

Luis Guillermo Chaverri Sánchez

# BIOLOGÍA I

Código 3111

Guía de estudio



**UNED**

UNIVERSIDAD ESTATAL A DISTANCIA

Institución Benemérita de la Educación y la Cultura

2011



Universidad Estatal a Distancia  
Vicerrectoría de Educación  
Escuela de Ciencias Exactas y Naturales

Esta guía de estudio ha sido confeccionada en la UNED para ser utilizada en la asignatura Biología I, código 3111, que se imparte en el programa de Enseñanza de las Ciencias Naturales y utiliza el libro *Biología: la célula. Funcionamiento y herencia*, de T. Audesirk, G. Audesirk y B.E. Byers. Pearson Educación. 2011



### Créditos

**Edición académica:**  
Evelin Umaña Ramírez

**Revisión filológica:**  
Vanessa Villalobos Rodríguez

**Encargada de cátedra:**  
Carolina Godoy Cabrera





## **PRESENTACIÓN**

El curso Biología I pretende que el estudiante comprenda la aplicación del método científico; adquiera conocimientos básicos sobre la composición y organización de los seres vivos, cómo se libera la energía y los mecanismos para aprovecharla; determine los principios básicos de la herencia y cómo estos mecanismos son la base de los procesos evolutivos; finalmente, entienda la importancia y aplicación de la biotecnología en la sociedad.

Esta guía de estudio, es orientará al estudiante en la comprensión y el análisis de los principales temas del curso. Se recomienda, primero, efectuar el estudio a conciencia de los capítulos del libro y, luego, corroborar el autoaprendizaje con los ejercicios de la guía de estudio, además, de los materiales de apoyo que se ofrecen en el sitio web del libro y la plataforma virtual de la asignatura.

Se incluye un resumen de las principales ideas del capítulo en estudio y una serie de actividades en forma de preguntas o realización de cuadros comparativos. También, se adjuntan al final de la guía, las respuestas a los ejercicios, las cuales servirán como pruebas de autoevaluación.

Esta guía no abarca todos los contenidos del libro, algunos temas de los 13 capítulos pueden ser motivo de evaluación, sin que, necesariamente, estén contemplados en la guía. De esta manera, se recomienda utilizar las demás herramientas de apoyo al estudiante que ofrece la cátedra, como las tutorías, PADD, los laboratorios virtuales, las videoconferencias y los audiovisuales, sobre los que encontrará más detalles en la guía de orientaciones del curso.

En relación con el libro, es recomendable el trabajo de los estudios de caso presentados, así como la realización de los ejercicios en los apartados de razonamiento y aplicación de conceptos.



## CONTENIDOS

	Página
<i>Presentación</i> .....	2
<i>Objetivo general</i> .....	5
<i>Objetivos específicos</i> .....	5
<b>Capítulo 1.</b> Introducción a la vida en la tierra.....	6
Guía de lectura.....	7
Ejercicios de autoevaluación .....	8
<b>Capítulo 2.</b> Átomos, moléculas y vida.....	9
Guía de lectura.....	10
Ejercicios de autoevaluación .....	11
<b>Capítulo 3.</b> Moléculas biológicas.....	12
Guía de lectura.....	13
Ejercicios de autoevaluación .....	14
<b>Capítulo 4.</b> Estructura y función de la célula.....	15
Guía de lectura.....	16
Ejercicios de autoevaluación .....	17
<b>Capítulo 5.</b> Estructura y función de la membrana celular.....	18
Guía de lectura.....	19
Ejercicios de autoevaluación .....	20



<b>Capítulo 6.</b> Flujo de energía en la vida de una célula.....	21
Guía de lectura.....	22
Ejercicios de autoevaluación .....	23
<b>Capítulo 7.</b> Captación de la energía solar: fotosíntesis .....	24
Guía de lectura.....	25
Ejercicios de autoevaluación .....	26
<b>Capítulo 8.</b> Obtención de energía: glucólisis y respiración celular .....	27
Guía de lectura.....	28
Ejercicios de autoevaluación .....	29
<b>Capítulo 9.</b> ADN: la molécula de la herencia.....	30
Guía de lectura.....	31
Ejercicios de autoevaluación .....	32
<b>Capítulo 10.</b> Expresión y regulación de los genes.....	33
Guía de lectura.....	34
Ejercicios de autoevaluación .....	35
<b>Capítulo 11.</b> La continuidad de la vida: reproducción celular e individual.....	36
Guía de lectura.....	37
Ejercicios de autoevaluación .....	38
<b>Capítulo 12.</b> Patrones de herencia.....	39
Guía de lectura.....	40
Ejercicios de autoevaluación .....	42
<b>Capítulo 13.</b> Biotecnología .....	43
Guía de lectura.....	44
Ejercicios de autoevaluación .....	45
Respuestas a los ejercicios de autoevaluación.....	46



## **OBJETIVO GENERAL\***

Brindar los conocimientos básicos para la comprensión de la composición y organización de los seres vivos, los diversos procesos que los caracterizan y el impacto de las actividades humanas sobre los mismos.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS\***

- Adquirir los conocimientos básicos que orientan la investigación científica en el campo de la biología.
- Analizar las características, la composición química, los niveles de organización, la dependencia y las relaciones de los seres vivos.
- Analizar la estructura y la función de la célula.
- Analizar la organización de los seres vivos y el impacto de los cambios del entorno sobre ellos.
- Analizar los principios básicos y mecanismos de la herencia, el aporte de la ciencia y la tecnología a su desarrollo y el impacto de las actividades humanas en estos mecanismos.

*\*Nota: los objetivos aquí citados corresponden a los planteados en el diseño curricular de esta asignatura.*



# INTRODUCCIÓN A LA VIDA EN LA TIERRA

---



# 1



## SUMARIO

- La biología como ciencia
  - El método científico
- La diversidad de los seres vivos
  - Ejercicios de autoevaluación

### Objetivos

- Determinar los niveles de organización de los seres vivos y sus características.
- Explicar los pasos que orientan la investigación científica.
- Clasificar la diversidad de seres vivos.



## GUÍA DE LECTURA

El fenómeno de la vida es posible gracias a la organización de elementos simples para formar otros más elaborados, los cuales se arreglan en niveles de mayor complejidad; por ejemplo, átomos y moléculas constituyen la unidad fundamental de la vida: la célula. En consecuencia, los diferentes grados de organización celular permiten la gran diversidad y abundancia de formas de vida en el planeta.

Los niveles de organización en la naturaleza crean fenómenos que el ser humano trata de entender para satisfacer su curiosidad intelectual, comprender su papel en la trama de la vida y entender cómo dichos fenómenos afectan su supervivencia. Ese conocimiento se genera a través de observaciones sistemáticas, preguntas de investigación, hipótesis, predicciones, experimentos y conclusiones; todo lo que constituye el método científico.

Por medio de la aplicación del método científico, se ha demostrado que los niveles de organización de la vida han sufrido variaciones a lo largo de millones de años y, por tanto, los organismos modernos son descendientes de formas de vida preexistentes, a través del proceso llamado evolución. De hecho, los seres vivos han evolucionado gracias a la variación genética entre los miembros de una población; han heredado modificaciones a la descendencia y a la selección natural que favorecen a organismos con cambios favorables para enfrentar su ambiente.

La organización celular y la evolución han llevado a la existencia de una indeterminada, pero enorme cantidad de formas de vida en el planeta; aunque diferentes entre sí, comparten características en común: todas están formadas por células, responden a estímulos del ambiente, presentan mecanismos de ajustes a su ambiente interno y externo (homeostasis), obtienen materiales y energía, los utilizan, crecen, se reproducen y evolucionan.

El ser humano ha tratado de clasificar las formas de vida en categorías para su mejor entendimiento, llamadas dominios: Bacteria, Archaea y Eukarya. Están basadas en el tipo y número de células que constituyen al organismo, además de la forma de obtener la energía. Cada dominio presenta una clasificación jerárquica: filum, clase, orden, familia, género y especie, la cual refleja las relaciones evolutivas entre los organismos.

A nivel de especie, los científicos han establecido el sistema binomial, compuesto por el género y la especie, el cual permite establecer la identidad taxonómica para cada organismo en el planeta.

La clasificación jerárquica de los organismos nos permite visualizar la rica biodiversidad del planeta y valorar los procesos biológicos que la han originado.





## EJERCICIOS DE AUTOEVALUACIÓN

- Los seres vivos presentan niveles de organización que permiten la gran complejidad de formas de vida en el planeta. Ordene los siguientes elementos de menor a mayor nivel de organización y defina los términos señalados con asteriscos.
  - ✓ Célula\*
  - ✓ Elemento
  - ✓ Órgano\*
  - ✓ Ecosistema\*
  - ✓ Biosfera\*
  - ✓ Organela o estructura celular
  - ✓ Población\*
  - ✓ Comunidad\*
  - ✓ Especie\*
  - ✓ Partícula subatómica
  - ✓ Tejido\*
  - ✓ Organismo
  - ✓ Compuesto orgánico
- Explique qué es el método científico y los principios en que se basa. Mencione y defina cada uno de los pasos que se deben seguir.
- Explique la diferencia entre teoría e hipótesis.
- ¿Son las conclusiones científicas hechos consumados o afirmaciones tentativas? Justifique.
- El pensamiento deductivo y el inductivo se emplean en el método científico para tratar de explicar los fenómenos naturales. Explique en qué consisten dichas modalidades de pensamiento.
- ¿Por qué los asuntos de fe están más allá del alcance de la ciencia?
- Los seres vivos presentan seis características generales que los definen como tales; refiérase a esas características.
- ¿Cuál es la relación entre evolución y selección natural?
- Respecto a la clasificación de los seres vivos, explique qué son los dominios. Desarrolle una tabla comparativa para clasificar los grupos biológicos y anote la forma característica de obtener alimento.
- Tomando como ejemplo alguna especie vegetal o animal, explique la clasificación taxonómica jerárquica en que se ordenan los organismos del dominio Eukarya.
- ¿En qué consiste el sistema binomial para nombrar a los organismos? ¿Cuál es su importancia?



# ÁTOMOS, MOLÉCULAS Y VIDA

---

# 2

## SUMARIO

- Los átomos: interacción para formar moléculas
  - Importancia del agua en la vida
  - Ejercicios de autoevaluación



### Objetivos

- Identificar la estructura del átomo y sus interacciones para formar moléculas.
- Explicar la importancia y propiedades del agua para permitir la vida.



## GUÍA DE LECTURA

Los átomos son las unidades estructurales fundamentales de la materia. Se componen de un núcleo positivo conformado, principalmente, por dos tipos de partículas llamadas protones y neutrones, rodeado por los electrones, de carga negativa, y con diferentes niveles de energía.

Las interacciones de los electrones, sobre todo los externos, entre átomos, permiten la formación de los elementos, cuyas propiedades químicas dependerán del tipo de átomos que lo constituyan.

La unión de átomos de varios elementos forma una molécula, muchas de ellas se agrupan para formar compuestos, donde los átomos se mantienen juntos entre sí, a través de enlaces químicos.

El agua es la molécula esencial para permitir la vida. Es el medio en que ocurren las reacciones celulares y es un disolvente universal. Sus moléculas presentan cohesión, lo que les permite mantenerse unidas entre sí. También, se caracterizan por la adhesión, de manera que se pueden fijar a superficies polares.

En soluciones acuosas, las concentraciones de  $H^+$  y  $OH^-$  determinan su pH. Una mayor concentración de iones  $H^+$  producirá una solución ácida; por el contrario, si esa proporción corresponde a  $OH^-$ , dará origen a una solución básica. El equilibrio del pH en los seres vivos es necesario para mantener la estructura y el adecuado funcionamiento de las moléculas biológicas.

El agua tiene tres propiedades fundamentales que moderan los efectos del cambio de temperatura en los organismos, tales propiedades son altos valores de calor específico, de vaporización y de fusión.



## EJERCICIOS DE AUTOEVALUACIÓN

1. Describa la estructura del átomo y explique el mecanismo de liberación de energía.
2. Defina qué es una molécula y explique cómo interactúan los átomos para formarla.
3. Con respecto a los enlaces covalentes, explique a qué se refiere un enlace polar y uno no polar.
4. Explique los tres tipos de enlaces que se pueden dar entre los átomos y su importancia para construir moléculas complejas.
5. Explique qué son radicales libres, su relación con males como las enfermedades del corazón, alzheimer y envejecimiento. Defina antioxidantes y su relación con los radicales libres.
6. Explique las principales características del agua.
7. Describa las tres propiedades del agua que confieren un efecto moderador en los cambios de temperatura.
8. ¿Por qué el hielo flota? ¿Cuáles serían las consecuencias sobre la biodiversidad en las zonas polares si el hielo no flotara?
9. La sudoración es un mecanismo de enfriamiento en los mamíferos. Tomando en cuenta las propiedades del agua, explique. ¿Por qué este mecanismo de enfriamiento es tan eficiente y permite que los organismos no se deshidraten en el proceso?



# MOLÉCULAS BIOLÓGICAS

---

## 3

### SUMARIO

- Importancia del carbono
  - Carbohidratos
    - Lípidos
    - Proteínas
  - Ácidos nucleicos
- Ejercicios de autoevaluación

### Objetivos

- Reconocer la importancia del átomo de carbono para formar moléculas orgánicas.
- Identificar las características de las moléculas biológicas y su importancia para los seres vivos.



## GUÍA DE LECTURA

El átomo de carbono es fundamental para la vida, debido a su facilidad para formar parte de una gran variedad de moléculas biológicas. Además, su capacidad de unirse a grupos funcionales determina las características y reactividad química de las moléculas.

Las moléculas orgánicas complejas se denominan monómeros (moléculas pequeñas) o polímeros (combinación de subunidades de monómeros). En dicho proceso, es fundamental la molécula de agua al permitir que las subunidades se enlacen entre sí, mediante la reacción llamada síntesis por deshidratación.

Las moléculas biológicas son los carbohidratos, lípidos, proteínas y ácidos nucleicos. Los carbohidratos se forman de carbono, hidrógeno y oxígeno; son importantes como material estructural en plantas, también como fuente y almacenamiento de energía. Se conocen como azúcares y se nombran, según la cantidad de grupos que conformen la molécula; de esta manera, los monosacáridos contienen un solo azúcar, los disacáridos dos y la unión de muchos azúcares, se denominan polisacáridos.

Los lípidos están conformados por carbono e hidrógeno, son no polares e insolubles en agua. Su importancia se basa en el almacenamiento de energía e impermeabilización de hojas. Forman parte de las membranas celulares y son precursores de esteroides. Incluyen aceites, grasas, ceras, fosfolípidos y esteroides.

Las proteínas se componen de carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno y azufre. Sus funciones incluyen acciones enzimáticas y anticuerpos. Constituyen la materia prima para formar músculo, plumas, telarañas y huesos, entre otros; son fuente nutritiva para animales. Sus unidades fundamentales son los aminoácidos; el orden en que se ensamblen determina las propiedades y función de la proteína producida. Pueden tener cuatro tipos de estructuras, lo cual también determina su función.

Los ácidos nucleicos están constituidos de carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno y fósforo. Contienen el material genético de las células, son mensajeros intracelulares y portan energía a corto plazo (ATP). Son los componentes del ADN y del ARN.



## EJERCICIOS DE AUTOEVALUACIÓN

1. Un ser orgánico se define como aquél cuyas moléculas tienen una estructura de carbono. ¿Cuáles son las características de este elemento que lo hacen tan esencial para la formación de moléculas biológicas en los seres vivos?
2. Explique el mecanismo por el cual se forman y desintegran las moléculas biológicas.
3. Las moléculas biológicas se clasifican en cuatro categorías: carbohidratos, lípidos, proteínas y ácidos nucleicos. Elabore un cuadro en el que compare, cada una de esas moléculas en cuanto a su estructura, composición y función.
4. Defina el concepto de polisacárido. Mencione cuatro ejemplos y su importancia para organismos superiores.
5. Las paredes celulares de las plantas están constituidas por unidades de glucosa, llamadas celulosa. ¿Por qué los animales no son capaces de digerirlas y obtener su energía?
6. Los lípidos se clasifican en tres categorías: **a)** aceites, grasas y ceras. **b)** fosfolípidos y **c)** esteroides. Explique sus diferencias, estructura y función elaborando un cuadro comparativo.
7. ¿Por qué los animales tienden a almacenar energía en forma de grasas y aceites en lugar de carbohidratos o proteínas?
8. Las unidades estructurales de las proteínas son los aminoácidos. Represente su estructura y explique las diferencias entre los distintos tipos.
9. Explique, qué determina la función de una proteína y represente mediante un esquema cómo se forma.
10. Mencione los cuatro tipos de estructuras que pueden tener las proteínas y su importancia.
11. ¿Qué son los nucleótidos y cuál es su importancia?



# ESTRUCTURA Y FUNCIÓN DE LA CÉLULA

---

## 4

### SUMARIO

- Características de las células procariotas
- Características de las células eucariotas
  - Ejercicios de autoevaluación



### Objetivos

- Diferenciar la estructura y funciones de la célula, así como sus componentes estructurales.
- Establecer las diferencias entre células eucarióticas y procarióticas.
- Identificar los mecanismos celulares de fabricación, exportación de sustancias, y captura-procesamiento de partículas alimenticias.





## GUÍA DE LECTURA

La célula es la unidad funcional de los seres vivos. Una célula forma un organismo vivo; toda célula se origina a partir de otra. Esto es lo que se conoce como teoría celular.

La mayoría de las células son de tamaño microscópico para favorecer el intercambio de sustancias entre el interior y el exterior celular. Se componen de una membrana plasmática, un núcleo y citoplasma, el cual contiene una porción fluida (citosol) más una serie de estructuras celulares. En el núcleo se encuentra contenido el material genético (ADN).

Las estructuras celulares se especializan en una amplia gama de funciones que incluyen, producción y almacenamiento de energía, síntesis de proteínas y de desechos, además de varias funciones estructurales, entre otras.

Los seres vivos pueden tener dos tipos de células: procarióticas o eucarióticas. Las primeras carecen de núcleo y de estructuras celulares, contienen el ADN disperso en el citoplasma. Las bacterias y arqueas son un ejemplo de este tipo de células.

Las eucarióticas presentan estructuras celulares y un núcleo con ADN; todos sus componentes están rodeados por membranas. Las células de hongos y plantas mantienen su forma y diseño gracias a la pared celular (de diferente composición química), y al igual que las animales y protoctistas, al citoesqueleto. Algunos procariotas presentan movimiento o desplazan líquidos por acción de cilios y flagelos.

Las estructuras celulares trabajan en forma coordinada, para la fabricación y exportación de sustancias, así como para la captura y procesamiento de partículas alimenticias, en lo que se denomina un sistema integrado de membranas.



## EJERCICIOS DE AUTOEVALUACIÓN

1. Mencione los tres enunciados de la teoría celular.
2. Las células son sumamente pequeñas, miden entre 1 y 100 micras de diámetro, una micra corresponde a una millonésima de metro. ¿Por qué las células son tan pequeñas?
3. Complete el siguiente cuadro comparativo.

<b>Característica</b>	<b>Procariota</b>	<b>Eucariota</b>
Presencia de núcleo		
Presencia de estructuras celulares		
Tamaño		
Ubicación del material genético		
Forma de los cromosomas		
Presencia de pared celular		
Ejemplos de organismos		

4. ¿En cuáles organismos eucarióticos se presenta la pared celular? ¿Cuál es su función?
5. Prepare un cuadro en el que indique las principales funciones de las estructuras celulares eucarióticas.
6. Explique cómo la célula transporta una proteína, desde su sitio de síntesis, hasta el medio extracelular.
7. Explique cómo ocurre el proceso de digestión celular



# 5

## ESTRUCTURA Y FUNCIÓN DE LA MEMBRANA CELULAR

---

### SUMARIO

- Estructura y función
- Transporte de sustancias
- Especializaciones de la superficie celular
- Ejercicios de autoevaluación



### Objetivos

- Identificar la estructura y función de la membrana celular.
- Describir los mecanismos de transporte de sustancias a través de la membrana celular.
- Reconocer los mecanismos de comunicación intercelular.



## GUÍA DE LECTURA

La membrana celular es fundamental para aislar el contenido de la célula, permite el intercambio de sustancias entre el medio intra y extracelular, además de la comunicación entre las células; también regula las reacciones bioquímicas.

La amplia gama de funciones de la membrana celular se debe a su estructura, compuesta de una doble capa de fosfolípidos, colesterol y diferentes tipos de proteínas que están insertadas en esa bicapa fosfolipídica, la cual funciona como aislante. Por un lado, las moléculas de colesterol confieren a la membrana mayor resistencia y flexibilidad. Por otro lado, las proteínas regulan el intercambio de sustancias, la comunicación con el ambiente y el control de reacciones bioquímicas; constan de regiones o cabezas hidrofílicas, orientadas hacia el medio extracelular e intracelular y porciones hidrofóbicas, dirigidas hacia el interior de la bicapa.

Las proteínas pueden ser de cinco tipos: receptoras, de reconocimiento, enzimáticas, de unión y de transporte. Sus funciones incluyen unirse a moléculas específicas del medio extracelular, lo que promueve reacciones químicas intracelulares; reconocen células o cuerpos extraños, promueven síntesis de moléculas biológicas; contribuyen a mantener la integridad estructural de la célula y regulan el movimiento de moléculas hidrofílicas a través de la membrana plasmática.

El traslado de sustancias a través de la membrana, ocurre por transporte pasivo o activo y admite la circulación de ciertas moléculas; esto impide el paso de otras moléculas, en un mecanismo llamado permeabilidad selectiva.

La difusión facilitada se lleva a cabo gracias a proteínas de transporte, conocidas como de canal y portadoras, las cuales se encargan del desplazamiento de moléculas hacia el interior o exterior de la célula.

Algunas partículas o sustancias grandes no son fáciles de absorber o eliminar a través de la bicapa de fosfolípidos, esas sustancias son incorporadas por las células a través del proceso llamado endocitosis y son eliminadas a través de la exocitosis.

Las células no se desempeñan como entes aislados; ellas establecen conexiones entre sí, a través de desmosomas, uniones estrechas, en hendidura o abiertas y plasmodesmos.



## EJERCICIOS DE AUTOEVALUACIÓN

1. Caracterice la membrana plasmática y mencione sus principales funciones.
2. Explique cuál es la estructura de la membrana según el modelo del mosaico fluido.
3. ¿Cómo actúan los venenos de serpientes y arañas en la estructura de las membranas?
4. ¿Qué pasaría si la bicapa de fosfolípidos no fuera flexible y fluida?
5. Mencione las categorías en que se clasifican las proteínas. Anote también, sus principales características.
6. Explique la diferencia entre transporte activo y transporte pasivo.
7. Explique las tres modalidades de transporte pasivo.
8. ¿Cómo funciona el transporte activo a nivel de la membrana celular?
9. La membrana plasmática tiene la capacidad de absorber partículas o fluidos; forma una bolsa membranosa llamada vesícula, la cual es transferida al citosol. Dicho proceso se conoce como endocitosis y presenta tres modalidades. Explique cada una de ellas.
10. Explique el mecanismo que emplean las células para deshacerse de materiales indeseables, productos de desecho o secreción de sustancias como las hormonas.
11. Explique los mecanismos que emplean las células para conectarse y comunicarse entre sí.



# FLUJO DE ENERGÍA EN LA VIDA DE UNA CÉLULA

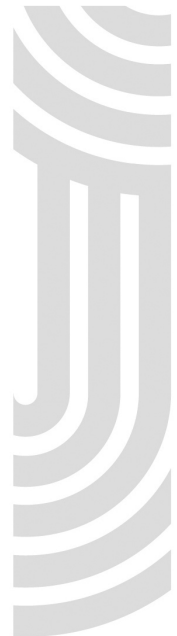
---



## 6

### SUMARIO

- Transformación de energía
- Transporte de energía y reacciones químicas
  - Leyes de la termodinámica
  - Metabolismo
- Ejercicios de autoevaluación



### Objetivos

- Explicar las transformaciones energéticas en los seres vivos.
- Identificar el proceso de control de las reacciones metabólicas en las células.



## GUÍA DE LECTURA

Todos los seres vivos requieren energía para llevar a cabo un trabajo. Sus propiedades y comportamiento se explican según las dos leyes de la Termodinámica.

Los seres vivos emplean la energía solar para sintetizar moléculas complejas y mantener ordenadas sus estructuras; con lo que, se vence la tendencia a la entropía o desorden.

La energía la emplean los seres vivos para llevar a cabo reacciones endergónicas y exergónicas, cuyo fin es formar moléculas o productos de alta energía, a través de las vías metabólicas.

La energía liberada de una reacción metabólica se almacena a largo plazo en forma de carbohidratos (plantas) o glucógeno y grasas (animales), luego se transfiere de una célula a otra, a través de moléculas portadoras de energía (ATP). En las células, la energía se transporta, también, en forma de electrones por medio de moléculas portadoras de éstos, como lo son el  $\text{NAD}^+$  y el FAD.

Las reacciones metabólicas requieren energía de activación para poder iniciar diferentes procesos químicos. En las células, ese aporte de energía lo realizan catalizadores biológicos llamados enzimas, las cuales, no se consumen durante las reacciones en las que participan y sobre las que son específicas.

Las células controlan las reacciones metabólicas, de modo que estas ocurren en el momento y con las rapidez adecuadas. Para ello, regulan la actividad enzimática y alteran la velocidad de su síntesis. Las enzimas se activan previamente, mediante mecanismos de inhibición por retroalimentación, inhibición competitiva y regulación alostérica.

La actividad enzimática se puede ver afectada por factores como el pH, concentración de sales y temperatura.



## EJERCICIOS DE AUTOEVALUACIÓN

1. Enuncie las leyes de la Termodinámica y para cada una proporcione un ejemplo en relación con algún evento biológico.
2. La II ley de la Termodinámica plantea que en la célula se va a dar una pérdida constante de energía útil, además, se va a tender a la aleatoriedad y desorden. Explique, cómo, a pesar de esa ley, es posible que los seres vivos mantengan el orden de sus estructuras.
3. En los seres vivos, las transformaciones metabólicas pueden ser de dos tipos: reacciones exergónicas y endergónicas. Explique cada una de ellas, dé un ejemplo de ambas reacciones y explique si éstas pueden ocurrir en forma independiente o no.
4. ¿Qué es el ATP y cuál es su papel en la transferencia de energía en las células? ¿Cuáles son otras moléculas portadoras de energía en los seres vivos?
5. ¿En qué consiste la energía de activación en una vía metabólica? Explique también la función y características de los catalizadores biológicos.
6. Explique el mecanismo por el cual una enzima cataliza una reacción.
7. Las enzimas, en sus funciones catalizadoras, deben ser reguladas de modo que las reacciones metabólicas se lleven a cabo en forma ordenada, en el momento, tiempo y rapidez adecuados. Explique cuáles son los mecanismos de esa regulación.
8. Mencione algunos factores que afectan la acción enzimática y explique su mecanismo de acción.





# CAPTACIÓN DE LA ENERGÍA SOLAR: FOTOSÍNTESIS

---

## 7

### SUMARIO

- Fotosíntesis
  - Reacciones dependientes de luz
  - Reacciones independientes de luz
    - Agua,  $\text{CO}_2$  y la vía  $\text{C}_4$
  - Ejercicios de autoevaluación

### Objetivos

- Identificar la importancia y secuencia general de eventos de la fotosíntesis.
- Identificar la secuencia general de eventos para la síntesis de la glucosa.
- Reconocer las características de los ciclos  $\text{C}_3$  y  $\text{C}_4$  y su relación con la fotorrespiración.



## GUÍA DE LECTURA

Las plantas, como organismos autótrofos, emplean la energía solar, dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) y agua para formar moléculas de glucosa, en cuyos enlaces químicos queda almacenada la energía para su uso posterior, a través del proceso de respiración celular.

Para llevar a cabo la fotosíntesis, las plantas han modificado la forma y estructura de las hojas con el objetivo de captar, en forma más eficiente, la luz solar y el  $\text{CO}_2$ . Asimismo, las plantas han desarrollado cloroplastos que contienen tilacoides y estroma, de manera que puedan realizar la fotosíntesis, la cual consiste en dos tipos de reacciones interconectadas: reacciones dependientes de la luz e independientes de ella.

Las reacciones dependientes de la luz ocurren en los tilacoides y consisten en dos tipos de fotosistemas llamados I y II. En este último, la energía solar estimula electrones en la clorofila *a*, los cuales son liberados y pasan a una cadena transportadora de electrones. A su paso, se va liberando energía, la cual crea un gradiente de concentración de iones  $\text{H}^+$ , a través de la membrana tilacoidea, y que impulsa, a su vez, la síntesis de ATP.

En el fotosistema I, la energía solar también estimula electrones en la clorofila, los cuales pasan a una cadena transportadora, donde, finalmente, son captados por una molécula de  $\text{NADP}^+$  que se transformará en la portadora de energía NADPH. Las reacciones independientes de la luz ocurren en el estroma y, en ellas, se usa el ATP y el NADPH sintetizados en las reacciones dependientes de la luz para sintetizar glucosa.

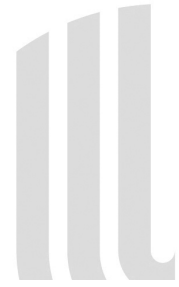
La síntesis de glucosa se lleva a cabo a través del proceso llamado ciclo de Calvin-Benson o ciclo  $\text{C}_3$ . Para formar una molécula de glucosa, seis moléculas de bifosfato de ribulosa (RuBP) captan seis moléculas de  $\text{CO}_2$ ; se forman dos moléculas de tres carbonos de ácido fosfoglicérico (PGA) y se utiliza energía proveniente del ATP y del NADPH. El PGA se convierte en gliceraldehído-3-fosfato (G3P), el cual se usa para sintetizar la glucosa.

En regiones cálidas y secas tiende a ocurrir la fotorrespiración, en la que el RuBP se combina con el  $\text{O}_2$ , en lugar de hacerlo con el  $\text{CO}_2$ . Reduce la capacidad de la planta para fijar carbono y no se produce energía celular útil. Para reducir la fotorrespiración, las plantas recurren al ciclo  $\text{C}_4$ ; en este proceso, el  $\text{CO}_2$  se combina con el ácido fosfoenol-piruvico (PEP) y se forma una molécula de cuatro carbonos que liberará suficiente  $\text{CO}_2$  para llevar a cabo la fotosíntesis.



## EJERCICIOS DE AUTOEVALUACIÓN

1. Defina el proceso de fotosíntesis que llevan a cabo las plantas y represente la reacción química de este proceso.
2. Explique la importancia de la fotosíntesis para la aparición de los primeros organismos heterótrofos en el planeta, así como su actual importancia.
3. Mencione algunas características adaptativas de las plantas para llevar a cabo la fotosíntesis.
4. Describa la estructura del cloroplasto.
5. La fotosíntesis consta de reacciones dependientes e independientes de la luz. Explique en qué partes del cloroplasto ocurren dichos procesos y en qué consisten.
6. Explique los dos tipos de fotosistemas y la forma en que interactúan.
7. ¿En qué consiste el ciclo de Calvin-Benson o ciclo  $C_3$ ?
8. ¿En qué consiste la fotorrespiración y cómo la evitan las plantas?
9. ¿Cuáles son las ventajas y desventajas del ciclo  $C_3$  respecto al  $C_4$ ?



# OBTENCIÓN DE ENERGÍA: GLUCÓLISIS Y RESPIRACIÓN CELULAR

---

## 8

### SUMARIO

- Glucólisis
- Respiración celular
- Ejercicios de autoevaluación



### Objetivo

- Explicar la secuencia de eventos generales de la glucólisis y la respiración celular.



## GUÍA DE LECTURA

La energía almacenada en forma de glucosa debe ser liberada para realizar reacciones metabólicas indispensables. La descomposición de la glucosa ocurre a través del proceso de glucólisis. Una vez descompuesta la glucosa, la energía liberada se almacena en moléculas de ATP, por medio de la respiración celular.

La glucólisis ocurre en el citosol y se realiza en dos etapas: activación de la glucosa y obtención de energía. La primera consiste en la utilización de una molécula de glucosa, con inversión de dos ATP, para formar una molécula de bifosfato de fructosa. En la etapa de obtención de energía, este producto se convierte en dos moléculas de G3P, las cuales originarán una molécula de piruvato, cuatro unidades de ATP y dos de NADH.

En ausencia de  $O_2$ , el piruvato formado entra en proceso de fermentación, que producirá ácido láctico o etanol y  $CO_2$ , pero ningún ATP. En esta parte, se regenera el  $NAD^+$  necesario en la glucólisis para formar el NADH.

Por el contrario, en presencia de oxígeno, el piruvato toma la vía de la respiración celular, que ocurre en las mitocondrias y en condiciones aeróbicas. Este proceso consta de dos etapas: formación de acetil CoA y ciclo de Krebs.

Para la formación del acetil CoA, el piruvato formado en la glucólisis se transforma en un grupo acetilo al que se le une la coenzima A y se forma acetil CoA, NADH y  $CO_2$ .

En el ciclo de Krebs, el acetil CoA se une a un oxalacetato que se convertirán a citrato y coenzima A; por acción de enzimas, se regenera el oxalacetato y se forman  $CO_2$ , ATP, NADH y  $FADH_2$ .

Los NADH y los  $FADH_2$  son portadores de electrones de alta energía y los van a depositar en la cadena transportadora de electrones de la membrana mitocondrial interna. Ese transporte hace que se libere energía en la membrana y se crea creándose un gradiente de iones hidrógeno que permite, a la vez, captar energía en los enlaces de moléculas de ATP; se llega, así, a sintetizar de 32 a 34 moléculas de ATP.



## EJERCICIOS DE AUTOEVALUACIÓN

1. De acuerdo con el proceso de fotosíntesis y respiración aeróbica de las plantas, describa, cómo las células obtienen la energía y cómo la almacenan.
2. Describa el proceso de glucólisis.
3. ¿Cuál es la relación entre el proceso de fermentación y glucólisis?
4. ¿Por qué es importante la glucólisis para los animales, si, aparentemente, es un proceso ineficiente que solo produce dos ATP a partir de una molécula de glucosa?
5. Explique la secuencia de eventos que ocurren en la respiración celular.
6. Explique cómo en la respiración aeróbica ocurre la descomposición de la glucosa y prepare un cuadro comparativo entre la glucólisis y la respiración celular.



# ADN: LA MOLÉCULA DE LA HERENCIA

---

## 9

### SUMARIO

- Bases moleculares de la herencia
  - Replicación del ADN
- Ejercicios de autoevaluación



### Objetivo

- Describir la estructura del ADN y su proceso de duplicación.
- Relacionar la estructura del ADN con el surgimiento de mutaciones.



## GUÍA DE LECTURA

La información genética en las células es la que determina las características de los seres vivos y se encuentra en los genes, los cuales se componen de ADN.

El ADN está constituido por nucleótidos que se forman por la unión de un grupo fosfato, el azúcar desoxirribosa y una base nitrogenada, que puede ser adenina, guanina, timina o citosina. Estos nucleótidos se unen entre sí a través del grupo fosfato y del azúcar, construyen de esta manera, una estructura helicoidal o doble hélice. En conjunto, crean dos cadenas que se mantienen unidas entre sí a través de puentes de hidrógeno, entre una base nitrogenada de cada cadena (ver figura 9.5 del libro). Para la unión de esas cadenas, la adenina y la guanina de una cadena se unen, respectivamente, a la timina y guanina de la otra cadena.

Las diferentes posibilidades o secuencias en que se pueden unir los nucleótidos en la cadena de ADN es lo que posibilita que se pueda determinar la gran infinidad de características de los seres vivos.

Las células necesitan, constantemente, ser regeneradas, ya sea que se esté en la fase de crecimiento o en el período constante de reponer células deterioradas, o que hayan cumplido su vida útil. En esa regeneración celular, se debe también duplicar el ADN.

Para duplicar el ADN, la enzima ADN-helicasa separa la doble hélice. Enzimas ADN-polimerasas avanzan a lo largo de cada cadena separada (cadenas parentales) y van uniendo nucleótidos complementarios a los de la cadena parental, es decir, se va haciendo una copia de cada cadena. Esa copia se hace usando nucleótidos complementarios a los que presenta la cadena parental. La nueva estructura se denomina cadena hija.

Finalmente, cada cadena parental se une a una hija y se enrollan formándose dos moléculas de ADN. Cuando la célula se divide, estas moléculas se reparten por igual en cada célula hija.

Las mutaciones, son eventos raros, que se evitan por la especificidad en la formación de los puentes de hidrógeno entre los pares de bases complementarias y por acción de enzimas reparadoras. Factores ambientales como radiaciones y tabaquismo, pueden propiciar la aparición de mutaciones.





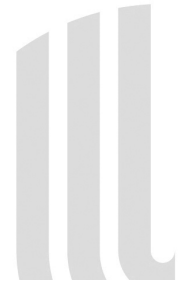
## EJERCICIOS DE AUTOEVALUACIÓN

1. Describa la estructura del ADN y presente un esquema general.
2. La doble cadena de nucleótidos del ADN tiene forma de doble hélice. ¿Cuál es la razón de tener esa forma y no una lineal?
3. Explique cómo es el mecanismo de duplicación del ADN y por qué se dice que es una duplicación semiconservativa.
4. Defina mutaciones. ¿Por qué son eventos comunes o raros? Mencione algunos mecanismos celulares para evitarlas.
5. Explique cuáles son los tipos de mutaciones que se pueden presentar.



# EXPRESIÓN Y REGULACIÓN DE LOS GENES

---



## 10

### SUMARIO

- Síntesis de proteínas
- Cromosomas
- Ejercicios de autoevaluación



### Objetivos

- Describir como se lleva a cabo la síntesis de proteínas.
- Identifica los tipos de mutaciones y su importancia en el proceso evolutivo.
- Explicar los mecanismos de regulación génica.



## GUÍA DE LECTURA

Las características genéticas de los organismos las determina el ADN, a través de la síntesis de proteínas, las cuales van a tener una función específica, como determinar el color del pelo, de los ojos, la estatura y entre otras.

El ADN no dirige, directamente, la síntesis de proteínas. La información para ese proceso es copiada en el núcleo, a través de un ARN mensajero, el cual viajará a los ribosomas del citoplasma, en donde la información se traduce en la síntesis de proteínas.

La copia de la información del ADN, en forma de un ARN y la síntesis de las proteínas, se logra mediante el código genético, el cual consiste en secuencias de bases nitrogenadas en forma de tripletas. Cada una de ellas se denomina codón que, a su vez, especifican o codifican la formación de un aminoácido.

La síntesis de una proteína consta de dos etapas: transcripción y traducción. La primera ocurre en el núcleo, en donde las bases nitrogenadas del ADN, en forma de codones, son copiadas en un ARN mensajero (ARNm); utiliza bases complementarias. La traducción ocurre en los ribosomas que están en el citoplasma, ahí, el ARNm se une a los ribosomas y las moléculas de ARN de transferencia (ARNt), que lleva a los ribosomas aminoácidos correspondientes a los diferentes codones del ARNm, en donde se van uniendo entre sí para constituir una proteína.

Cuando la secuencia de bases en el ADN se modifica, se produce una mutación. Las mutaciones se clasifican como inversiones, translocaciones, deleciones, inserciones y sustituciones; estas pueden ser neutras, perjudiciales o benéficas, en cuyo caso, constituyen la materia prima para la evolución.

Las células tienen mecanismos para regular o controlar a los genes, los cuales incluyen: controlar la frecuencia con la que un gen individual se transcribe, utilizar un mismo gen para producir diferentes ARNm y proteínas; también, controlar la estabilidad y traducción del ARNm, producir proteínas en forma inactiva y regular el tiempo de vida de las proteínas. Las células también regulan la transcripción de regiones de cromosomas o de cromosomas enteros.



## EJERCICIOS DE AUTOEVALUACIÓN

1. ¿Cuál es la relación entre el ADN y las proteínas para la determinación de las características genéticas de los organismos?
2. ¿En qué consiste el código genético y cuáles son sus características?
3. Explique en qué consiste el proceso de transcripción para la síntesis de proteínas.
4. Describa los cambios que sufre el pre-ARNm para convertirse en un ARNm maduro.
5. Elabore un cuadro comparativo de los tipos de ARN en una célula eucariótica en cuanto a sitio de síntesis, función y estructura.
6. Explique en qué consiste el proceso de traducción.
7. Los intrones no codifican para proteínas y en el pasado se les llamó “ADN basura”. Explique cuál puede ser su utilidad.
8. Explique los mecanismos por los cuales se lleva a cabo la regulación génica.



# LA CONTINUIDAD DE LA VIDA: REPRODUCCIÓN CELULAR E INDIVIDUAL

---

11

## SUMARIO

- Ciclo celular: mitosis y meiosis
- Reproducción sexual y asexual
  - Gametogénesis
  - Reproducción humana
- Ejercicios de autoevaluación



### Objetivos

- Distinguir los eventos que caracterizan a la mitosis y la meiosis como mecanismos de reproducción celular.
- Discutir la importancia de la reproducción sexual.



## GUÍA DE LECTURA

Los organismos procarióticos y eucarióticos presentan reproducción asexual. En los primeros, el proceso consiste en una duplicación del ADN, aumento del tamaño de la célula y división en dos células hijas de igual tamaño, proceso llamado fisión binaria.

En organismos eucarióticos, la reproducción asexual tiene una interfase que consiste en un aumento de tamaño de la célula y la duplicación del ADN, en donde, posteriormente, ocurrirán dos tipos de división celular: mitótica y meiótica.

La división celular mitótica consiste en que a partir de una célula madre se forman dos hijas, con igual contenido de ADN y de citoplasma; es un proceso que permite el crecimiento y remplazo de células somáticas dañadas o agotadas.

La división celular meiótica ocurre a los gametos en ovarios y testículos. En este proceso, una célula madre diploide, forma cuatro hijas o gametos haploides, es decir, con la mitad del material genético. Su finalidad es que al darse la reproducción sexual el gameto formado mantenga la dotación cromosómica propia de la especie. También es un proceso que permite la variabilidad genética.

El ADN contenido en el núcleo se organiza en cromosomas que, se condensan en estructuras cortas y delgadas durante el proceso de división celular, los cuales contienen los mismos genes, se encuentran en pares y se denominan homólogos. Las células con esta particularidad se denominan diploides y las que, solamente tienen un miembro de cada par de cromosomas, se les llama haploides.

La división celular mitótica consiste de cuatro fases: profase, metafase, anafase y telofase; en las cuales, el material genético, previamente duplicado, se distribuirá en forma equitativa en dos células hijas. Al final de la telofase, ocurre la citocinesis o división del citoplasma entre las dos células hijas.

La división celular mitótica se controla para asegurar que la duplicación y división del ADN se efectúe de forma correcta; tal control, se lleva a cabo en la interfase (paso de G1 a S y de G2 a mitosis) y en la mitosis (paso de metafase a anafase) y es ejercida por proteínas llamadas ciclinas y quinasas dependientes de ciclina, junto a factores de crecimiento.

La meiosis es fundamental para permitir la reproducción sexual, ya que mantiene constante el número de cromosomas de una generación a otra. La precede una interfase y consta de dos divisiones celulares (meiosis I y II); origina variabilidad genética al permitir el entrecruzamiento y la distribución aleatoria de los cromosomas de los progenitores.

La ventaja de la reproducción sexual sobre la asexual, es que permite la combinación o intercambio de genes de los progenitores en su descendencia y, como resultado, esa progenie

poseerá un material genético diferente al de los padres, lo cual puede significar mayores ventajas de supervivencia y reproducción.

## EJERCICIOS DE AUTOEVALUACIÓN

1. Describa los eventos que suceden en la interfase.
2. Explique en qué consiste la división celular.
3. Defina los siguientes términos: genes, cromosoma, locus, centrómero, cromátida hermana, cariotipo, cromosomas homólogos, autosomas, haploide y diploide.
4. Prepare un esquema con las principales características de las fases de la mitosis.
5. ¿En qué consiste la citocinesis y cómo ocurre en células animales y vegetales?
6. Prepare un esquema con las principales características de la meiosis I y II.
7. Explique cómo la meiosis propicia esa variabilidad genética.

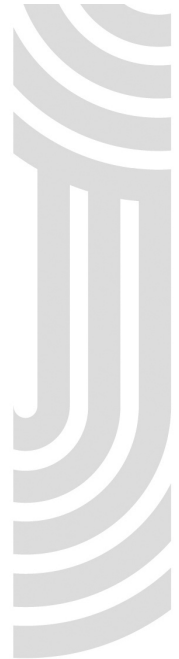


# PATRONES DE HERENCIA 12

---

## SUMARIO

- Mecanismos de la herencia
  - Herencia mendeliana
  - Herencia ligada al sexo
    - Alelos múltiples
    - Codominancia
  - Dominancia incompleta
- Mutaciones génicas cromosómicas
  - Ejercicios de autoevaluación



## Objetivos

- Explicar los principios y mecanismos de la herencia.
- Identificar cómo se determina el sexo en la especie humana.
- Relacionar la genética con algunas enfermedades humanas.





## GUÍA DE LECTURA

Las características de los individuos se transmiten a la descendencia a través de los genes, así se desarrolla la herencia. Los genes ocupan sitios en los cromosomas llamados locus. En el mismo locus, dos cromosomas homólogos pueden tener secuencias diferentes de nucleótidos; a esta particularidad se le denomina alelos.

Si en un organismo dos cromosomas homólogos tienen el mismo alelo, en el locus de un gen específico, el organismo será homocigótico, de lo contrario será heterocigótico.

Los rasgos o características de los individuos son determinados por los genes, los cuales poseen dos alelos, uno en cada cromosoma homólogo. Si los alelos son diferentes, uno de ellos puede ser dominante sobre el otro (recesivo).

En la formación de gametos, los cromosomas homólogos se separan en la meiosis y, así, el gameto recibe un solo alelo de cada par de cromosomas, lo que se denomina ley de segregación de Mendel.

La combinación de alelos que presenta un organismo se denomina genotipo y su aspecto externo o características observables o medibles constituyen su fenotipo.

La ley de distribución independiente, explica cómo se heredan los rasgos múltiples y, establece, que los alelos de un gen se puedan distribuir en los gametos de forma independiente respecto a los alelos de otros genes.

Los genes que están en un mismo cromosoma tienden a heredarse juntos, lo que se denomina ligamiento. Sin embargo, aunque algunos genes estén ligados en la profase I de la meiosis, el entrecruzamiento genera nuevas combinaciones de alelos.

Los cromosomas sexuales X y Y determinan el sexo. Las hembras tienen dos cromosomas X y los machos tienen un cromosoma X y uno Y, este último posee solo unos cuantos genes, por lo que, en los machos, los rasgos recesivos del único cromosoma X tienen mayor probabilidad de expresarse.

En ocasiones, un fenotipo heterocigótico es intermedio entre dos fenotipos homocigóticos, ese tipo de herencia se denomina dominancia incompleta.

El fenotipo puede ser resultado de la codominancia, que es cuando dos tipos de proteína contribuyen al fenotipo.

El fenotipo puede ser también determinado por las interacciones de dos o más genes, así como de las interacciones con el ambiente, lo que se denomina herencia poligénica.



En algunos casos, los genes individuales tienen varios efectos fenotípicos, fenómeno llamado pleiotropía.

El ambiente también contribuye a determinar la expresión fenotípica de los rasgos. Un ejemplo de tal efecto, se observa en el contenido de hemoglobina de personas que viven en partes altas del país, respecto a las que viven en partes bajas. En lugares como las faldas del volcán Irazú o el Cerro de la Muerte, hay una baja concentración de oxígeno, por lo que, en las personas que viven en esas zonas, se da una tendencia al aumento en la concentración de hemoglobina para captar en forma más eficiente las moléculas de oxígeno. En sitios costeros, por haber mayor concentración de oxígeno, la hemoglobina en las personas es menor, en relación con aquellas de zonas altas.

Otro ejemplo se observa en el color de piel de personas expuestas a altas radiaciones solares, presentan una mayor pigmentación melánica (tono bronceado de la piel), al compararse con personas poco expuestas al sol.

Las anomalías genéticas humanas se pueden estudiar mediante los árboles genealógicos y técnicas de genética molecular. Muchas de estas mutaciones se heredan como rasgos recesivos y serán los individuos homocigóticos recesivos los que manifiesten enfermedades. Los individuos heterocigóticos serán portadores, pero el alelo dominante enmascara la expresión del alelo recesivo, por lo que no se manifiesta la enfermedad. Algunas enfermedades son debidas a alelos dominantes. Las anomalías genéticas humanas pueden originarse por un número anormal de cromosomas sexuales o de autosomas.



## EJERCICIOS DE AUTOEVALUACIÓN

1. Defina los siguientes términos: herencia, alelos, homocigoto, heterocigoto, genotipo, fenotipo, cruce de prueba, ley de distribución independiente de los alelos, ligamiento, dominancia incompleta, codominancia, herencia poligénica y pleiotropía.
2. Señale los principios generales de la herencia de rasgos individuales.
3. ¿Cómo se determina el sexo en el hombre y en la mujer? ¿Cuál es la relación entre los cromosomas sexuales y la expresión de algunas enfermedades?
4. Mencione dos formas en que se pueden investigar las anomalías genéticas humanas.
5. ¿Por qué las parejas de parientes tienen mayor riesgo de transmisión de enfermedades genéticas que las parejas no relacionadas genéticamente?
6. ¿Cómo es que un alelo mutante se hace dominante respecto al alelo normal?
7. Prepare un cuadro con las principales anomalías humanas ligadas a los cromosomas sexuales; indique el nombre de la enfermedad, el genotipo de los cromosomas defectuosos, el sexo en que se presenta y los síntomas de la enfermedad.
8. ¿Por qué en el cuadro anterior no puede incluirse el síndrome de Down? Indique los síntomas de dicha enfermedad.
9. ¿Qué significa no-disyunción y cuál es su relación con la edad de las mujeres?



# BIOTECNOLOGÍA 13

---



## SUMARIO

- Aplicaciones de la biotecnología
  - Implicaciones éticas
- Ejercicios de autoevaluación



### Objetivo

- Explicar el concepto de biotecnología, métodos, aplicaciones e implicaciones éticas y ambientales.



## GUÍA DE LECTURA

La biotecnología es el uso o alteración de organismos, células o moléculas biológicas con fines prácticos y específicos. Es una actividad humana que se ha venido realizando durante miles de años.

Una técnica moderna empleada en la biotecnología es la ingeniería genética, que trata sobre la búsqueda de tratamientos para las enfermedades, desarrollo de moléculas biológicas valiosas y el mejoramiento genético de plantas y animales para la agricultura. En esta ciencia, el uso de ADN recombinante ha permitido el desarrollo de organismos transgénicos u organismos genéticamente modificados.

La recombinación de ADN de dos organismos es un proceso natural y es lo que ocurre durante la reproducción sexual. Las bacterias pueden combinar ADN de diferentes especies o de plásmidos. Los virus pueden incorporar fragmentos de ADN de sus huéspedes y transferir genes de un organismo a otro, incluso entre especies no relacionadas.

La biotecnología se ha empleado en la ciencia forense para la resolución de crímenes, al amplificar muestras biológicas pequeñas para su análisis. En la agricultura, la biotecnología se emplea para obtener cultivos resistentes a insectos y herbicidas. El gen de interés se inserta en un plásmido modificado mediante enzimas de restricción, el cual se coloca, a su vez, en una bacteria, que es transferida a las células vegetales. El plásmido va a incrustar el gen de interés en uno de los cromosomas de la planta y se obtienen, así, células transgénicas que se pueden cultivar en forma comercial. Las plantas de este tipo sirven para producir alimentos, proteínas humanas, vacunas o anticuerpos.

Los animales transgénicos pueden tener un crecimiento más rápido o producir proteínas humanas, vacunas o anticuerpos. El ADN deseado se incorpora en un virus inofensivo y este se coloca en un óvulo fecundado, que se implantará en una madre sustituta.

La biotecnología se ha empleado para determinar la secuencia de nucleótidos del ADN humano, con lo que se ha podido descubrir el genoma humano. Ello ha permitido conocer el funcionamiento de muchos genes y se han podido asociar con enfermedades; también, está la posibilidad de diagnosticar trastornos genéticos o predisposiciones y permite comprender las relaciones evolutivas entre los seres humanos y otros organismos.

En suma, la biotecnología permite diagnosticar trastornos hereditarios e insertar genes sanos normales en células corrientes, células madre o en óvulos para corregir trastornos genéticos.

El uso de plantas y animales transgénicos es motivo de controversia por las posibles implicaciones negativas en la salud de los consumidores y la protección del medio ambiente.



## EJERCICIOS DE AUTOEVALUACIÓN

1. Defina biotecnología y su relación con la ingeniería genética.
2. ¿Qué son organismos transgénicos o genéticamente modificados?
3. ¿Es la recombinación de genes un evento natural o es un proceso desarrollado por la biotecnología?
4. Explique cómo las bacterias pueden llevar a cabo la recombinación de genes.
5. Explique cómo los virus son también capaces de recombinar material genético.
6. ¿Cuál es la aplicación de la biotecnología en la ciencia forense?
7. Explique cuáles han sido las aplicaciones de la biotecnología en la agricultura.
8. Explique cómo se obtienen y clonan los genes para su uso en la biotecnología.
9. Explique en forma general cómo se inserta un gen en una planta.
10. ¿Qué aplicaciones biotecnológicas se podrían obtener de plantas y animales en el campo de la medicina?
11. Explique en qué consiste el proyecto Genoma Humano. ¿Cuáles han sido los beneficios obtenidos de este estudio?
12. ¿Cuáles son las diferencias entre la biotecnología tradicional y la moderna?
13. ¿Cuáles son los principales argumentos en contra del desarrollo de cultivos transgénicos?



## RESPUESTAS A LOS EJERCICIOS DE AUTOEVALUACIÓN

### Capítulo 1: Introducción a la vida en la Tierra

1. El orden correcto es: partícula subatómica-elemento-compuesto orgánico-organela-célula-tejido-órgano-sistema-organismo-especie-población-comunidad-ecosistema-Biósfera.

- a) **Organela:** estructuras en el citoplasma de células eucarióticas y que cumplen funciones específicas.
- b) **Célula:** unidad más pequeña de vida, unidad funcional de los seres vivos.
- c) **Tejido:** grupo de células que en conjunto desempeñan una función específica.
- d) **Órgano:** estructura compuesta por dos o más tipos de tejidos distintos que están ligados y tienen una función específica.
- e) **Especie:** conjunto de organismos anatómicamente y fisiológicamente similares que se pueden reproducir entre sí y tener descendencia fértil.
- f) **Población:** conjunto de miembros de una misma especie que se encuentran dentro de un determinado ecosistema.
- g) **Comunidad:** poblaciones de diferentes especies conviviendo en una misma área.
- h) **Ecosistema:** conjunto de comunidades en donde ocurre interacción entre los seres vivos y de estos con los factores abióticos del medio.
- i) **Biosfera:** sección de la Tierra en que se desarrolla la vida.

2. El método científico es un procedimiento utilizado para efectuar observaciones de fenómenos específicos y buscarles una explicación. Se basa en los siguientes principios:

- **Causalidad natural:** todos los sucesos tienen causas naturales comprensibles.
- **Uniformidad en el espacio y el tiempo:** las leyes naturales que rigen los hechos, se aplican en todo lugar y momento.
- **Percepción común:** todas las personas perciben los sucesos naturales en forma similar y eso brinda información confiable del mundo que los rodea.

Pasos del método científico:


- a) **Observación:** indagaciones de algún fenómeno específico.
- b) **Pregunta de observación:** cuestionamientos de por qué o cómo sucede un fenómeno particular observado.
- c) **Formulación de hipótesis:** suposición basada en observaciones previas como respuesta a la pregunta de observación, la cual explica el fenómeno.
- d) **Predicción:** si la hipótesis es correcta, entonces se esperaría que ocurra determinado evento con el fenómeno observado.
- e) **Experimento:** se diseña bajo condiciones controladas que permitan aprobar o rechazar la hipótesis planteada. Se tiene el grupo experimental en el que todas las variables son constantes, excepto la que se está probando y se tiene un grupo control en el que todas ellas permanecen constantes.
- f) **Conclusión:** se valida o rechaza la hipótesis planteada.

3. La hipótesis es una **suposición** basada en observaciones previas o en pistas. La teoría es una **explicación bien fundamentada** de un fenómeno natural que se basa en observaciones extensas y reproducibles.

4. Las conclusiones científicas son tentativas, ya que, en todo experimento no hay plena certeza de que se han podido controlar todas las variables y, además, en algunos casos la interpretación de los resultados es subjetiva por parte del científico.

5. El razonamiento deductivo consiste en que, a partir de una generalización bien sustentada, se hace una afirmación sobre un caso particular; de esta forma, se realiza un análisis de lo general a lo específico. Se puede decir también que este tipo de razonamiento permite llegar a una conclusión a partir de una premisa (algo propuesto o prevenido con anticipación). Por ejemplo, si se tiene la deducción general de que todos los seres vivos se componen de células y se encuentra uno desconocido en alguna región del planeta, se deduce entonces que ese ser está también compuesto de células.





El razonamiento inductivo consiste en que a partir de premisas específicas, se llega a una conclusión general. Por ejemplo, a través de la observación de cientos de especies de aves en una región, se determina que tienen plumas y que eso les permite el vuelo, por tanto, se deduce que todas las aves que tengan plumas pueden volar. En este razonamiento, entre más observaciones o premisas se tengan, mayor probabilidad de llegar a una conclusión correcta. Si las observaciones o premisas son incompletas o erróneas, este pensamiento está sujeto a llegar a conclusiones equivocadas; por ejemplo, la conclusión anterior no se cumple siempre, ya que, los avestruces tienen plumas, pero no vuelan.

**6.** No es posible refutar los asuntos de fe, ya que, no corresponden a fenómenos naturales que puedan medirse, cuantificarse o someterse a experimentación, por lo que no es posible aplicar el método científico.

**7.** Características de los seres vivos:

- a) Tienen una organización específica, es decir, son complejos, están organizados y se componen de células.
- b) Mantienen condiciones internas relativamente constantes a través de la homeostasis.
- c) Perciben y responden ante estímulos internos o externos (irritabilidad).
- d) Obtienen y usan materiales y energía, con los cuales los seres vivos mantienen un elevado nivel de complejidad y organización que les permite crecer y reproducirse.
- e) Crecen. Convierten materiales obtenidos del ambiente para formar moléculas específicas del organismo.
- f) Evolucionan. La composición genética de los individuos no cambia durante su vida pero sí la de poblaciones con el paso de las generaciones y de la selección natural.

**8.** A través de múltiples generaciones, han ocurrido cambios en la composición genética de una determinada población, lo que ha generado un proceso continuo de transformación a través del tiempo, de modo que de una especie del pasado se ha originado una especie muy diferente en su genotipo y fenotipo en el presente y es lo que se denomina evolución. La evolución es efectiva cuando actúa la selección natural, que es el proceso por el cual individuos de una población con cambios genéticos que confieren ventajas reproductivas y adaptativas al ambiente son favorecidos sobre los individuos que no tienen esos cambios o características.

**9.** La diversidad de seres vivos de nuestro planeta se clasifica en categorías llamadas Dominios, los cuales se establecen de acuerdo con el tipo de células de que están compuestos.

Número de células	Dominio	Forma de obtener alimento
Seres unicelulares	Bacteria	Autótrofos o heterótrofos
	Archaea	Heterótrofos
Seres multicelulares	Eukarya	Autótrofos o heterótrofos

El Dominio Eukarya se divide en tres reinos: Fungi (hongos), Plantae (plantas) y Animalia (animales).

Los protistas forman un conjunto diverso de organismos, cuya clasificación aún no está clara para los autores del libro, otros los consideran como un Reino aparte (Protoctista).

**10.** Cada reino del dominio Eukarya presenta una clasificación jerárquica que se ilustra con el ejemplo de la clasificación taxonómica del zancudo transmisor del dengue en el siguiente esquema:

Reino	Animalia
Filum	Arthropoda
Clase	Insecta
Orden	Diptera
Familia	Culicidae
Género	<i>Aedes</i>
Especie	<i>Aegypti</i>

En las primeras seis categorías, se pueden tener miles de organismos ahí clasificados; por ejemplo, en el orden Diptera hay también miles de otras especies como los tábanos, la mosca doméstica, el tórsalo y otros. La categoría de especie es única para cada organismo, es decir, el nombre de especie corresponde a un único tipo de organismo del planeta.

**11.** El sistema binomial consiste en asignarle un nombre científico a una especie determinada que consta de dos partes: género y especie. Por ejemplo, en el caso del zancudo del dengue, el nombre científico que le corresponde es *Aedes aegypti*, que indica, respectivamente, su género y especie. Ambas palabras se derivan del latín y deben escribirse en letra cursiva. La importancia de este sistema es que permite a científicos de todo el mundo comunicarse con mucha precisión, respecto a cualquier organismo.

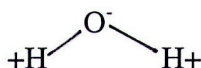
## Capítulo 2: Átomos, moléculas y vida

**1.** El átomo se compone de un núcleo (atómico) con protones (carga positiva) y neutrones (sin carga), alrededor del cual hay anillos o capas de electrones con carga negativa. La capa más cercana al núcleo tiene un bajo nivel de energía y entre más lejos estén estas capas del núcleo, mayor será su nivel de energía. Cuando se produce una estimulación como calor o luz, se producen saltos de electrones de una capa de menor a una de mayor energía; ese salto o movimiento de electrones es lo que origina la liberación de energía.

2. Es aquella formada por dos o más átomos del mismo elemento o de distintos y que se mantienen unidos por interacciones de sus capas de electrones más externas. Los átomos forman las moléculas al unirse entre sí por enlaces químicos (enlaces iónicos, covalentes o puentes de hidrógeno); en ese enlace, un átomo puede perder, ganar o compartir electrones.

3. El enlace no polar, es cuando el electrón o electrones se comparte a partes iguales entre los núcleos atómicos, la molécula es así eléctricamente neutra.

En el enlace polar, un átomo es más grande que el otro y atrae con más fuerza el electrón hacia él, el átomo grande adquiere carga negativa y el más pequeño carga positiva, pero la molécula en sí tendrá carga neutra, con polos cargados. Un ejemplo lo es la molécula de agua:



4. Tipos de enlaces:

- a) **Enlaces iónicos:** se refiere a la atracción entre iones con carga positiva e iones con carga negativa.
- b) **Enlace covalente:** se da cuando un átomo con su capa de electrones externa parcialmente llena se estabiliza compartiendo electrones con otro átomo.
- c) **Enlace de hidrógeno:** es cuando moléculas polares cercanas se atraen entre sí.

La importancia de estos enlaces consiste en que permiten construir moléculas biológicas con gran variedad y complejidad.

5. Son moléculas con uno o más electrones impares en sus capas externas y, por ello, son muy inestables. Tienen a tomar un electrón de una molécula cercana la que se convierte, entonces, en un nuevo radical libre y se produce una reacción en cadena. Su formación puede llevar a la destrucción de moléculas fundamentales de la vida y ello se ha asociado con la aparición de enfermedades del corazón, Alzheimer y envejecimiento. Los antioxidantes como las vitaminas E y C reaccionan con los radicales libres combatiendo así el daño.

6. Características del agua:

- a) Interviene en muchas reacciones químicas en las células.
- b) Es un excelente disolvente por tener carga positiva y negativa lo que le permite interactuar con iones de carga positiva o negativa y causar su separación.



- c) Puede disolver gases no polares como el oxígeno y el dióxido de carbono.
- d) Tiene gran cohesión. Las moléculas de agua se mantienen unidas por puentes de hidrógeno y ello favorece que el agua tenga tensión superficial, es decir, que la superficie del agua se mantenga sin romperse. A su vez esa cohesión permite que el agua suba sobre una superficie y en el caso de las plantas, esa propiedad permite que el agua pueda subir desde las raíces y hasta la copa.
- e) Adhesión es la tendencia a pegarse a superficies polares con cargas pequeñas que atraen a las moléculas polares del agua.

#### 7. Las propiedades del agua son:

- a) **Alto calor específico:** se define como la energía necesaria para elevar en 1 ° C la temperatura de un gramo de una sustancia. Cuando se aplica energía (calor) a un sistema, esa energía provoca el movimiento de las moléculas y es ese movimiento el que incrementa la temperatura del sistema. Con el agua, la energía aplicada se consume inicialmente, rompiendo los puentes de hidrógeno entre las moléculas y no acelera el movimiento de las moléculas de H y O. Por eso, el agua tiene un calor específico más alto que otras sustancias.
- b) **Alto calor de vaporización:** por su naturaleza polar y sus puentes de hidrógeno, se requiere mucha energía térmica para convertir agua líquida en vapor de agua. Cuando las moléculas de agua reciben mucha energía, rompen sus puentes de hidrógeno y escapa al aire como vapor; el líquido restante se enfría al haber pérdida de moléculas de alta energía.
- c) **Alto calor de fusión:** es la energía que debe eliminarse de las moléculas del agua líquida antes de que se transforme en cristales de hielo. El agua se congela más lentamente que muchos otros líquidos a la misma temperatura.

**8.** El hielo flota, ya que, al formarse los cristales de su estructura, las moléculas de agua se mantienen más alejadas entre sí, que en la fase líquida y ello causa que este hielo sea menos denso que el agua.

En los polos, al flotar el hielo, permite que el agua por debajo de ese hielo se mantenga a una temperatura mayor a la de congelación y que, así, en esas aguas se pueda desarrollar una gran variedad de organismos.

**9.** La transpiración es un mecanismo de enfriamiento del cuerpo de los mamíferos gracias al alto calor de vaporización del agua. Cuando un mamífero realiza una fuerte actividad física, su cuerpo alcanza altas temperaturas e inicia la sudoración o transpiración, el sudor capta el calor corporal y lo elimina al evaporarse. Gracias a que el agua tiene un alto calor de vaporización, las moléculas de agua pueden captar mucho calor antes de evaporarse y de esa forma poca cantidad de agua (sudor) se pierde al eliminar grandes cantidades de calor.

### Capítulo 3. Moléculas biológicas

1. El carbono es un elemento muy versátil ya que el átomo en su capa externa solo tiene cuatro electrones y eso le permite aceptar hasta otros cuatro electrones, de manera que forma enlaces dobles o triples con otros átomos. Así, se pueden llegar a formar moléculas complejas en forma de cadenas, anillos o con forma ramificada. El carbono también permite que se le unan “grupos funcionales” como los del hidrógeno, hidroxilo, amino, fosfato y otros, los cuales determinan las características y reactividad química de las moléculas.

2. La formación de moléculas biológicas ocurre a través del proceso llamado “síntesis por deshidratación”; en este caso, un grupo de moléculas pequeñas y unidas en una subunidad pierde un ion hidrógeno ( $H^+$ ) y una segunda subunidad pierde un hidroxilo ( $OH$ ), en esas zonas de pérdida de  $H^+$  y  $OH$ , las dos subunidades se unen y comparten electrones a través de un enlace covalente. Luego, los iones  $H$  y  $OH$  liberados se unen para producir agua, de ahí que a este proceso se le llame síntesis por deshidratación.

La desintegración de moléculas ocurre a través del proceso llamado “hidrólisis”, que consiste en que en el enlace covalente de dos subunidades se le una agua y ello provoca que las dos unidades se separen o desintegren.

3. Tabla comparativa de las moléculas orgánicas.

Molécula biológica	Estructura	Clasificación	Función
Carbohidratos	Carbono, hidrógeno, oxígeno	Monosacárido Disacárido Polisacárido	Reserva de energía Función estructural
Lípidos	Hidrógeno, carbono	Aceites, grasas y ceras Fosfolípidos Esteroides	Almacenamiento de energía Formar cubiertas Impermeables en plantas y animales Algunos con función hormonal
Proteínas	Aminoácidos	Proteínas receptoras Proteínas de reconocimiento Enzimas	Estructural Permitir movimiento Defensa (sistema inmune)

Tabla comparativa de las moléculas orgánicas (continuación).

Molécula biológica	Estructura	Clasificación	Función
Proteínas	Aminoácidos	Proteínas de unión Proteínas de transporte	Almacenar energía Función hormonal Catalizar reacciones Transportar oxígeno (hemoglobina)
Ácidos nucleicos	Azúcar ribosa o desoxirribosa, fosfato y bases nitrogenadas	ADN ARN	Contienen información genética de los organismos Participar en conversión de la información genética en forma de proteínas

4. Un polisacárido es un tipo de carbohidrato formado por la unión de varias moléculas de azúcar, es decir, es una cadena de azúcares simples.

- a) El almidón sirve para almacenar energía en las plantas; está presente en raíces y semillas.
- b) El glucógeno sirve para almacenar energía en los animales; está presente en el hígado y en los músculos.
- c) La celulosa forma las paredes celulares de las plantas y su degradación por parte de bacterias; en el tracto digestivo de herbívoros, permite la obtención de los azúcares por parte de estos.
- d) La quitina forma las paredes celulares de los hongos y el exoesqueleto de los artrópodos.

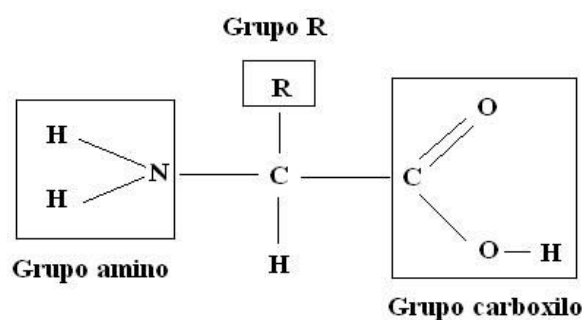
5. Los animales no pueden digerir la celulosa de las plantas, ya que las unidades de glucosa presentan una orientación de sus enlaces que impiden la acción de las enzimas digestivas. En el caso de los rumiantes, no son ellos quienes procesan la celulosa, lo hacen millones de bacterias en su tracto digestivo, las cuales sí pueden romper los enlaces entre las subunidades de glucosa y disponer del azúcar, tanto para ellas como para el rumiante.

6. Comparación de los tipos de lípidos.

Tipo de lípido	Composición	Funciones
Aceites, grasas, ceras	Carbono, hidrógeno, oxígeno Subunidades de ácido graso Sin forma de anillo	Almacenamiento de energía Impermeabilización de hojas, pelo de animales y exoesqueleto de artrópodos
Fosfolípidos	Glicerina Dos moléculas de ácido graso Fosfato Nitrógeno	Principal componente de las membranas celulares
Esteroides	Cuatro anillos de carbono fusionados con grupos funcionales	Componente membranas celulares animales; constituyen hormonas sexuales

7. Ello sucede así, ya que las grasas y aceites son mucho más eficientes para el almacenamiento de energía que los carbohidratos o proteínas; de hecho, las grasas y aceites tienen dos veces más calorías por gramo que los azúcares y proteínas. De esta forma, los animales pueden almacenar gran cantidad de energía en un menor volumen y peso y ese almacenamiento de energía no va a limitar el movimiento del animal.

8. La estructura de un aminoácido es la siguiente:

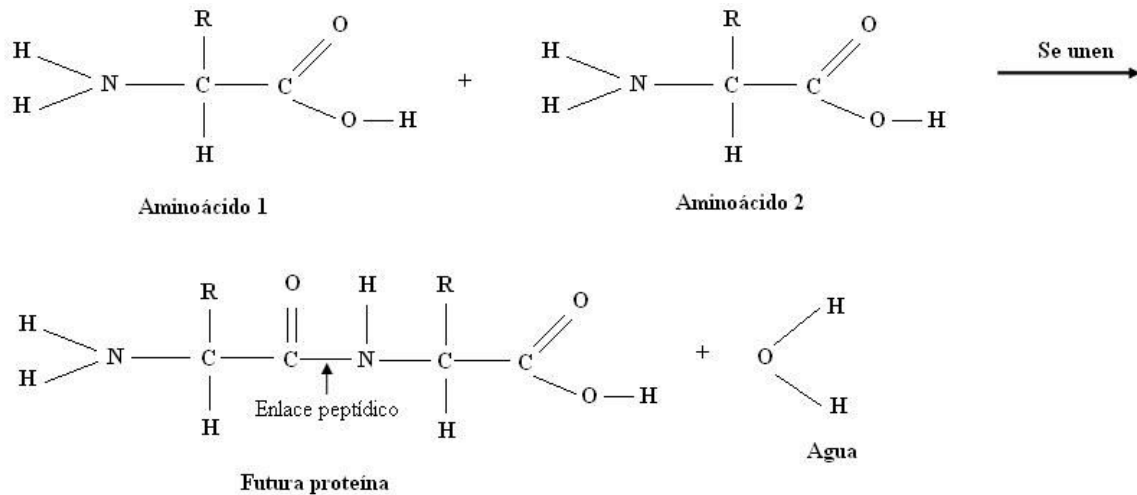


Lo que diferencia a un aminoácido de otro es el grupo R, que determina las propiedades químicas y físicas del aminoácido.

9. La función de una proteína, así como sus propiedades la determina la secuencia en que se ordenan los diferentes 20 aminoácidos en una cadena polipeptídica. Las diferentes

combinaciones de aminoácidos en esa cadena determinan la formación de diferentes proteínas.

La formación de una proteína se puede ilustrar con el siguiente diagrama en que, por efectos prácticos se representarán solo dos aminoácidos:



En ese esquema, dos aminoácidos se van a unir; uno de ellos pierde una molécula de O y un H; el otro pierde un O en un proceso de deshidratación. En el punto de pérdida de esas moléculas, los dos aminoácidos se unen mediante un enlace peptídico y de esa forma se irá formando la proteína. En el proceso, se va también liberando agua.

**10.** Estructura primaria, secundaria, terciaria y cuaternaria. De acuerdo con la estructura que tenga la proteína, así va a ser su función.

**11.** Son moléculas compuestas de un azúcar de cinco carbonos, un grupo fosfato y una base nitrogenada que puede ser adenina, guanina, citosina, timina (uracilo en el caso del ARN).

Los nucleótidos se unen en cadenas para formar los ácidos nucleicos que vienen a ser el ADN y el ARN. Otras funciones incluyen formar parte de otras moléculas, llevar señales químicas dentro de la célula, llevar energía de un lugar a otro dentro de la célula y almacenar energía en los enlaces de los grupos fosfato.

## Capítulo 4. Estructura y función de la célula

1. Los enunciados de la teoría celular son:

- Todo organismo vivo está compuesto por una o más células.





b) El organismo vivo más pequeño lo es la célula la cual es la unidad funcional de los organismos multicelulares.

c) Todas las células se originan de células preexistentes.

2. Ello se debe a que su tamaño tan pequeño facilita el intercambio de nutrientes y desechos con el ambiente exterior; de ese modo, todos los componentes celulares pueden estar en contacto con la membrana plasmática y el ambiente exterior. Además, una célula grande tendría un mayor volumen, pero una menor superficie que una célula pequeña; por lo tanto, una célula con gran tamaño tendría problemas para intercambiar materiales con el medio externo al disponer de menor área superficial.

3. Tabla comparativa entre células procariotas y eucariotas.

Característica	Célula eucariótica	Célula procariótica
Presencia de núcleo	Sí	No
Presencia de estructuras celulares	Sí	No
Tamaño	Grandes	Pequeñas
Ubicación del material genético	Dentro del núcleo y encerrado por una membrana	Disperso en el citoplasma
Forma de los cromosomas	Bastoncillos	circular
Presencia de pared celular	Presente en plantas y hongos, ausente en animales	Sí
Organismos que la poseen	Animales, plantas, hongos, protistas	Bacterias y arqueas

4. Está presente en protistas marinos, plantas y hongos. Sus funciones son proteger la membrana plasmática y darle soporte y protección a la célula. A pesar de su rigidez, la pared es porosa, por lo que permite el paso de O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, agua y moléculas disueltas.

5. Principales funciones de las estructuras celulares eucarióticas.

Estructura celular	Función
Núcleo	Contener el ADN y los cromosomas
Nucleolo	Síntesis de ribosomas; contiene ADN para síntesis de ARN ribosomal
Citoesqueleto	Da forma a la célula, permite el movimiento celular y de las organelas, participa en la división celular

## Principales funciones de las estructuras celulares eucarióticas (continuación).

<b>Estructura celular</b>	<b>Función</b>
Retículo endoplasmático liso y rugoso	Síntesis de lípidos, hormonas sexuales y proteicas, proteínas y enzimas digestivas. Modifica las nuevas cadenas de polipéptidos
Aparato de Golgi	Modifica moléculas y forma glucoproteínas; separa proteínas en péptidos de menor tamaño y sintetiza polisacáridos; separa proteínas y lípidos del retículo endoplasmático, de acuerdo con su destino. Empaca moléculas en vesículas para su transporte
Mitocondrias	Convertir la energía almacenada en los azúcares en ATP
Ribosomas	Síntesis de proteínas
Vacuolas	Mantener el equilibrio hídrico de la célula, almacenar desechos peligrosos y sustancia tóxicas, almacenar azúcares, aminoácidos y pigmentos
Cloroplastos	Fotosíntesis
Lisosomas	Empacar enzimas digestivas fabricadas por el retículo endoplasmático, digerir partículas de alimento, digerir membranas celulares excedentes u organelos defectuosos

6. En los ribosomas adheridos al retículo endoplasmático rugoso (RE rugoso), se ensamblan proteínas a partir de aminoácidos; en sus membranas, las proteínas son empacadas en vesículas y enviadas al aparato de Golgi. Cuando la vesícula con la proteína llega a esta estructura, se fusionan las membranas y permite que la proteína sea liberada en el interior del aparato de Golgi para su modificación, clasificación y empaque. Una vez lista la proteína, esta es de nuevo empacada en una vesícula y enviada a la membrana plasmática donde las membranas de la vesícula y la plasmática se fusionan. Seguidamente, la proteína se libera y es transportada al otro lado de la membrana, hacia el medio extracelular.

Se recomienda el estudio de la **figura 4-14** del libro, en donde se ilustra este proceso.

7. La alimentación de las células requiere de dos etapas. Por una parte, la membrana plasmática va a capturar partículas de alimento del exterior, las envuelve en bolsas membranosas y las introduce al interior celular (citósol); se forma así una vacuola alimenticia. Por otro lado, el retículo endoplasmático sintetiza enzimas digestivas, las envuelve en vesículas y las envía al aparato de Golgi, donde esas enzimas sufren modificaciones y, una vez listas, se les encierra en lisosomas, los cuales salen del aparato de Golgi y se unen a las vacuolas alimenticias; al ocurrir esa fusión, las enzimas digestivas comienzan a actuar sobre las partículas de alimento. La participación del RE, aparato de Golgi, lisosomas, vacuolas alimenticias y membrana plasmática, en esta forma coordinada para la digestión celular, es lo que se denomina un sistema integrado de membranas.

## Capítulo 5. Estructura y función de la membrana celular

1. La membrana celular se puede caracterizar como una estructura compleja y heterogénea, cuyas partes cumplen funciones específicas y que cambia en una forma dinámica en respuesta al ambiente. Sus principales funciones son:

- a) Aislar el contenido celular del medio externo permitiendo gradientes de concentración de sustancias disueltas.
- b) Regular el intercambio de sustancias entre la célula y el medio externo o entre las estructuras celulares y el citosol.
- c) Permitir la comunicación con otras células.
- d) Permitir las uniones en el interior de las células y entre ellas.
- e) Regular reacciones bioquímicas.

2. Según este modelo, la membrana se compone de fosfolípidos, proteínas, ácidos grasos y colesterol.

Los fosfolípidos presentan una cabeza polar hidrofílica y dos colas no polares hidrofóbicas. Forman una doble capa en la membrana, en donde las cabezas hidrofílicas se orientan hacia el citosol y hacia el fluido extracelular, construyen así, las regiones interna y externa de la bicapa, dentro de la cual se orientan las colas hidrofóbicas.

Las proteínas están insertadas en la doble capa de fosfolípidos y están en constante movimiento.

Los ácidos grasos presentes en los fosfolípidos les confieren flexibilidad, ya que, estos se mueven con facilidad dentro de cada capa y proporcionan fluidez.

El colesterol le otorga resistencia y flexibilidad a la bicapa.

3. Los venenos de serpientes y arañas contienen enzimas que actúan rompiendo los fosfolípidos; al ocurrir eso, se destruyen las membranas celulares y, por lo tanto, todo el contenido celular se esparce.

4. Si la bicapa de fosfolípidos no fuera flexible, las células serían rígidas y ello impediría el movimiento en los animales, ya que las células se romperían con facilidad. Tampoco sería posible la transferencia de sustancias entre una célula y otra y con el medio externo.



5. Los tipos de proteínas y sus correspondientes funciones son las siguientes:

Tipo de proteína	Características
<b>Receptoras</b>	Tienen un sitio de unión para una molécula específica, algunas actúan como compuertas para proteínas de canal, permiten que células del sistema inmunitario reconozcan y ataquen invasores. Además, hacen que las células nerviosas se comuniquen entre sí y que las de todo el cuerpo respondan a las hormonas
<b>Reconocimiento</b>	Son glucoproteínas (proteínas unidas a un carbohidrato) que sirven como etiquetas de identificación en la superficie de las células, reconocen patógenos e inician su destrucción
<b>Enzimas</b>	Promueven reacciones químicas
<b>Unión</b>	Sirven de sostén a las membranas, vinculan la membrana con la red de filamentos proteicos dentro del citoplasma, algunas forman uniones entre células adyacentes
<b>Transporte</b>	Regulan el movimiento de moléculas hidrofílicas a través de la membrana. Pueden ser proteínas de canal que tienen poros centrales para el paso de iones o agua a través de la membrana. Pueden ser también proteínas portadoras que sujetan moléculas en un lado de la membrana, cambian de forma, pasan la molécula a través de la membrana y la liberan al otro lado

6. Ambas categorías se refieren al paso o movimiento de sustancias a través de una membrana. La diferencia es que en el transporte activo, generalmente, ocurre en contra de gradiente de concentración y, por ello, se requiere la inversión de energía. El transporte pasivo no requiere la inversión de energía, ya que el movimiento de sustancias se hace de una región de alta concentración, a una de baja concentración.

7. Las modalidades de transporte pasivo son:

- a) **Difusión simple:** transporte de agua, gases disueltos o moléculas solubles en lípidos a través de la bicapa fosfolipídica de una membrana.
- b) **Difusión facilitada:** hay proteínas de canal o portadoras que ayudan a que las sustancias puedan atravesar la bicapa fosfolipídica.
- c) **Ósmosis:** es el paso de agua a través de una membrana de permeabilidad selectiva, de una región de mayor concentración de agua a otra de menor concentración.

8. El transporte activo en la membrana va a estar a cargo de proteínas de transporte. Esas proteínas tienen dos sitios activos, uno de ellos se une a la molécula o ion que debe atravesar la membrana, el otro sitio está unido a una molécula de ATP, el cual le va a dar la energía a

la proteína; esta cambia su forma y desplaza a la molécula o ion al otro lado de la membrana. Las proteínas de transporte constituyen lo que se llama bombas.

9. Las modalidades de la endocitosis son:

- a) **Pinocitosis:** la membrana forma una depresión o invaginación que se llena de líquido extracelular, la cual se cierra y forma una vesícula que se transfiere al citosol.
- b) **Endocitosis mediada por receptores:** en la membrana, hay proteínas receptoras en áreas llamadas fosas recubiertas; esas proteínas tienen un sitio de unión para una molécula de nutrimento en particular. Una vez que la proteína se une a la molécula, la fosa recubierta se hunde, se forma una invaginación que se cierra y se produce una vesícula que, posteriormente, se introduce al citosol.
- c) **Fagocitosis:** de la membrana exterior se proyectan partes o secciones llamadas pseudópodos, cuyos extremos se fusionan alrededor de una partícula que origina una vacuola alimenticia.

10. Las células se deshacen de los desechos o secretan sustancias a través del proceso llamado exocitosis, el cual consiste en la formación de una vesícula con el material que se va a expulsar; luego, esta se desplaza a la membrana plasmática. En ese sitio, la membrana de la vesícula se fusiona con la membrana plasmática y la vesícula se libera al medio extracelular.

11. Para conectarse y comunicarse, las células presentan cuatro tipos de conexiones:

- a) **Desmosomas:** membranas de células adyacentes se unen mediante proteínas y carbohidratos; esa unión es reforzada con filamentos proteicos al interior de los desmosomas que se extienden hacia el interior de cada célula, los cuales permiten estirarse, comprimirse y flexionarse, sin que se rasguen los tejidos.
- b) **Uniones estrechas:** hay fibras de proteínas que sellan los espacios entre las células, ello es importante en los casos que se requiera evitar fugas de sustancias.
- c) **Uniones en hendidura o abiertas:** son canales proteicos que conectan el interior de células adyacentes, por los cuales pueden pasar hormonas, nutrimentos, iones y señales eléctricas.
- d) **Plasmodesmos:** se encuentran en células vegetales. Son aberturas o canales en las paredes celulares adyacentes, revestidas con una membrana plasmática y llenas de citosol; crean, así, puentes citoplasmáticos continuos entre las partes internas de células adyacentes.



## Capítulo 6. Flujo de energía en la vida de una célula

### 1. Leyes de la termodinámica:

- a) **I Ley:** llamada también Ley de la conservación de la energía. Establece que la energía no puede crearse ni destruirse, tan solo cambia de forma.

Un ejemplo de su aplicación es el flujo de la energía solar en un ecosistema, en donde las plantas captan la energía solar a través del proceso de fotosíntesis y la transforma en energía química. Los herbívoros se alimentan de esas plantas y transforman esa energía química (energía solar) en mecánica de movimiento. Posteriormente, esta energía es transferida a otros componentes del ecosistema, a través de las excretas, al ser depredados y cuando se descomponen sus cuerpos al momento de la muerte.

- b) **II Ley:** establece que cuando una forma de energía se convierte a otra se disminuye la cantidad de energía útil, lo que lleva a un aumento en la aleatoriedad o desorden, que se conoce como entropía.

Siguiendo el ejemplo de la I Ley, cuando la energía del sol pasa a las plantas, herbívoros, carnívoros, carroñeros, detritívoros y otros, esa energía no pasa de un elemento al otro con un 100% de eficiencia. En cada uno de esos pasos, mucha energía se pierde o disipa en el ambiente en forma de calor, por lo que no puede capturarse, utilizarse ni convertirse en otra forma de energía.

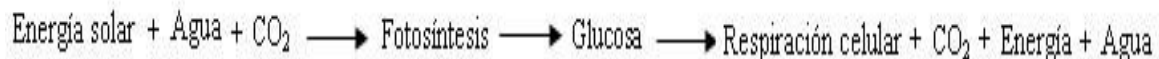
2. En efecto, los seres vivos hacen un uso ineficiente de la energía disponible y hay una tendencia constante a la entropía dentro de esos organismos, que se manifiesta a través de la muerte constante de células y el envejecimiento. La vida es posible, ya que esos organismos mantienen una lucha diaria contra la entropía y, en forma temporal, ganan, gracias a la fotosíntesis y procesos metabólicos en animales; esos organismos sintetizan moléculas complejas y mantienen estructuras ordenadas para luchar contra la entropía. Al final, cada ser vivo morirá – se cumple la II Ley de la termodinámica –, pero la vida, como un todo, continuará y los descendientes de los organismos seguirán con su lucha diaria contra la entropía.

### 3. Tipos de reacciones en los seres vivos:

**Reacción endergónica:** las células toman moléculas simples y las unen formando otras más grandes y complejas, que en conjunto tienen más energía que las moléculas individuales que les dieron origen.

**Reacción exergónica:** consiste en que las células toman las moléculas complejas y las degradan a otras simples; en ese proceso de degradación, se libera energía que queda disponible para la célula.

Las siguientes reacciones ilustran estos procesos:

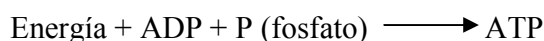


La fotosíntesis constituye una reacción endergónica donde se están tomando elementos simples (agua, CO<sub>2</sub> y energía solar), para formar un compuesto de alta energía como la glucosa. La respiración celular es una reacción exergónica donde se toma un compuesto complejo y de alta energía (glucosa), para descomponerlo en otros simples y liberar su energía para uso, por parte de las células.

Ambas reacciones no son independientes, ocurren en forma sincrónica en lo que se llama una reacción acoplada, de modo que la energía se libere por una reacción exergónica, se usa en otra endergónica. Ese acople de reacciones exergónicas-endergónicas en las células es lo que constituye una vía metabólica.

4. El ATP o trifosfato de adenosina es un nucleótido formado por la base adenina, un azúcar ribosa y tres grupos fosfato. Se le define como una molécula portadora de energía y es muy inestable, es decir, se degrada constantemente y, por ello, solo transfiere energía en forma temporal. Por lo tanto, no transfiere energía de una célula a otra ni puede almacenarla a largo plazo, tan solo la traslada de un lugar a otro dentro de la misma célula.

Se forma a partir de la siguiente reacción:



La energía del ATP se almacena en sus enlaces fosfato que son de alta energía y que, al romperse, la liberan y queda disponible para las células.

Las otras moléculas portadoras de energía son el dinucleótido de nicotinamida y adenina o NAD<sup>+</sup> y el dinucleótido de flavina y adenina o FAD.

5. La energía de activación es la que se requiere para que inicie una reacción química. Los catalizadores biológicos son enzimas que ayudan a reducir los niveles de energía de activación, de modo que no se requiera gastar mucha, para iniciar una reacción y que esta se lleve a cabo en forma rápida y eficiente, a una temperatura corporal no muy alta, es decir, el organismo no necesita sobrecalentarse para llevar a cabo la reacción.

Las características de los catalizadores son:

- a) Aceleran las reacciones.
- b) Solo pueden acelerar reacciones que, de todos modos, serían espontáneas si puede superarse la energía de activación.



- c) No se consumen ni cambian en las reacciones en que participan.
- d) Son específicas, es decir, catalizan solo un tipo de reacción.
- e) Se nombran de acuerdo con el sustrato sobre el que actúan; por ejemplo, la enzima lactasa actúa en el desdoblamiento de la lactosa, la sucrasa actúa en el desdoblamiento de la sucrosa.
- f) Pueden catalizar millones de reacciones por segundo.

**6.** Las sustancias sobre las que actúan las enzimas se llaman sustrato. Tanto el sustrato como su enzima correspondiente poseen una ranura o muesca llamada sitio activo, con forma, tamaño y carga eléctrica característicos. La enzima y su sustrato correspondiente se van a unir en ese sitio activo, al igual que una llave encajaría en su respectiva cerradura o candado.

Los pasos de esta catálisis son:

- a) El sustrato se acopla al sitio activo de su enzima correspondiente en una orientación específica.
- b) Al darse la unión sustrato-enzima, tanto el sustrato como el sitio activo de la enzima cambian de forma.
- c) Cuando cambia el sitio activo de la enzima se promueve la reacción química del sustrato, es decir, el sustrato se divide o fragmenta en sus diferentes componentes (productos) y se libera energía.
- d) Los fragmentos o productos ya no encajan en el sitio activo de la enzima y son expulsados.
- e) La enzima adquiere su configuración inicial y queda lista para catalizar otra reacción.

**7.** Los mecanismos son:

- a) Las enzimas se sintetizan de acuerdo con la disponibilidad de los sustratos. Si hay mucha cantidad de un determinado sustrato, entonces el organismo sintetiza mayor cantidad de enzimas específicas para ese sustrato.
- b) Algunas enzimas se sintetizan en forma inactiva de modo que éstas no destruyan células o tejidos en el sitio de síntesis. Se transportan en forma inactiva al sitio donde están los sustratos en que deben actuar y ahí otras sustancias las activan.
- c) Hay moléculas llamadas moléculas reguladoras que se unen a la enzima, fortalecen e inhiben su actividad en un mecanismo llamado regulación alostérica.
- d) Hay un mecanismo llamado inhibición por retroalimentación, que es un tipo de regulación alostérica. Esta última, se activa cuando al final de una vía metabólica se





produce suficiente producto final que bloquea la acción de la primera enzima en esa vía metabólica y se detiene así el proceso.

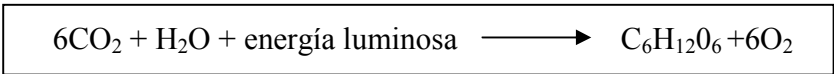
**8. Factores que afectan la acción enzimática:**

- a) La concentración de sales afectan los puentes de hidrógeno entre los aminoácidos (moléculas constitutivas de las enzimas).
- b) El pH ácido altera las cargas de los aminoácidos y les agrega iones de hidrógeno
- c) La temperatura alta (calor) provoca mayor movimiento de los átomos, se rompen los puentes de hidrógeno en las enzimas y altera su estructura tridimensional.

**Capítulo 7. Fotosíntesis**

**1.** La fotosíntesis se define como el proceso que combina moléculas inorgánicas simples (CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O) y energía luminosa para formar moléculas orgánicas complejas (glucosa).

La reacción química es:



**2.** Hace millones de años el O<sub>2</sub> liberado por los organismos fotosintetizadores resultaba dañino para el resto de seres vivos, pero algunos de ellos adquirieron la capacidad de emplearlo para descomponer la glucosa, a través de la respiración celular; eso permitió el surgimiento de gran diversidad de heterótrofos en el planeta. Actualmente, estos organismos dependen de los azúcares producidos por los autótrofos y del O<sub>2</sub> que producen.

**3.** Características adaptativas de las plantas para llevar a cabo la fotosíntesis:

- a) Las hojas tienen una forma aplanada para incrementar el área de exposición al sol.
- b) Las hojas tienen solo unas cuantas células de espesor, eso garantiza la penetración de los rayos solares.
- c) En el envés poseen estomas que se abren y cierran para captar el CO<sub>2</sub> del aire.
- d) Poseen cloroplastos que son estructuras celulares muy eficientes para llevar a cabo la fotosíntesis.



- e) Poseen haces vasculares o venas para el suministro eficiente del agua en el proceso de fotosíntesis y la distribución de sus productos a toda la planta.

4. Consiste de una doble membrana, una externa y una interna. En el interior, hay un medio semilíquido llamado estroma, en donde están los tilacoides, que son bolsas membranosas interconectadas y con forma de discos.

5. Las reacciones dependientes de la luz ocurren dentro de las membranas de los tilacoides y consisten en que estos y la clorofila captan la energía solar y la convierten en energía química, la cual se almacena en las moléculas portadoras de energía, como lo son el ATP y el NADPH. En este proceso se libera también  $O_2$ .

Las reacciones independientes de la luz ocurren en el estroma, en el cual las enzimas utilizan la energía almacenada del ATP y del NADPH, para iniciar la síntesis de glucosa u otras moléculas orgánicas.

6. Los fotosistemas que actúan en los tilacoides se llaman fotosistema I y II; ambos funcionan en forma simultánea. Para entender su funcionamiento, se recomienda estudiar la **figura 7-7, capítulo 7** del libro, a partir del fotosistema II.

- a) **Fotosistema II.** Pigmentos de clorofila y carotenoides absorben la energía luminosa, que se transfiere de molécula a molécula hasta una región llamada **centro de reacción**, en donde la energía luminosa expulsa electrones de las moléculas de clorofila. Estos pasan a una cadena transportadora de electrones y se mueven a lo largo de ella. El movimiento de los electrones en la cadena libera energía que se utiliza para bombear iones hidrógeno ( $H^+$ ), desde la membrana del tilacoide (en las mitocondrias) hasta el su interior. El bombeo de iones  $H^+$  crea un gradiente de concentración en la membrana tilacoide y provoca la liberación de energía en la cadena, la cual se emplea para la síntesis de ATP en un proceso llamado **quimiósmosis**. En el centro de reacción, los electrones que habían sido expulsados se reponen a través de la descomposición o disociación de moléculas de agua, de donde se usan iones  $H^+$  para formar NADPH y  $O_2$ .
- b) **Fotosistema I.** Recibe energía luminosa y también tiene un centro de reacción. La luz causa que cada molécula de clorofila expulse un electrón de alta energía, cada uno pasa a una cadena transportadora y se mueven a lo largo de ella. De ahí, pasan al portador de electrones  $NADP^+$ , al cual (junto con los electrones) se les une un ion  $H^+$ , producto de la disociación del agua y se forma NADPH.

Así, las clorofilas del fotosistema II le aportan electrones al fotosistema I, que los utiliza para formar NADPH. El primero repone los electrones cedidos al fotosistema I, a través de la disociación de moléculas de agua, lo cual, a su vez, también le aporta iones  $H^+$  al fotosistema I para la formación de NADPH.

Como producto de las reacciones dependientes de la luz, tendremos como productos ATP, NADPH y  $O_2$ .

7. Se recomienda estudiar la **figura 7-10** del libro. En estas reacciones, se sintetiza glucosa a partir de  $\text{CO}_2$  y  $\text{H}_2\text{O}$  y ese proceso requiere energía proporcionada por el ATP y el NADPH, producidos en las reacciones dependientes de la luz.

La síntesis de glucosa ocurre a través del proceso llamado ciclo de Calvin-Benson o ciclo  $\text{C}_3$  y consiste en una serie de reacciones para la captura de seis moléculas de  $\text{CO}_2$ . Este ciclo consta de tres etapas:

### Fijación de carbono

- Se inicia con seis moléculas de un azúcar de cinco carbonos llamada azúcar bifosfato de ribulosa (RuBP).
- La enzima rubisco combina las seis RuBP con el carbono de seis moléculas de  $\text{CO}_2$ .
- Se forman seis moléculas inestables de seis carbonos cada una.
- Cada molécula de seis carbonos se divide en dos moléculas de tres carbonos llamadas PGA (ácido fosfoglicérico). Tenemos entonces que, a partir de las seis moléculas originales de seis carbonos, se han formado 12 moléculas de PGA.

### Síntesis de G3P

Cada PGA formado en la primera etapa se convierte a G3P en una reacción cuya energía la proporciona el ATP y el NADPH.

### Regeneración del RuBP

- De las 12 moléculas de G3P, dos de ellas se unen para formar una molécula de glucosa (seis carbonos).
- Las otras 10 moléculas de G3P se unen en grupos de cinco carbonos que regeneran el RuBP, se formarán entonces seis moléculas de RuBP de modo que se pueda reiniciar el ciclo.

8. Es cuando en lugar de combinarse el  $\text{CO}_2$  con la RuBP, lo que se combina es el  $\text{O}_2$  y ello no produce energía celular útil ni se sintetiza glucosa. Se tiende a presentar en climas cálidos y secos en que los estomas de las hojas tenderían a permanecer cerrados para evitar la pérdida de agua. Ese cierre provoca que el  $\text{CO}_2$  del aire no pueda entrar a la planta y que el  $\text{O}_2$  no salga; de esa forma, se favorece la fotorrespiración.

Para reducir o evitar la fotorrespiración, las plantas recurren al ciclo  $\text{C}_4$  que consiste en lo siguiente:

- En primer lugar, la RuBP es sustituida por una molécula de tres carbonos llamada fosfoenolpiruvato (PEP).
- El  $\text{CO}_2$  y el PEP reaccionan y se forma una molécula de cuatro carbonos.



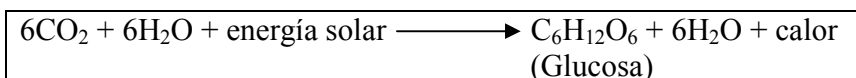
- c) A continuación, la molécula de cuatro carbonos se dirige desde las células mesofílicas hasta las células del haz de la hoja, donde libera un carbono que se une a un  $O_2$  para formar  $CO_2$ .
- d) La alta concentración de  $CO_2$  en el haz permite que se pueda desarrollar el ciclo  $C_3$ , como se vio anteriormente.
- e) La molécula que tenía cuatro carbonos ahora queda con tres y se llama piruvato.
- f) El piruvato regresa a las células mesofílicas donde con energía del ATP se le adiciona un carbono para formar de nuevo el PEP y reiniciar el ciclo.

Este ciclo  $C_4$  lo que permite es hacer un uso más eficiente del poco  $CO_2$  disponible al formar una molécula más pequeña de carbonos (de solo cuatro carbonos en lugar de seis).

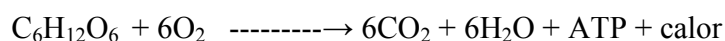
9. La ventaja del ciclo  $C_3$  respecto al  $C_4$  radica en que las plantas que lo tienen pueden desarrollarse en climas donde hay mucha energía solar y poca disponibilidad de agua como los desiertos y regiones cálidas y secas. Su desventaja es el consumo de más energía para producir la misma cantidad de glucosa que se produciría con el ciclo  $C_4$ .

## Capítulo 8. Obtención de energía: glucólisis y respiración celular

1. En las plantas, el primer paso es capturar la energía solar y almacenarla en forma de glucosa a través de la fotosíntesis según el siguiente esquema:



El segundo paso (que ocurre tanto en células vegetales como animales) es a través de la respiración aeróbica, en la cual se descompone la glucosa para formar ATP, que son moléculas portadoras de energía y que luego la van a liberar, para que las células lleven a cabo sus reacciones. El esquema de la respiración es:



2. La glucólisis consta de dos etapas:

**Activación de la glucosa:** aquí la glucosa es transformada en una molécula inestable de bifosfato de fructosa y se dice que es una molécula “activada”, lo cual se logra mediante dos moléculas de ATP.

**Obtención de energía:** ocurre en los siguientes pasos:

- a) El bifosfato de fructosa se separa en dos moléculas, cada una de tres carbonos llamadas gliceraldehído-3-fosfato o G3P.
- b) Cada uno de los G3P se convierte en piruvato; en ese proceso, se producen dos ATP y dos NADH (portadores de alta energía).
- c) El piruvato formado se va a trasladar a las mitocondrias para iniciar el proceso de respiración celular.

3. En la glucólisis, cuando la glucosa se descompone en piruvato se liberan iones hidrógeno y electrones, son captados por la molécula  $\text{NAD}^+$ , que se convierte entonces a NADH. En ese proceso, el  $\text{NAD}^+$  se va entonces agotando y eso puede llevar a que, eventualmente, se detenga la glucólisis y muera el organismo. La fermentación permite que, a partir de piruvato, se forme lactato o etanol y  $\text{CO}_2$  y, en ese proceso, se utiliza NADH (producido en glucólisis), que cede electrones y iones hidrógeno, al hacerlo se convierte en  $\text{NAD}^+$ . Es decir, la glucólisis lo consume y forma NADH, luego, la fermentación toma este producto y lo convierte de nuevo en  $\text{NAD}^+$  para la glucólisis.

4. En muchas ocasiones, cuando los animales corren, pelean o persiguen presas, el suministro de oxígeno a las células se reduce y, por tanto, no es posible la respiración celular. En esa condición anaeróbica, las células continúan requiriendo ATP y es la glucólisis la que va a suministrar el necesario, para que esas células sigan vivas y funcionando, por al menos un breve tiempo, mientras se retorna a la respiración aeróbica.

5. La respiración celular consiste en dos etapas: formación de acetil CoA a partir del piruvato y ciclo de Krebs.

#### **Formación del acetil CoA**

- a) El piruvato formado en la glucólisis llega a las mitocondrias.
- b) El piruvato pierde un carbono y se forma una molécula llamada grupo acetilo, en este proceso se libera  $\text{CO}_2$ .
- c) El grupo acetilo se une a una coenzima A y forma el acetil CoA; esa reacción causa la transferencia de dos electrones de alta energía y un ion hidrógeno al  $\text{NAD}^+$  para formar NADH.

#### **Ciclo de Krebs o ciclo del ácido cítrico**

- a) El acetil CoA se combina con una molécula de oxalacetato de cuatro carbonos, se forma una molécula de seis carbonos llamada citrato.
- b) Se libera la coenzima A.



- c) Se regenera el oxalacetato por acción de enzimas mitocondriales y se libera CO<sub>2</sub>.
- d) De las anteriores reacciones, se libera energía que es captada por un ATP, tres NADH y un FADH<sub>2</sub>.
- e) Los NADH y FADH<sub>2</sub>, al ser portadores de electrones, los van depositando en la cadena transportadora de la membrana mitocondrial interna.
- f) Los electrones se desplazan a lo largo de la cadena y pierden pequeñas cantidades de energía.
- g) La energía liberada por los electrones sirve para bombear iones hidrógeno, desde la matriz, a través de la membrana interna y dentro del compartimiento intermembranas durante la quimiósmosis. Ese gradiente de iones H<sup>+</sup> hace que la energía sea capturada en enlaces de moléculas de ATP.

Al final del ciclo de Krebs, se obtienen seis moléculas de CO<sub>2</sub>, dos de ATP, ocho de NADH y dos de FADH<sub>2</sub>.

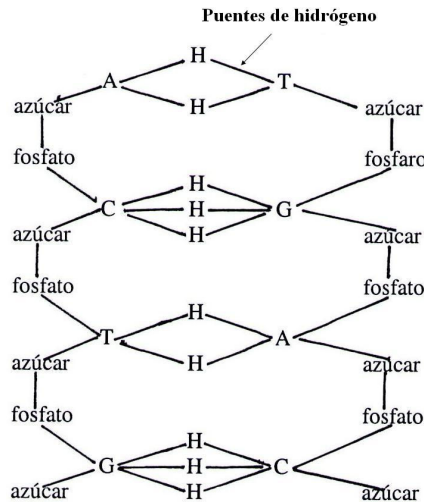
6. La descomposición de la glucosa ocurre en dos etapas llamadas glucólisis y respiración celular. En el siguiente cuadro comparativo, se muestran las diferencias.

Evento	Glucólisis	Respiración celular
Sitio de ocurrencia en la célula	Citosol	Mitocondrias
Requerimiento de O <sub>2</sub>	No requiere	Sí requiere
Moléculas de ATP formadas	2	34-36
Productos formados	ATP, etanol, ácido láctico piruvato, CO <sub>2</sub> , NADH	ATP, CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> O, O <sub>2</sub>

## Capítulo 9. ADN. La molécula de la herencia

1. El ADN está compuesto de cuatro subunidades llamadas nucleótidos; cada uno se conforma por un grupo fosfato, azúcar desoxirribosa y una base nitrogenada, que puede ser adenina, citosina, guanina o timina. Los nucleótidos se unen entre sí para formar una cadena, cuya unión se da a través del grupo fosfato de un nucleótido y el azúcar de otro, ya que el ADN consta de una doble cadena de estos, los cuales están unidos a los de la otra cadena por medio de enlaces de hidrógeno. Esa unión entre nucleótidos se da a nivel de bases nitrogenadas complementarias; la adenina es complementaria a la timina y ambas se unirán a través de un doble enlace de hidrógeno; la citosina es a la guanina e igualmente, se unirán a través de un triple enlace de hidrógeno.

Un esquema general de la estructura del ADN es:



2. El ADN, en células eucariotas, está encerrado en el núcleo y es una molécula sumamente larga; por lo tanto, si tuviera forma lineal no podría acomodarse ahí dentro, su estructura en espiral permite que pueda estar empacado sin ocupar mucho espacio.

3. El ADN se duplica antes de cada división celular (mitosis o meiosis). La secuencia de eventos es la siguiente:

- a) Enzimas ADN-helicadas rompen los enlaces de hidrógeno entre los nucleótidos de la doble hélice del ADN.
- b) Las dos cadenas del ADN se desenrollan; a cada una de estas se le llama cadena parental o madre.
- c) Enzimas ADN polimerasas se unen a las dos cadenas parentales y, en cada una de ellas, las enzimas van acoplado un nucleótido complementario de ahí se forma una cadena hija.
- d) Las enzimas ADN polimerasas unen los nucleótidos de la cadena parental con los de la cadena hija, mediante puentes de hidrógeno.
- e) Las ADN polimerasas se separan y se tiene entonces dos moléculas de ADN.

Se le llama semiconservativa, ya que el ADN duplicado va a contar de una cadena de nucleótidos original (parental) y una cadena de nucleótidos recién ensamblada (cadena hija).

4. Las mutaciones son cambios en la secuencia de bases nitrogenadas del ADN, como resultado de genes defectuosos. Son eventos raros que presentan un error en cada 100 o 1000 millones de pares de bases. Para evitarlas, hay enzimas reparadoras, mecanismos de



reparación y una alta precisión a través de la especificidad en la formación de puentes de hidrogeno entre pares de bases complementarias.

#### 5. Tipos de mutaciones:

- a) **Mutaciones puntuales:** consisten en que las enzimas reparadoras, en lugar de reemplazar un nucleótido en posición incorrecta, reemplazan uno correcto.
- b) **Mutaciones por inserción:** ocurre cuando uno o más pares de nucleótidos se insertan en la doble hélice.
- c) **Mutaciones por delección:** ocurre cuando uno o más pares de nucleótidos se eliminan en la doble hélice.
- d) **Inversión:** un segmento de ADN se remueve de un cromosoma, se le da vuelta y se inserta de nuevo.
- e) **Translocación:** un segmento de ADN se remueve de un cromosoma y se le agrega a otro.

### Capítulo 10. Expresión y regulación de los genes

1. El ADN determina las características genéticas de todo ser vivo, pero se encuentra confinado en el núcleo y, por eso, no es capaz por sí mismo de realizar ninguna acción. Su labor en la determinación de las características genéticas la va a ejercer al dar instrucciones para la síntesis de proteínas específicas que van a determinar, por ejemplo, el color del pelo, de los ojos o de la piel, estatura, rasgos faciales y otros. Es entonces a través de la acción de proteínas específicas que se manifiestan las instrucciones del ADN para determinar las características genéticas de un ser.

2. Consiste en traducir o interpretar una secuencia de bases nitrogenadas de los ácidos nucleicos para formar una secuencia u orden de aminoácidos que constituirán una proteína.

Recuerde que hay cuatro tipos de bases nitrogenadas: adenina, citosina, guanina y timina. En el ARN, la timina es sustituida por el uracilo. Esas bases se van a agrupar en grupos de tres y forman lo que se llama un **codón**, el cual va a codificar un aminoácido específico.

Por ejemplo, el codón adenina-citosina-guanina se representa en letras como ACG, y según la **tabla 10-3 del libro**, este codón codifica el aminoácido treonina. Para obtener ese resultado de la tabla, se debe ubicar la primera letra en la columna de la izquierda, la segunda letra se ubica en la línea superior y la tercera letra se ubica en la columna de la derecha; el aminoácido en que se interceptan las tres letras corresponde al codificado por ese codón.



Un conjunto de codones determinará un orden o secuencia de aminoácidos que formarán una proteína. Por ejemplo, la secuencia de los codones AUG-GAC-GGG-CAG determinaría la siguiente secuencia de aminoácidos: metionina-ácido aspártico-glicina-glutamina.

Sus características son:

- a) Tiene un codón de inicio que corresponde al AUG y que a la vez codifica para el aminoácido metionina. Este codón señala el punto de inicio para la duplicación de un ARNm y donde los ribosomas deben iniciar la lectura de los codones para ensamblar una proteína. Por ejemplo, si usted tiene una página con texto pero que no contiene puntuaciones, es decir, el texto es corrido y usted debe ubicar una frase específica; para lograrlo, se necesita alguna palabra clave que le indique en qué parte del texto inicia la lectura de la frase; así, funciona este codón de inicio cuando se tiene una secuencia de codones.
- b) Tiene tres codones de terminación que corresponden a UAG, UAA y UGA y estos no codifican para ningún aminoácido. Cualquiera de ellos indica donde termina la lectura de los codones, ya sea, para terminar de ensamblar el ARNm o la proteína. Siguiendo con el ejemplo del texto, alguno de estos tres codones correspondería a la palabra clave que señala el final de la frase que se debe leer.
- c) Cada codón especifica un solo aminoácido. Es decir, a cada codón le corresponde a uno y solo un aminoácido.
- d) Muchos aminoácidos pueden ser codificados por más de un codón. Por ejemplo, el aminoácido isoleucina puede ser codificado por AUU, AUC y AUA.

**3.** Este es un proceso que ocurre dentro del núcleo y consiste, básicamente, en fabricar un ARNm (ARN mensajero), el cual tendrá una copia de bases nitrogenadas de una sección del ADN, la cual es una secuencia de bases en forma de codones y que van a especificar el orden en que deben unirse los aminoácidos para formar una determinada proteína. La copia que va a hacer el ARNm no es exacta de las bases del ADN, sino que utiliza las bases nitrogenadas complementarias para hacer la copia.

Por ejemplo, si el ADN le presenta al ARN la siguiente secuencia CGC-GTC-TCG-GCA, el ARNm copiará GCG-CAG-AGC-CGU (recuérdese que en el ARN no hay timina, en su lugar hay uracilo, por lo tanto, cuando el ADN le presenta adenina en lugar de usar la timina usará el uracilo).

La secuencia de eventos es la siguiente:

- a) Una enzima llamada ARN polimerasa llega a la doble hélice del ADN, ahí en una de las dos cadenas, se une a una región llamada promotor.
- b) La doble hélice del ADN se desenrolla.



- c) El promotor determina el área de inicio de copia de las bases nitrogenadas y si la copia se hace hacia arriba o hacia abajo de la cadena de ADN.
- d) La ARN polimerasa avanza a lo largo de la cadena de ADN seleccionada (cadena molde), localiza el codón de inicio (AUG) y va tomando bases nitrogenadas que están sueltas en el medio para ir formando una cadena de bases nitrogenadas complementarias a las que le presenta la cadena de ADN. Esas bases, en la cadena, corresponden al ARN mensajero.
- e) La cadena de ARNm, en formación, se va separando de la cadena molde de ADN y conforme lo hace, las dos cadenas de ADN se van enrollando nuevamente entre sí.
- f) La ARN polimerasa llega a una secuencia de bases nitrogenadas que corresponde a un codón de terminación.
- g) La ARN polimerasa libera la molécula de ARNm formada y se separa de la cadena molde de ADN. Este ARNm recibe el nombre de pre-ARN, ya que, aún, necesita ciertos cambios o ajustes antes de que pueda abandonar el núcleo.

4. Al pre-ARNm se le agrega en un extremo un “capuchón” y, en el otro extremo, una “cola”. El primero permitirá el paso del ARNm a través de la envoltura nuclear para salir al citoplasma. La cola servirá para que una vez en el citoplasma ese ARNm no sea atacado por enzimas y también servirá para unirlo a un ribosoma.

El pre-ARNm se compone, en ese momento, de secciones que codifican para aminoácidos llamadas exones alternan con secciones que no codifican para aminoácidos llamadas intrones, los cuales son cortados y eliminados por enzimas: los exones se unen entre sí en un proceso llamado ajuste o empalme.

El ARNm, ahora con capuchón, cola y con los exones unidos constituye un ARNm maduro y está listo para abandonar el núcleo a través de los poros de la membrana nuclear.

#### 5. Cuadro comparativo sobre los tipos de ARN en una célula eucariótica.

Tipo de ARN	Sitio de síntesis	Función	Estructura
ARNm	Núcleo	Formar codones, según instrucciones del ADN y llevarlos a los ribosomas	Secuencia de bases nitrogenadas en forma de codones
ARNr	Nucleolo	Ensamblar cadenas de aminoácidos para formar una proteína	Una subunidad grande y una pequeña
ARNt	Núcleo	Llevar aminoácidos al ribosoma para el ensamble de proteínas	Un cuerpo principal con un aminoácido en un extremo y un anticodón en el otro

6. La traducción se lleva a cabo en el citoplasma, específicamente en los ribosomas, los cuales están libres o adheridos al retículo endoplasmático. Consta de tres pasos:

- a) Iniciación
- b) Alargamiento
- c) Terminación

### **Iniciación**

- a) El codón de inicio del ARNm y que también codifica para la metionina se une a la subunidad ribosomal pequeña.
- b) Las unidades ribosomales grande y pequeña se unen por acción de los llamados factores de iniciación.
- c) El ARNm queda en medio de la unidad grande y la pequeña.
- d) La unidad grande tiene tres sitios.

**Sitio E:** salida de los ARNt una vez que liberan el aminoácido a la cadena de polipéptidos en formación.

**Sitio P:** ocurre la unión de los aminoácidos para formar el polipéptido.

**Sitio A:** es donde se acomoda el siguiente ARNt que porta el aminoácido consecutivo.

### **Alargamiento**

- a. El ARNm pasa entre las subunidades ribosomales como un hilo pasa por el ojo de una aguja.
- b. Un ARNt, con el anticodón correspondiente al siguiente codón del ARNm se ubica en el sitio A.
- c. Seguidamente, entre la metionina y el nuevo aminoácido, se forma un enlace peptídico por medio de enzimas.
- d. Se desplaza toda la secuencia. El ARNt que tenía la metionina pasa al sitio E y el nuevo ARNt (aún con el aminoácido unido) pasa al sitio P.
- e. Un nuevo ARNt se acerca, la cadena se desplaza y el ARNt del sitio E es expulsado.

### **Terminación**

- a) Se llega a un codón de terminación.



- b) Hay una proteína llamada factor de liberación que causa una reacción de hidrólisis en el sitio P, se separa el último aminoácido y se libera así el polipéptido del ribosoma.
- c) Las subunidades ribosomales se separan y se libera el ARNm.

7. Los intrones pueden tener utilidad en dos aspectos. Uno es: su corte y eliminación pueden permitir que los exones se empalmen en diferentes formas, lo que aceptaría que un solo gen pudiera producir diferentes proteínas. Otra posibilidad es que los cromosomas, en ocasiones, se fragmentan y sus partes pueden integrarse de nuevo a diferentes cromosomas. Si esa fragmentación ocurre en los intrones, entonces los exones pueden pasar intactos de un cromosoma a otro y la mezcla podría llegar a codificar una proteína con una función específica beneficiosa.

8. Aunque algunos genes se expresan en todas las células, algunos solo se manifiestan en ciertos tipos de células, en determinados momentos de la vida o bajo condiciones ambientales específicas.

La regulación de los genes puede ocurrir a través de los siguientes mecanismos:

- a) Controlan la rapidez de la transcripción.
- b) Controlan la frecuencia con la que un gen individual se transcribe, lo cual dependerá de la demanda de la proteína que codifique ese gen.
- c) Controlan la estabilidad y traducción del ARNm.
- d) Regulan el tiempo de vida de una proteína al impedir o promover la degradación de una proteína para ajustar su cantidad en el interior celular.
- e) Hay proteínas reguladoras que se unen al promotor del gen y alteran la transcripción de genes individuales.
- f) Algunas regiones de los cromosomas están condensadas e inaccesibles para la ARN polimerasa. Al requerirse transcribir cierto gen, el cromosoma que lo contiene se descondensa y, así, la secuencia de nucleótidos se vuelve accesible a la ARN polimerasa y se puede llevar a cabo la transcripción.
- g) Grandes porciones de cromosomas pueden estar desactivadas e impiden la transcripción.

## Capítulo 11. La continuidad de la vida. Reproducción celular

1. En esta fase, la célula toma nutrientes del medio, crece y duplica sus cromosomas. Consta de tres etapas:



- **G<sub>1</sub>**: la célula adquiere nutrientes del medio y ocurre el crecimiento celular.
- **S<sub>1</sub>**: ocurre la síntesis de ADN y los cromosomas se duplican.
- **G<sub>2</sub>**: es un período de preparación para entrar a la mitosis, se sintetizan las proteínas necesarias para la división celular.

Algunas células, en fase G<sub>1</sub>, no reciben señales internas y externas para entrar en fase S<sub>1</sub> y permanecen en una fase llamada G<sub>0</sub>. Esas células se especializan, es decir, se diferencian y son, por ejemplo, las que forman parte del cerebro, el corazón y los ojos.

2. Hay dos tipos de división celular:

**División celular mitótica**, consiste en que una célula madre duplica sus cromosomas (mitosis) y su citoplasma (citocinesis) y, luego, se divide en dos células hijas, cada una con una copia del material genético y citoplasma de la célula madre.

**División meiótica**, consiste en reducir a la mitad el número de cromosomas en células que se convertirán en gametos (óvulos y espermatozoides), de modo que, al darse la fecundación, cada gameto aporte la mitad de los cromosomas correspondientes a su especie y que de esa forma el cigoto formado mantenga la constancia en el número de cromosomas de su especie.

Se recomienda estudiar la **tabla 11.1** del libro, que trata sobre la comparación entre la mitosis y la meiosis.

3. Definición de conceptos:

- **Genes**: secuencias de ADN que constan de cientos o miles de nucleótidos.
- **Cromosoma**: estructura consistente en ADN complementado con proteínas para transmitir información genética de una generación a la siguiente.
- **Locus**: lugar específico que ocupa un gen en un cromosoma específico.
- **Centrómero**: región de los cromosomas duplicados en que las cromátidas hermanas se unen.
- **Cromátida hermana**: cada uno de los dos cromosomas resultado de la duplicación del ADN y que están unidos entre sí en el centrómero.
- **Cariotipo**: es la disposición de los cromosomas en pares, de acuerdo con su tamaño, forma y apariencia.
- **Cromosomas homólogos**: cromosomas que contienen los mismos genes.
- **Autosomas**: son los cromosomas que no portan los genes que determinan el sexo.



- **Haploide:** célula que contiene la mitad de la dotación cromosómica.
- **Diploide:** célula que tiene pares de cromosomas homólogos.

#### 4. Características de las fases de la mitosis.

Fase de la mitosis	Características principales
<b>Profase</b>	Los cromosomas se condensan y acortan Se forman los microtúbulos del huso y se fijan al cinetocoro de cada cromátida hermana Desaparece la envoltura nuclear
<b>Metafase</b>	Los microtúbulos del huso alinean los cromosomas en el ecuador de la célula
<b>Anafase</b>	Las cromátidas hermanas se separan y se desplazan a polos opuestos de la célula Los microtúbulos del huso se alargan y se separan los polos de la célula, esta adquiere una forma ovalada
<b>Telofase</b>	Un conjunto de cromosomas llega a cada polo Se comienza a formar una envoltura nuclear alrededor de cada conjunto Desaparecen los microtúbulos del huso Reaparecen los nucleolos

5. Es la división del citoplasma y las estructuras celulares en dos células hijas, que se da durante la telofase de la mitosis.

En las células animales, la citocinesis consta de los siguientes pasos:

- a) Microfilamentos de la membrana plasmática forman un anillo en el ecuador de la célula.
- b) El anillo se contrae y constriñe el ecuador de la célula.
- c) Se completa la constricción y se forman dos células hijas.

En las células vegetales, la citocinesis consta de los siguientes pasos:

- a) El aparato de Golgi produce vesículas con carbohidratos, estas últimas se alinean en el ecuador de la célula.



- b) Las membranas de las vesículas se fusionan y forman dos membranas plasmáticas para las células hijas.
- c) Los carbohidratos que han quedado entre las membranas plasmáticas forman la pared celular.

6) Las fases de la división celular se resumen en el siguiente cuadro:

Fase		Características
<b>MEIOSIS I</b>	Profase 1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los cromosomas duplicados se condensan</li> <li>• Los cromosomas homólogos se aparean, forman tétradas</li> <li>• Se forman quiasmas en que se intercambian segmentos de ADN entre cromátidas de cromosomas homólogos</li> <li>• Se desintegra la membrana nuclear</li> <li>• Se forman los microtúbulos del huso</li> </ul>
	Metafase I	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los cromosomas homólogos apareados se alinean en el ecuador de la célula</li> <li>• Un homólogo de cada par se orienta hacia cada polo de la célula y se fija a los microtúbulos del huso</li> </ul>
	Anafase I	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los cromosomas homólogos se separan; un miembro de cada par se dirige hacia cada uno de los polos de la célula</li> <li>• Las cromátidas hermanas se mantienen juntas</li> </ul>
	Telofase I	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desaparecen los microtúbulos del huso</li> <li>• Se forman dos conjuntos de cromosomas, cada uno con un miembro de cada par de homólogos</li> <li>• Ocurre la citocinesis</li> </ul>
<b>MEIOSIS II</b>	Profase II	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los cromosomas se condensan</li> <li>• Se forman los microtúbulos del huso y se fijan a las cromátidas hermanas</li> </ul>
	Metafase II	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los cromosomas duplicados se alinean en el ecuador de la célula</li> <li>• Las cromátidas hermanas de cada cromosoma se mantienen unidas a microtúbulos del huso que llevan hacia polos opuestos</li> </ul>
	Anafase II	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Las cromátidas de los cromosomas duplicados se separan y se desplazan hacia cada uno de los polos</li> </ul>
	Telofase II	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Las cromátidas llegan a los polos de la célula</li> <li>• Se forman de nuevo las envolturas nucleares</li> <li>• Ocurre la citocinesis y se originan cuatro células haploides</li> </ul>

7. En Profase I, los cromosomas homólogos forman quiasmas; en los cuales ocurre intercambio de ADN entre cromosomas paternos y maternos, lo que se denomina entrecruzamiento y permite la formación de nuevas combinaciones de alelos en un cromosoma. Otra forma en que la meiosis propicia diversidad genética es a través de la llamada distribución independiente de cromosomas homólogos, en la cual cada miembro del par de cromosomas homólogos queda en forma aleatoria, orientado hacia un polo u otro de la célula.

## Capítulo 12. Patrones de herencia

### 1. Definición de conceptos:

- **Herencia:** proceso por el cual se transmiten las características genéticas de los individuos a la descendencia.
- **Alelos:** son diferentes secuencias de nucleótidos en el mismo locus de dos cromosomas homólogos.
- **Homocigoto:** se refiere a un organismo que tiene dos alelos idénticos para un rasgo particular.
- **Heterocigoto:** se refiere a un organismo que tiene dos alelos diferentes para un rasgo particular.
- **Genotipo:** combinación de alelos que posee un organismo.
- **Fenotipo:** características observables o medibles de un organismo.
- **Cruce de prueba:** es cuando se cruza un individuo de fenotipo dominante, pero de genotipo desconocido, con un individuo homocigoto recesivo, para determinar si el individuo de fenotipo dominante es homocigoto o heterocigoto.
- **Ley de distribución independiente de alelos:** se refiere a que los alelos de un gen pueden distribuirse en los gametos en forma independiente, respecto a los alelos de otros genes.
- **Ligamiento genético:** se refiere a que los genes que están en un mismo cromosoma tienden a heredarse juntos; esta situación infringe la Ley de distribución independiente de alelos.
- **Dominancia incompleta:** es cuando tenemos un fenotipo heterocigótico que es intermedio entre el fenotipo homocigoto dominante y recesivo.





- **Codominancia:** es cuando los heterocigotos expresan fenotipos de ambos homocigotos, un alelo no es dominante respecto al otro; ambos se expresan por igual.
- **Herencia poligénica:** es cuando los rasgos heredados no los determinan genes individuales, sino las interacciones entre dos o más genes junto con factores ambientales.
- **Pleiotropía:** es cuando los genes individuales tienen múltiples efectos en el fenotipo.

2. Los principios generales de la herencia de rasgos individuales son las siguientes:

- a) Cada organismo posee dos alelos de un determinado gen y, en cada cromosoma homólogo, está presente un alelo de ese gen.
- b) Cuando se tiene dos alelos diferentes, uno de ellos (dominante) enmascara la expresión del otro (recesivo).
- c) Cuando se forman los gametos, los pares de genes de los cromosomas homólogos se separan y cada gameto recibe un solo alelo de cada par, lo que se denomina Ley de segregación.
- d) En la segregación, el azar determina cual alelo se incluye en un gameto determinado.

3. Mujeres y hombres poseen 23 pares de cromosomas; de ellos, hay un par de tipo sexual que son diferentes en apariencia y composición genética a los otros 22 pares. Las mujeres tienen dos cromosomas sexuales idénticos XX, los hombres tienen un cromosoma X y uno Y.

En ambos sexos, el cromosoma X codifica para rasgos importantes como visión del color, coagulación de la sangre y otros. En algunos casos, uno de los cromosomas X posee genes defectuosos que causarán una determinada enfermedad, pero, en la mujer, el otro cromosoma X, que es “sano”, enmascara la expresión del cromosoma X “enfermo”; esa mujer, aunque es portadora de una enfermedad, no se le manifiesta. En el caso del hombre, al poseer un solo cromosoma X, en sus alelos (recesivos o dominantes), se expresarán, plenamente, así como cualquier enfermedad que haya heredado de sus padres.

4. Una forma es estudiando los árboles genealógicos familiares para establecer las relaciones genéticas entre un grupo de individuos emparentados. Otra forma es recurrir a la tecnología genética molecular.

5. En parejas no relacionadas, puede ser que uno de ellos posea un alelo defectuoso en un gen, pero en el hijo, el gen recibido por el otro padre enmascara ese gen defectuoso. En el caso de parejas de parientes, aumenta la probabilidad de que ambos le hereden al hijo un alelo defectuoso en el mismo gen y, por tanto, que una determinada enfermedad se manifieste.



6. Ello puede suceder por:

- a) El alelo mutante produce una proteína anormal que entorpece la función de la proteína normal.
- b) El alelo mutante codifica proteínas que llevan a cabo nuevas reacciones tóxicas.
- c) El alelo mutante puede codificar una proteína hiperactiva que desempeña sus funciones en momentos y lugares indebidos.

7) Principales anomalías humanas ligadas a los cromosomas sexuales.

Síndrome	Genotipo defectuoso	Frecuencia	Síntomas
Síndrome de Turner	<b>XO</b>	Mujeres	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No hay menstruación ni desarrollo de caracteres sexuales secundarios</li> <li>• Infertilidad</li> <li>• Baja estatura</li> <li>• Pliegues de piel en el cuello</li> <li>• Defectos renales</li> <li>• Pérdida de audición</li> <li>• Hemofilia</li> <li>• Daltonismo</li> </ul>
Trisomía X	<b>XXX</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alta estatura</li> <li>• Inteligencia por debajo de lo normal</li> </ul>
Síndrome de Klinefelter	<b>XXY</b>	Hombres	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desarrollo parcial de glándulas mamarias</li> <li>• Ensanchamiento de las caderas</li> <li>• Testículos pequeños</li> <li>• Esterilidad, pero no impotencia</li> </ul>
Síndrome de Jacob	<b>XYY</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Niveles altos de testosterona</li> <li>• Gran estatura</li> <li>• Problemas de acné</li> </ul>

8. En síndrome de Down es un defecto genético que no ocurre con los cromosomas sexuales sino con los autosomas; específicamente, la mutación ocurre en el cromosoma 21, donde se encuentran tres cromosomas, en lugar de dos.

Los síntomas son: débil tono muscular, boca pequeña, retraso mental, escasa resistencia a enfermedades infecciosas y malformaciones del corazón, principalmente.

**9.** La no-disyunción se refiere a que los óvulos o espermatozoides van a tener un número anormal de autosomas, ya sea que les falta uno o que tienen dos copias de alguno, tal como sucede en el síndrome de Down.

La no disyunción puede también ocurrir en los cromosomas sexuales, como resultado, los hombres pueden producir espermatozoides con 22 autosomas y ningún cromosoma sexual o dos cromosomas sexuales (XX,YY o XY). En las mujeres, se pueden producir óvulos, sin cromosomas sexuales o con el cromosoma X duplicado.

En ambos casos, la no-disyunción puede ocurrir en la meiosis I o II. Entre más edad tenga una mujer mayor es la frecuencia de que se presente la no-disyunción.

### **Capítulo 13. Biotecnología**

**1.** La biotecnología se refiere a cualquier uso o alteración de organismos, células o moléculas biológicas para lograr objetivos prácticos y específicos.

Para lograr los objetivos de la biotecnología, se recurre, actualmente, a la ingeniería genética, que permite una alteración más directa del material genético y se busca suprimir, agregar o modificar genes.

Este campo de la ciencia busca mejores tratamientos para las enfermedades, desarrollar moléculas biológicas valiosas y el mejoramiento genético de plantas y animales para la agricultura.

**2.** Son organismos que contienen ADN recombinado, es decir, que posee genes o segmentos de ellos, provenientes de otro u otros organismos. Ejemplos de su uso incluyen productos como la insulina, vacunas contra la hepatitis B y varias hormonas.

**3.** La recombinación de genes es un evento natural que ocurre en la reproducción sexual cuando óvulos y espermatozoides aportan al cigoto su correspondiente material genético.

**4.** Las bacterias pueden captar ADN, a través de un proceso llamado transformación, lo pueden tomar de otras bacterias vivas o muertas; también, lo pueden obtener de plásmidos (moléculas circulares de ADN). El proceso de transferencia de estos ocurre de la misma manera e inclusive se puede pasar a un eucariota, como en el caso de bacterias que colocan plásmidos a la levadura (hongo). Los plásmidos le van a conferir a la bacteria la posibilidad de colonizar nuevos ambientes, metabolizar otras fuentes de energía y desarrollar resistencia a los antibióticos.

**5.** Los virus transfieren material genético a sus células hospedadoras y estas, que son incapaces de distinguir entre su propio material genético y el del virus, sintetizan el genoma viral cada vez que se dividen. De esta forma, en esa célula, existe una combinación de dos tipos de material genético. Algunos genes del huésped pueden incorporarse en el ADN viral, del cual



se tienen, así, virus recombinados que una próxima célula huésped puede, igualmente, replicar.

**6.** Para identificar una víctima o un criminal, a veces se cuenta con muestras mínimas de ADN o muestras muy viejas. A través de la biotecnología, es posible amplificar secuencias de ADN; para así, contar con suficiente material para los análisis y es también posible asociar muestras de ADN.

**7.** En la agricultura, se ha aplicado la biotecnología para reducir las pérdidas por ataques de insectos y efectos de herbicidas, ya que, cuando se aplican en un cultivo los productos químicos, generalmente, causan daños.

La biotecnología ha permitido la inserción de genes bacterianos en cultivos, lo que les ha dado resistencia a los herbicidas. Asimismo, para protegerlos de plagas de insectos, a algunos cultivos, se les ha insertado un gen bacteriano que daña el tracto digestivo de estos cuando comienzan a alimentarse del tejido vegetal.

Se recomienda leer los ejemplos de la aplicación de la biotecnología en la agricultura, en la **tabla 13.1** del libro.

**8.** Los genes de interés pueden aislarse del organismo que los produce o pueden sintetizarse en el laboratorio. Una vez que se tiene el gen, estos se insertan en plásmidos y, a su vez, en un cultivo de bacterias; estas últimas van a producir millones de copias del plásmido con el gen de interés. Posteriormente, se puede hacer la extracción de los genes de los plásmidos.

**9.** Se inserta el gen de interés en un plásmido y este, a su vez, dentro de una bacteria que sea capaz de infectar células vegetales, pero que no sea dañina. Luego de ingresar, el plásmido inserta su ADN (y el del gen de interés) en los cromosomas de la célula vegetal. Seguidamente, las células vegetales al duplicar su ADN, harán lo mismo con el plásmido y, de esa forma, el gen de interés estará ampliamente distribuido en la planta.

**10.** En plantas, podrían introducirse genes que produzcan proteínas y que estas actúen como vacunas contra organismos patógenos al ser consumidas. También, esos genes introducidos podrían hacer que las plantas produzcan anticuerpos humanos para el combate de diversas enfermedades; así, en lugar de tomar medicamentos o aplicar inyecciones ante síntomas de algunas enfermedades, bastaría con consumir dichas plantas.

En cuanto a las aplicaciones en animales, se están desarrollando algunos transgénicos para la producción de anticuerpos humanos y proteínas esenciales, hormonas, factores de coagulación y otros.

**11.** Consiste en determinar la secuencia de nucleótidos en todo el ADN de todo el conjunto de genes del ser humano. Los beneficios de este estudio son:

- a) El descubrimiento de genes, cuyas funciones se desconocen; ya determinada su secuencia será posible predecir la organización de los aminoácidos de las proteínas que codifican.



- b) Se podrán asociar genes a enfermedades humanas.
- c) Se podrá diagnosticar trastornos genéticos o predisposiciones y, posiblemente, desarrollar tratamientos o curas.
- d) Contribuyen con mayor información sobre la evolución de la vida en la Tierra.

**12.** Las diferencias entre la biotecnología tradicional y la moderna son:

- a) La biotecnología tradicional es lenta, para obtener plantas o animales con alguna característica deseable; se requieren hacer cruces selectivos durante muchas generaciones. La biotecnología moderna puede introducir cambios genéticos masivos en una sola generación.
- b) En la biotecnología tradicional, se recombina material genético de la misma especie o de especies muy relacionadas. La biotecnología moderna puede recombinar material genético de muy diversas especies en un solo organismo.
- c) La biotecnología tradicional no manipula, por sí misma, la secuencia de ADN de los genes. La biotecnología moderna puede producir genes hasta ahora no vistos en la Tierra.

**13.** Algunos de los principales argumentos en contra del desarrollo de cultivos transgénicos son:

- a) Los alimentos que se obtienen de los cultivos transgénicos pueden ser peligrosos al ingerirlos. Sin embargo, los genes que se han usado hasta el momento en algunos cultivos no tienen ningún efecto en los animales.
- b) Que esos alimentos transgénicos puedan causar alergias. Son pocos los casos reportados y, en los Estados Unidos, se mantiene un seguimiento de esos cultivos para conocer su potencial alergénico.
- c) Representan un riesgo para el ambiente, ya que el polen de plantas transgénicas resulta también transgénico y podría polinizar parientes silvestres del cultivo, alterando su genoma natural. Además, bacterias y virus usados para insertar genes en cultivos podrían diseminarse a plantas silvestres.