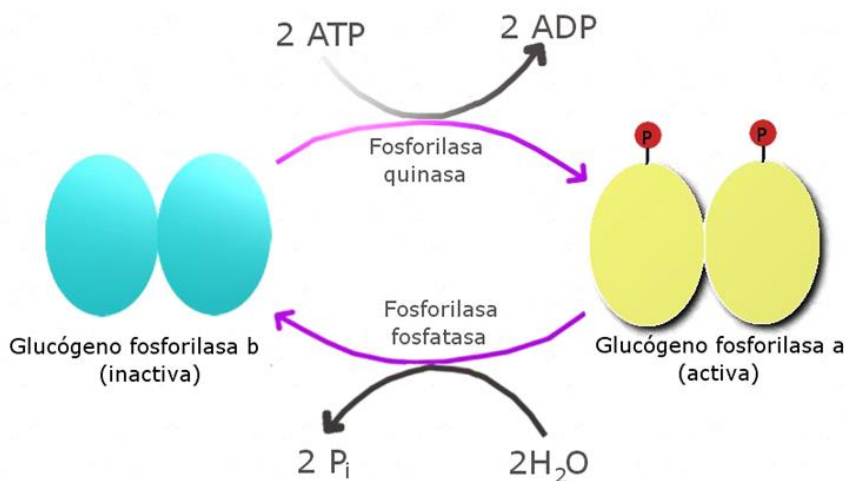
La regulación por modificación covalente es cuando se cambia la actividad de una proteína a través de la adición o eliminación de grupos químicos covalentes en posiciones específicas de la cadena polipeptídica. Estas modificaciones pueden ser reversibles o irreversibles, y son catalizadas por enzimas especializadas.

Las modificaciones covalentes más comunes incluyen fosforilación, acetilación, ubiquitinación, metilación y glicosilación. Cada una de estas modificaciones puede afectar la estructura tridimensional de la proteína, su capacidad de interacción con otras proteínas, su localización subcelular, su estabilidad y su actividad enzimática, entre otras propiedades.

Por ejemplo, la fosforilación de una proteína en una posición específica puede activarla o inactivarla, dependiendo del contexto celular y de la señalización que

esté ocurriendo en ese momento. Por otro lado, la ubiquitinación suele dirigir la proteína hacia la degradación en la proteasoma, lo que disminuye su concentración intracelular y su actividad biológica.

**Figura 26**  
*Enzimas modulados*



**Nota: Fuente:** Porto, S.f.

La regulación por modificación covalente es un mecanismo fundamental en la señalización celular y en la respuesta a estímulos externos e internos. Su disfunción puede contribuir a enfermedades como el cáncer, la diabetes y las enfermedades neurodegenerativas. Por lo tanto, su estudio es de gran importancia en biología y medicina.

#### 6.4.2.5. Regulación por la concentración de sustrato

La actividad enzimática puede aumentar o disminuir en función de la cantidad de sustrato presente en el medio ambiente. A medida que la concentración de sustrato aumenta, la velocidad de la reacción también aumenta hasta que se alcanza la saturación enzimática.

Se distinguen dos tipos de regulación por la concentración de sustrato: positiva y negativa.

- En la regulación positiva, la velocidad de la reacción enzimática aumenta al aumentar la concentración de sustrato.
- En la regulación negativa, la velocidad de la reacción disminuye al aumentar la concentración de sustrato.

Un ejemplo común de regulación por la concentración de sustrato es la regulación de la enzima amilasa, que descompone el almidón en azúcares más simples. A medida que aumenta la concentración de almidón en una solución, la actividad de la amilasa aumenta hasta que se satura. En este punto, la velocidad de la reacción no puede aumentar más, incluso si se añade más almidón.

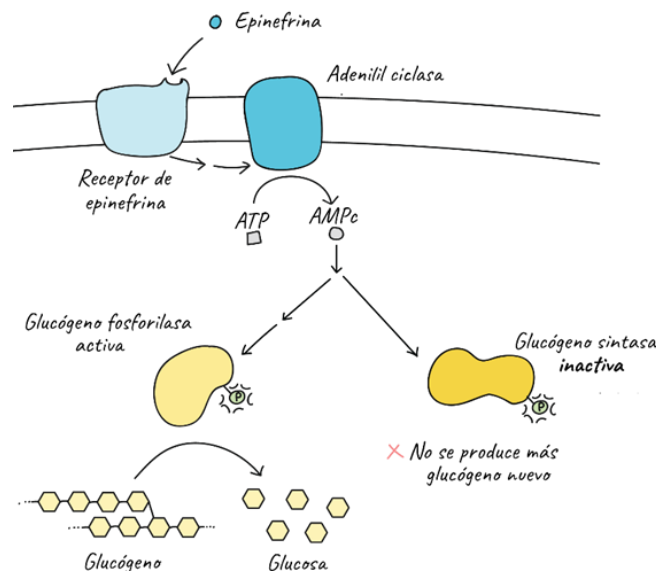
La regulación por la concentración de sustrato es importante en la regulación de muchas vías metabólicas en los organismos vivos, ya que permite a las células controlar la velocidad de las reacciones enzimáticas en respuesta a las necesidades metabólicas cambiantes.

La regulación de la actividad enzimática es un proceso dinámico y complejo que es esencial para el correcto funcionamiento de las células y la homeostasis metabólica.

#### 6.4.2.6. Regulación por señalización celular

La regulación por señalización celular se refiere al control de la actividad metabólica a través de la comunicación entre las células y la detección de señales extracelulares. Estas señales pueden ser hormonas, neurotransmisores, factores de crecimiento, entre otros. La señalización celular actúa a través de una serie de cascadas de señalización intracelular que involucran la activación de enzimas y proteínas reguladoras y la modificación de la expresión génica.

**Figura 27**  
*Metabolismo celular*



**Nota: Fuente:** Khan Academy, 2017.

Para coordinar sus acciones y adaptarse a los cambios ambientales, las células se comunican entre sí a través de un proceso llamado señalización celular. Esto implica el uso de moléculas como hormonas, neurotransmisores y factores de crecimiento que se unen a receptores particulares en la superficie o dentro de la célula.

La señalización celular puede provocar diversas respuestas en la célula, como la activación o inhibición de vías metabólicas, la división celular, la diferenciación celular y la apoptosis. Además, la regulación por señalización celular desempeña un papel crucial en el desarrollo embrionario y en el mantenimiento de la homeostasis en el cuerpo.

# Capítulo VII: Metabolismo de los nutrientes en la agroecología







## Metabolismo de los nutrientes en la agroecología

En la agroecología, el metabolismo de los nutrientes juega un papel crucial en el mantenimiento de suelos saludables y la producción de plantas robustas. Los nutrientes se clasifican en macronutrientes y micronutrientes, y su absorción por las raíces de las plantas es el comienzo del proceso metabólico. Los nutrientes se transportan por la planta a través de la fotosíntesis y la respiración, y se utilizan para la síntesis de proteínas, la producción de clorofila, la creación de estructuras celulares y la acumulación de energía en forma de carbohidratos.

En la agroecología, varios factores afectan el metabolismo de los nutrientes, como la calidad del suelo, la cantidad de agua disponible, la presencia de microorganismos beneficiosos y la selección de cultivos apropiados. Los agricultores utilizan prácticas de manejo del suelo que fomentan la biodiversidad y promueven la actividad microbiana saludable, como la rotación de cultivos, la aplicación de abono orgánico y la siembra directa. Estas prácticas mejoran la salud del suelo y la absorción de nutrientes por las plantas.

En conclusión, en la agroecología, el metabolismo de los nutrientes es fundamental para la producción de cultivos saludables y la sostenibilidad del suelo. Al promover prácticas agrícolas sostenibles y fomentar la biodiversidad y la salud del suelo, los agricultores pueden mejorar el metabolismo de los nutrientes y garantizar una producción agrícola sostenible y saludable a largo plazo.

### 7.1. Digestión y absorción de nutrientes en plantas

La obtención y asimilación de nutrientes en las plantas es esencial para su desarrollo y crecimiento. A pesar de que las plantas son capaces de sintetizar sus propios nutrientes a través de la fotosíntesis, necesitan absorber nutrientes del suelo para completar su dieta y mantener un adecuado funcionamiento metabólico.

El proceso de digestión de nutrientes en las plantas se inicia en las raíces, donde se encuentran los pelos radicales que agrandan la superficie de absorción. Los nutrientes se encuentran disueltos en la solución del suelo, siendo los más comunes el nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio, calcio y azufre, así como micronutrientes como hierro, manganeso, zinc, boro y molibdeno.

Una vez absorbidos, los nutrientes son trasladados a través de la xilema y el floema, dos sistemas de transporte de fluidos que llegan hasta las hojas. La xilema transporta agua y minerales a partir de las raíces hasta las hojas, mientras que el floema transporta nutrientes y otros compuestos producidos por la planta, como la glucosa.

Los nutrientes son utilizados en la fotosíntesis para generar energía y glucosa, y también en otros procesos metabólicos, como la síntesis de proteínas y la producción de hormonas vegetales. En resumen, la digestión y absorción de nutrientes en las plantas es crucial para su supervivencia y desarrollo, y es posible gracias al funcionamiento coordinado de los sistemas de transporte y procesamiento de nutrientes en la planta.

## **7.2. Metabolismo de carbohidratos en la agroecología**

En la agroecología, el proceso de metabolismo de los carbohidratos es crucial para la producción de alimentos, ya que los carbohidratos son una fuente importante de energía para las plantas y son esenciales para procesos como la fotosíntesis, la respiración y el crecimiento celular.

En el proceso de la fotosíntesis, las plantas transforman la energía de la luz solar en azúcares como la glucosa, a partir del dióxido de carbono y agua. Estos azúcares son utilizados en la respiración celular y en la construcción de estructuras celulares como las paredes celulares y las fibras de celulosa.

En la agricultura ecológica, se busca promover prácticas agrícolas sostenibles que favorezcan la salud del suelo y la biodiversidad, lo cual puede tener un impacto positivo en el metabolismo de los carbohidratos. Por ejemplo, el uso de abonos orgánicos y la rotación de cultivos pueden incrementar la cantidad de nutrientes disponibles para las plantas y fomentar la actividad de

microorganismos beneficiosos en el suelo, lo que mejoraría la absorción de nutrientes y la salud general de las plantas.

Además, se incentiva el uso de variedades de plantas adaptadas a las condiciones climáticas y del suelo de la región, lo que podría mejorar la resistencia de las plantas a las enfermedades y al estrés ambiental, y promover un mejor rendimiento.

En conclusión, el metabolismo de los carbohidratos es crucial en la producción de alimentos en la agricultura ecológica. La promoción de prácticas agrícolas sostenibles y el uso de variedades adaptadas pueden mejorar el metabolismo de los carbohidratos y contribuir a una producción de alimentos más saludable y sostenible.

### **7.3. Metabolismo de lípidos en la agroecología**

El metabolismo de lípidos en la agroecología se refiere al papel que juegan los lípidos en la producción y los ecosistemas agrícolas. Los lípidos son una clase de moléculas orgánicas, que incluyen grasas, aceites y ceras, que cumplen varias funciones importantes en los sistemas agrícolas, como el almacenamiento de energía, la protección de las plantas y la formación de estructuras de las membranas celulares.

En la producción agrícola, los lípidos son esenciales para la calidad y nutrición de los cultivos. Por ejemplo, los ácidos grasos insaturados presentes en los aceites vegetales son beneficiosos para la salud humana, mientras que los lípidos saturados, como los que se encuentran en las grasas animales, pueden ser perjudiciales en grandes cantidades.

En la agroecología, también es importante considerar el impacto ambiental de los lípidos. El exceso de lípidos en el suelo y en las aguas superficiales puede ser perjudicial para los ecosistemas, ya que pueden contribuir a la eutrofización y la contaminación del agua. Además, el uso de pesticidas y herbicidas que contienen lípidos puede tener efectos negativos en la salud humana y la biodiversidad.

Por tanto, la agroecología busca optimizar el metabolismo de los lípidos para maximizar los beneficios para la producción agrícola, la salud humana y el medio ambiente. Esto puede incluir el uso de prácticas agrícolas sostenibles y la selección de variedades de cultivos que produzcan lípidos beneficiosos en cantidades adecuadas. También se pueden desarrollar tecnologías para la producción de biocombustibles a partir de lípidos renovables, lo que puede reducir la dependencia de los combustibles fósiles y contribuir a la mitigación del cambio climático.

#### **7.4. Metabolismo de proteínas en la agroecología**

El metabolismo de proteínas es el conjunto de reacciones bioquímicas en las células que involucran la síntesis, degradación y reciclaje de proteínas. Las proteínas son moléculas esenciales que desempeñan diversas funciones en los organismos vivos, como regular procesos metabólicos, defender contra enfermedades y construir estructuras celulares. En la agroecología, el metabolismo de proteínas es un tema relevante, ya que las plantas necesitan proteínas para su crecimiento y desarrollo. Las proteínas en las plantas se sintetizan a partir de aminoácidos, que son los bloques de construcción de las proteínas. Los aminoácidos pueden ser producidos por las plantas a partir de sustancias como el nitrógeno y el carbono, o pueden ser absorbidos del suelo a través de las raíces.

En la agricultura ecológica, se promueve el uso de prácticas que fomenten la salud del suelo y la biodiversidad, lo que puede tener un impacto positivo en el metabolismo de proteínas en las plantas. Por ejemplo, la incorporación de abonos orgánicos y la rotación de cultivos pueden aumentar el contenido de nitrógeno en el suelo y mejorar la disponibilidad de aminoácidos para las plantas.

Además, se ha demostrado que los sistemas agroecológicos pueden tener un efecto positivo en la calidad de las proteínas en las plantas, ya que pueden promover la síntesis de proteínas con una mayor diversidad de aminoácidos esenciales para la nutrición humana.

Es seguro decir que el metabolismo de las proteínas es crucial para el crecimiento y desarrollo de las plantas por esta razón, y la agroecología tiene como objetivo promover prácticas que promuevan la biodiversidad y la salud del suelo para mejorar la calidad y disponibilidad de proteínas en los cultivos.



# Capítulo VIII: Interacciones planta-microorganismo







## Interacciones planta-microorganismo

Las interacciones planta-microorganismo son significativas en agroecología porque pueden afectar significativamente la salud y la productividad de los sistemas agrícolas. Dependiendo del tipo de microorganismo y del ambiente circundante, las relaciones simbióticas entre las plantas y las bacterias, hongos y protozoos del suelo pueden ser ventajosas o dañinas para las plantas.

Por ejemplo, algunos microorganismos del suelo pueden formar relaciones simbióticas con las plantas, como la fijación de nitrógeno por las bacterias en las raíces de las leguminosas. Esto puede mejorar la disponibilidad de nitrógeno en el suelo, lo que puede tener un efecto positivo en el crecimiento y la productividad de las plantas.

Además, las interacciones planta-microorganismo pueden tener un impacto en la resistencia de las plantas a enfermedades y plagas. Algunos microorganismos del suelo pueden actuar como agentes de control biológico, protegiendo las plantas contra los patógenos y los insectos dañinos.

En los sistemas agroecológicos, se promueve la diversidad de cultivos y la utilización de prácticas de manejo que fomenten la salud del suelo y la biodiversidad, lo que puede aumentar la diversidad y la actividad de los microorganismos beneficiosos en el suelo. Esto puede mejorar la salud y productividad de los sistemas agrícolas, reduciendo la dependencia de los insumos químicos y mejorando la calidad de los productos agrícolas.

### 8.1. Simbiosis planta-microorganismo

La simbiosis planta-microorganismo se refiere a la estrecha relación mutualista que se establece entre las plantas y ciertos microorganismos del suelo, como bacterias, hongos y algas. Esta relación puede ser beneficiosa para ambas partes, en la medida en que cada una de ellas recibe beneficios que no podrían obtener por sí solas.

Por ejemplo, algunos microorganismos pueden ayudar a las plantas a absorber nutrientes del suelo, como el nitrógeno, fósforo y otros minerales. Estos microorganismos pueden proporcionar a las plantas estos nutrientes en formas que son más fácilmente absorbibles para ellas, lo que permite que las plantas crezcan y se desarrollen de manera más saludable.

Además, algunos microorganismos del suelo pueden proteger a las plantas de enfermedades y plagas, y también pueden ayudarlas a tolerar mejor el estrés ambiental, como la sequía o la salinidad del suelo.

A cambio, las plantas proporcionan a los microorganismos una fuente constante de alimento y un ambiente favorable para su crecimiento y reproducción. De esta manera, la simbiosis planta-microorganismo puede ser vista como una forma de cooperación mutua entre estos dos grupos de seres vivos.

Es importante destacar que las interacciones entre las plantas y los microorganismos no siempre son positivas. En algunos casos, los microorganismos pueden ser perjudiciales para las plantas y causar enfermedades o daños en los cultivos. Por lo tanto, comprender los mecanismos y los factores que influyen en la simbiosis planta-microorganismo es fundamental para su uso en la agricultura y la conservación del medio ambiente.

### **8.1.1. Rizosfera**

La presencia de los microorganismos en la rizosfera es esencial para el ciclo de nutrientes del suelo, ya que estos microorganismos ayudan a descomponer la materia orgánica y liberar nutrientes como el nitrógeno, fósforo y otros elementos que son esenciales para el crecimiento de las plantas. Además, algunos de estos microorganismos pueden fijar el nitrógeno atmosférico y convertirlo en formas que son fácilmente asimilables por las plantas.

Además de su papel en la nutrición de las plantas, los microorganismos en la rizosfera también pueden proteger a las plantas de patógenos y enfermedades, y ayudarlas a tolerar mejor las condiciones ambientales estresantes. Esto se debe a que los microorganismos pueden competir con los patógenos por los nutrientes y el espacio en la rizosfera, y también pueden producir compuestos que inhiben el crecimiento de los patógenos.

**Figura 28**  
*Rizosfera*



**Nota: Fuente:** Panzarin, 2020.

En la agroecología, el manejo adecuado de la rizosfera es crucial para la producción sostenible de alimentos y la conservación del suelo y la biodiversidad. Esto incluye prácticas agrícolas que promuevan la diversidad de microorganismos en la rizosfera, como la rotación de cultivos, la utilización de abonos orgánicos y la minimización del uso de productos químicos tóxicos. La comprensión de las interacciones planta-microorganismo en la rizosfera es, por lo tanto, esencial para el desarrollo de prácticas agrícolas sostenibles y eficaces.

### 8.1.2. Endosimbiosis

La endosimbiosis es un fenómeno biológico fascinante que ha dado lugar a la evolución de organismos complejos y altamente especializados. El proceso de endosimbiosis implica la incorporación de una célula dentro de otra célula, en la que ambas células desarrollan una relación simbiótica beneficiosa. En este proceso, la célula que se encuentra en el interior se convierte en un orgánulo intracelular, es decir, un componente especializado de la célula hospedadora.

El desarrollo de células eucariotas, que tienen un núcleo y orgánulos como mitocondrias y cloroplastos, es uno de los ejemplos más conocidos de endosimbiosis. Se cree que los cloroplastos provienen de bacterias fotosintéticas que también se incorporaron a las células huésped, mientras que se cree que las mitocondrias provienen de bacterias aeróbicas que se incorporaron a las células huésped. A través del proceso de endosimbiosis, estas bacterias se transformaron en orgánulos. Como resultado, las células huésped pudieron

adquirir nuevas habilidades como la respiración aeróbica y la fotosíntesis debido a su presencia.

La endosimbiosis también es un proceso común en muchos organismos unicelulares, como las amebas y los protozoos. Estos organismos pueden incorporar bacterias y otros microorganismos en su citoplasma, lo que les permite obtener nutrientes y energía que no podrían obtener de otra manera. Algunas algas unicelulares también tienen una relación simbiótica con hongos, en la que los hongos proporcionan nutrientes y protección mientras que las algas realizan la fotosíntesis.

**Figura 29**

*Proceso de endosimbiosis*



**Nota: Fuente:** Jal, 2022.

En conclusión, la endosimbiosis es un proceso biológico importante que ha dado lugar a la evolución de organismos más complejos y especializados. Esta relación simbiótica puede ocurrir entre células del mismo tipo o entre diferentes tipos de células, y puede ser esencial para la supervivencia y la diversificación de los organismos en la naturaleza.

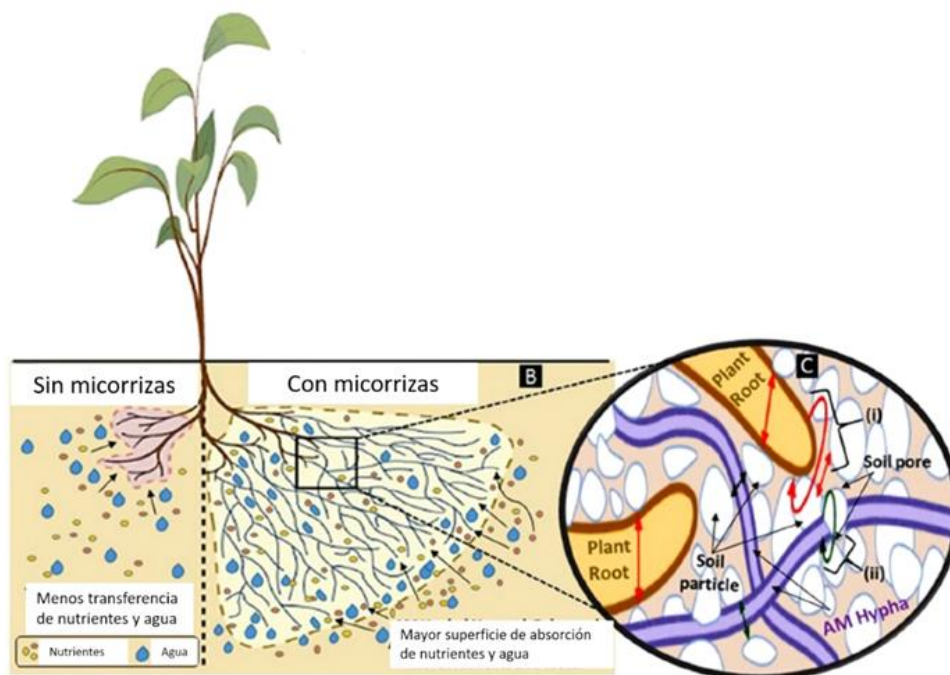
## 8.2. Micorrizas

Las micorrizas son asociaciones simbióticas entre las raíces de las plantas y los hongos del suelo. En estas asociaciones, los hongos proporcionan nutrientes esenciales como fósforo, nitrógeno, azufre y otros minerales a las raíces de las plantas, mientras que las plantas proporcionan a los hongos compuestos orgánicos producidos por la fotosíntesis.

Existen dos tipos principales de micorrizas: las ectomicorrizas y las endomicorrizas. Las ectomicorrizas se encuentran comúnmente en árboles y arbustos y forman una capa alrededor de las raíces, mientras que las endomicorrizas son más comunes en plantas herbáceas y penetran en las células de las raíces de las plantas.

Las micorrizas tienen muchos beneficios para las plantas, incluyendo una mayor absorción de nutrientes, una mayor tolerancia al estrés y una mejora en la resistencia a enfermedades. Además, las micorrizas pueden mejorar la calidad del suelo y la salud del ecosistema en general.

**Figura 30**  
*Micorrizas*



**Nota: Fuente:** Arvensisagro, 2022.

### 8.2.1. Estructura

Las micorrizas son estructuras formadas por la asociación simbiótica entre hongos y las raíces de las plantas. Esta simbiosis se establece a través de la formación de una estructura específica llamada "hifa micelial", que es un conjunto de filamentos ramificados del hongo que penetran en el suelo y envuelven las raíces de la planta. Esta estructura permite el intercambio de nutrientes y agua entre el hongo y la planta.

La micorriza se puede clasificar en dos tipos principales: la micorriza arbuscular y la micorriza ectomicorrízica.

- La micorriza arbuscular se caracteriza por la formación de estructuras ramificadas en forma de árbol llamadas "arbusculos" en las células de la raíz de la planta. Estos arbusculos permiten una mayor superficie de intercambio de nutrientes entre el hongo y la planta.
- La micorriza ectomicorrízica se caracteriza por la formación de una capa externa de células fúngicas llamada "mantle" que envuelve la raíz de la planta y la protege de patógenos del suelo. Además, esta micorriza forma estructuras especializadas llamadas "cistidios" que permiten el intercambio de nutrientes entre el hongo y la planta.

En general, las micorrizas son estructuras altamente beneficiosas para las plantas, ya que les permiten acceder a nutrientes que de otra manera serían difíciles de obtener del suelo. Además, también ayudan a mejorar la estructura del suelo y a proteger las raíces de las plantas contra patógenos.

### **8.2.2. Función**

Las micorrizas son estructuras altamente beneficiosas para las plantas, y su importancia se extiende a varios aspectos de la ecología del suelo y de la planta.

Es importante mencionar también que las micorrizas pueden jugar un papel fundamental en la absorción de fósforo, ya que muchos suelos tienen fósforo en formas poco disponibles para las plantas. La presencia de las micorrizas puede mejorar significativamente la absorción de fósforo por las plantas, lo que es especialmente importante en ecosistemas con suelos pobres en nutrientes.

Además, la simbiosis entre el hongo y la planta puede tener efectos beneficiosos sobre la resistencia de la planta a las enfermedades, ya que el hongo puede producir sustancias que inhiben el crecimiento de los patógenos del suelo y proteger la planta contra infecciones.

En resumen, las micorrizas son una relación simbiótica esencial para muchas plantas y pueden tener una gran influencia en la salud de la planta y la calidad del suelo. Su estudio es fundamental para entender la ecología de las plantas y el funcionamiento de los ecosistemas terrestres.

### **8.3. Rizobacterias**

Las rizobacterias son un grupo de bacterias que residen en la rizosfera, es decir, el área del suelo que rodea las raíces de las plantas. Estas bacterias tienen una gran utilidad para las plantas, ya que pueden establecer una relación simbiótica con ellas y proporcionarles numerosos beneficios, como la fijación de nitrógeno, la solubilización de nutrientes y la protección contra patógenos del suelo.

La capacidad de las rizobacterias para producir sustancias químicas como el ácido indolacético, que promueve el crecimiento de las plantas, es bien conocida. También pueden apoyar el mecanismo de defensa de una planta contra la enfermedad.

En la agricultura, se usan productos que contienen rizobacterias para mejorar el crecimiento y la salud de las plantas, disminuir la dependencia de fertilizantes químicos y pesticidas, y aumentar la calidad y cantidad de la producción de cultivos.

#### **8.3.1. Estructura**

Las rizobacterias presentan una estructura celular similar a la de otras bacterias, con una membrana celular que envuelve su citoplasma y su material genético en forma de ADN. Además, algunas rizobacterias cuentan con flagelos que les permiten desplazarse en ambientes líquidos.

Estas bacterias también tienen la capacidad de producir endosporas, las cuales son estructuras especializadas que les permiten sobrevivir en condiciones adversas por largos períodos de tiempo. Las endosporas están compuestas por una pared celular resistente que protege el material genético y el citoplasma de la célula, lo que les permite resistir la sequedad, la exposición a productos químicos y otros factores ambientales.

Otra estructura importante de las rizobacterias son los pelos radiculares, que son delgadas y alargadas proyecciones que se extienden desde las raíces de las plantas. Estos pelos radiculares brindan un ambiente propicio para el crecimiento y la colonización de las rizobacterias, y también ayudan a las plantas a absorber nutrientes y agua del suelo.

**Figura 31**  
*Rizobacterias*



*Nota: Fuente:* Bragado, 2016.

### 8.3.2. Función

Algunas de las funciones más relevantes de las rizobacterias son:

- **Fijación biológica de nitrógeno:** Las rizobacterias pueden fijar el nitrógeno atmosférico y convertirlo en una forma que las plantas pueden utilizar. De esta manera, las rizobacterias contribuyen a la fertilización del suelo y al crecimiento de las plantas.
- **Producción de hormonas vegetales:** Algunas rizobacterias producen hormonas vegetales como la auxina, que estimulan el crecimiento de las raíces y promueven la formación de raíces laterales.
- **Producción de enzimas:** Las rizobacterias pueden producir enzimas que ayudan a descomponer la materia orgánica del suelo y liberar nutrientes que las plantas pueden absorber.
- **Control de patógenos:** Algunas rizobacterias tienen la capacidad de producir sustancias antimicrobianas que pueden controlar el crecimiento de patógenos del suelo y proteger a las plantas de enfermedades.
- **Mejora de la calidad del suelo:** Las rizobacterias pueden mejorar la estructura del suelo y aumentar su capacidad para retener agua y nutrientes, lo que a su vez mejora la calidad del suelo y promueve el crecimiento de las plantas.



# Capítulo IX: Biotecnología y aplicaciones en la agroecología





## Biotecnología y aplicaciones en la agroecología

La biotecnología es una disciplina científica que utiliza organismos vivos o sus componentes para producir productos y servicios útiles para la sociedad. En el ámbito de la agroecología, la biotecnología se utiliza para mejorar la producción agrícola y reducir el impacto ambiental de la agricultura.

La producción de cultivos transgénicos es uno de los usos más significativos de la biotecnología en la agroecología. Las plantas que han sido modificadas genéticamente (GM) para expresar los rasgos deseados, como una mayor resistencia a plagas y enfermedades, una mayor tolerancia a las duras condiciones ambientales o una mayor calidad nutricional, se denominan cultivos GM. Con los cultivos transgénicos ha sido posible disminuir el uso de pesticidas y herbicidas, aumentar la productividad agrícola y mejorar la seguridad alimentaria.

La creación de biofertilizantes y bioplaguicidas es una importante aplicación de la biotecnología en la agroecología. Los microorganismos vivos llamados biofertilizantes se incorporan al suelo para aumentar la fertilidad y la calidad del suelo. Cuando se trata de controlar plagas y enfermedades de las plantas, los bioplaguicidas son sustancias elaboradas por microorganismos. Mediante el uso de biofertilizantes y biopesticidas, los agricultores pueden reducir su dependencia de los fertilizantes y pesticidas químicos, lo que mejora su salud y la del público.

La biotecnología también se utiliza para la producción de alimentos funcionales y nutraceuticos. Los alimentos funcionales son aquellos que contienen componentes bioactivos que tienen efectos beneficiosos para la salud, como antioxidantes, fibras solubles y ácidos grasos omega-3. Los nutraceuticos, por su parte, son productos alimentarios que se utilizan con fines terapéuticos, como la prevención y el tratamiento de enfermedades crónicas. La producción de alimentos funcionales y nutraceuticos mejora la salud de los consumidores y puede reducir la necesidad de utilizar productos químicos en la producción de alimentos.

En conclusión, la biotecnología tiene una gran cantidad de aplicaciones en la agroecología que permiten mejorar la producción agrícola, reducir el impacto ambiental de la agricultura y mejorar la salud de los agricultores y los consumidores.

## **9.1. Introducción a la biotecnología**

La biotecnología es un campo de la ciencia que utiliza organismos vivos o partes de ellos para desarrollar tecnologías y productos útiles para la sociedad. Esta disciplina abarca una amplia gama de áreas, desde la producción de alimentos y medicamentos hasta la biorremediación ambiental y la biotecnología industrial.

El estudio de la biotecnología involucra una combinación de conocimientos en biología, química, bioquímica, genética y otras disciplinas relacionadas. Los avances en tecnologías de secuenciación de ADN y en técnicas de ingeniería genética han permitido un rápido progreso en la investigación y aplicación de la biotecnología en los últimos años.

La biotecnología es una de las áreas más innovadoras y prometedoras de la ciencia moderna, con el potencial de transformar muchos aspectos de nuestra vida cotidiana. Desde la producción de alimentos más nutritivos y sostenibles hasta la curación de enfermedades y la mejora del medio ambiente, la biotecnología está destinada a desempeñar un papel clave en el futuro de nuestra sociedad.

## **9.2. Ingeniería genética**

La ingeniería genética es una rama de la biotecnología que se enfoca en la manipulación de los genes para crear nuevas variedades de organismos vivos o mejorar las ya existentes. Esta técnica permite la transferencia de genes entre diferentes especies para obtener características específicas.

La ingeniería genética se aplica en diversos campos, como la agricultura, la medicina y la investigación científica. Por ejemplo, se puede utilizar para producir plantas más resistentes a las enfermedades, crear animales transgénicos

capaces de producir proteínas humanas y desarrollar terapias génicas para curar enfermedades hereditarias.

No obstante, aunque la ingeniería genética tiene el potencial de mejorar significativamente la vida humana, también plantea preocupaciones éticas y de seguridad. Es necesario que los científicos consideren cuidadosamente los posibles riesgos asociados a sus experimentos y tomen medidas para minimizar cualquier peligro para la salud pública o el medio ambiente.

### 9.3. Manipulación genética de plantas

La manipulación genética de plantas es un proceso que involucra la modificación del ADN de una planta para introducir o alterar características específicas. Estas técnicas son utilizadas con el propósito de mejorar la calidad y el rendimiento de los cultivos, así como también para aumentar la resistencia de las plantas a enfermedades, plagas y condiciones climáticas adversas.

Diferentes métodos de manipulación genética de plantas existen, siendo los más populares la transgénesis y la edición genética. La transgénesis implica la introducción de genes de otras especies en la planta, mientras que la edición genética implica la modificación precisa de los genes existentes.

La manipulación genética de plantas puede tener beneficios significativos, tales como la producción de alimentos más nutritivos, el aumento de la productividad agrícola y la disminución del uso de pesticidas. Sin embargo, también existen preocupaciones éticas y medioambientales asociadas con estas técnicas, como la posible creación de plantas resistentes a los herbicidas que pueden dañar el medio ambiente y la pérdida de diversidad genética.

Es importante destacar que la manipulación genética de plantas está regulada por varias agencias y organismos en todo el mundo, con el fin de garantizar la seguridad y la eficacia de estas técnicas, a continuación, se citan algunos ejemplos de manipulación genética en plantas:

- **Maíz transgénico resistente a insectos:** se ha modificado genéticamente el maíz para incluir un gen que produce una proteína tóxica

para los insectos, lo que lo hace resistente a plagas como la polilla del tallo y el gusano del maíz.

- **Tomate con mayor duración de almacenamiento:** se han introducido genes en los tomates para retrasar su proceso de maduración y, por lo tanto, prolongar su vida útil.
- **Arroz dorado:** se ha modificado genéticamente el arroz para que produzca más vitamina A, un nutriente esencial para prevenir la ceguera nocturna en países donde la dieta es baja en este nutriente.
- **Papa resistente a la enfermedad:** se ha modificado genéticamente la papa para que sea resistente al tizón tardío, una enfermedad que puede destruir los cultivos.
- **Trigo con mayor contenido de gluten:** se ha modificado genéticamente el trigo para producir más gluten, lo que lo hace más adecuado para la fabricación de pan y productos horneados.

Cabe mencionar que la manipulación genética de plantas también puede tener algunos riesgos potenciales, como la posible creación de plantas resistentes a los herbicidas que pueden dañar el medio ambiente y la pérdida de diversidad genética. Por eso, es importante llevar a cabo un cuidadoso análisis de riesgos antes de la liberación comercial de cualquier planta transgénica.

#### 9.4. Aplicaciones de la biotecnología en la agroecología

La biotecnología tiene una amplia gama de aplicaciones en la agroecología, que abarcan desde la mejora de la producción y la calidad de los cultivos hasta la protección del medio ambiente. Algunas de las aplicaciones más comunes de la biotecnología en la agroecología incluyen:

- **Mejora genética de cultivos:** la biotecnología permite la manipulación genética de plantas para mejorar sus características, como su resistencia a enfermedades y plagas, su tolerancia a la sequía y otras condiciones ambientales adversas, y su calidad nutricional. También se pueden mejorar características como el rendimiento y el sabor de los cultivos.

- **Producción de alimentos funcionales:** la biotecnología se utiliza para producir alimentos que contienen compuestos beneficiosos para la salud, como antioxidantes y ácidos grasos omega-3.
- **Biopesticidas:** la biotecnología se utiliza para producir microorganismos que pueden utilizarse como biopesticidas en lugar de pesticidas químicos. Estos biopesticidas son más seguros para el medio ambiente y para la salud humana, y también son más específicos en su acción contra plagas específicas.
- **Mejora de la calidad del suelo:** la biotecnología se utiliza para producir microorganismos que pueden mejorar la calidad del suelo y su capacidad para retener nutrientes y agua. Estos microorganismos pueden reducir la necesidad de fertilizantes químicos y mejorar el crecimiento y la salud de las plantas.
- **Biorremediación:** la biotecnología se utiliza para producir microorganismos que pueden descomponer los contaminantes del suelo y del agua, ayudando a restaurar los ecosistemas contaminados. Estos microorganismos pueden ser utilizados para limpiar suelos contaminados por productos químicos industriales o vertidos de petróleo.

En general, la biotecnología ofrece un gran potencial para mejorar la sostenibilidad y la eficiencia de la agricultura, al mismo tiempo que reduce su impacto ambiental y promueve la salud humana.





# Referencias Bibliográficas





## Referencias Bibliográficas

- Altieri, M. A., & Yurjevic, A. (1992). La agroecología y el desarrollo rural sostenible en América Latina.
- Berk, Z. (1980). Introducción a la bioquímica de alimentos.
- Campbell, M. K., Farrell, S. O., Reyes, A. C., Gasco, J. H. C., Talavera, J. B., Bonilla, A. C., & Muñoz, G. R. (2004). Bioquímica (Vol. 4). Thomson.
- Devlin, T. M. (2019). Bioquímica con aplicaciones clínicas (Obra completa): Libro de texto con aplicaciones clínicas. Reverté.
- Gliessman, S. R. (2002). Agroecología: procesos ecológicos en agricultura sostenible. Catie.
- Gómez, L. F., Ríos-Osorio, L., & Eschenhagen, M. L. (2015). Las bases epistemológicas de la agroecología. *Agrociencia*, 49(6), 679–688.
- Gutiérrez Cedillo, J. G., Aguilera Gómez, L. I., & González Esquivel, C. E. (2008). Agroecología y sustentabilidad. *Convergencia*, 15(46), 51–87.
- i Farràs, R. P., & Giménez, A. J. (1997). Bioquímica de los microorganismos. Reverté.
- Jeanet, R., Croguennec, T., Schuck, P., Brulé, G., & Beltrán Gracia, J. A. (2010). Ciencia de los alimentos: Bioquímica-microbiología-procesos-productos (Issue TP370 C54).
- Koolman, J., & Röhm, K.-H. (2004). Bioquímica: texto y atlas. Ed. Médica Panamericana.
- Mendoza, A. B. (2002). Ecofisiología y bioquímica del estrés en plantas. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- Müller-Esterl, W. (2019). Bioquímica. Fundamentos para medicina y ciencias de la vida. Reverte.
- Murray, R. K., Bender, D., Botham, K., Kennelly, P. J., Rodwell, V., & Weil, H. (2007). Bioquímica ilustrada. Manual Moderno.

## Referencias:

- Ruiz-Rosado, O. (2006). Agroecología: una disciplina que tiende a la transdisciplina. *Interciencia*, 31(2), 140–145.
- Salim, S. R. (2006). Motivaciones, enfoques y estrategias de aprendizaje en estudiantes de Bioquímica de una universidad pública argentina. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 8(1), 1–17.
- Stryer, L. L. (2015). *Bioquímica*. Reverté.
- Tapia, O. C., & Ruiz, V. M. (2020). *Bioquímica de los procesos metabólicos*. Reverte.
- Teijón, J. M. (2006). *Fundamentos de bioquímica estructural*. Editorial Tébar.



# Resumen

El libro "Principios Básicos de Bioquímica para Agroecología" es una obra que busca proporcionar a los estudiantes de esta disciplina una base sólida en los fundamentos de la bioquímica, escrita por un equipo de docentes investigadores, se presenta como un recurso didáctico para aquellos estudiantes que buscan comprender la relación entre la química, la bioquímica y la agricultura, iniciando con la definición conceptual de bioquímica. A medida que avanza el texto, se profundiza en los conceptos de estructuras de la célula vegetal, sus características y funciones, así como también se describen las proteínas, lípidos, carbohidratos y ácidos nucleicos. Además, aborda temas importantes para la agroecología, como la fotosíntesis y la función de los nutrientes en las plantas. El enfoque en estos temas permite a los estudiantes de agroecología entender cómo los principios de la bioquímica son relevantes para el estudio de la agricultura y la producción de alimentos. Así también incluye una variedad de recursos de apoyo para el aprendizaje, como cuadros, tablas, diagramas y ejemplos. Estos recursos ayudan a los estudiantes a visualizar y comprender los conceptos difíciles de la bioquímica, y a aplicarlos a situaciones del mundo real. Una de las características más destacadas de este documento es su lenguaje accesible y fácil de entender. Los autores han evitado el uso excesivo de terminología técnica y han explicado los conceptos de manera clara y concisa. Esto hace que sea adecuado para estudiantes de diversos niveles y antecedentes académicos. En conclusión, es material bibliográfico valioso y esencial para cualquier estudiante que desee comprender los principios básicos de la bioquímica y su aplicación en el campo de la agroecología. Con una escritura clara, recursos de apoyo útiles y un enfoque en temas relevantes para la agricultura, representa una excelente herramienta para el aprendizaje y la comprensión de la bioquímica y su relación con la producción de alimentos.

**Editorial Grupo AEA**

[www.grupo-aea.com](http://www.grupo-aea.com)

[www.editorialgrupo-aea.com](http://www.editorialgrupo-aea.com)



Grupo de Asesoría Empresarial & Académica



[Grupoaea.ecuador](https://www.instagram.com/grupoaea)



Editorial Grupo AEA

ISBN: 978-9942-7119-0-8



9 789942 711908